



Видманова М.В.¹, Лямин А.В.², Каюмов К.А.², Козлов А.В.², Халиулин А.В.²,
Яценко Т.В.¹, Исмагуллин Д.Д.²

Дезинвазия водных взвесей яиц гельминтов и цист кишечных простейших сверхвысококачастотным излучателем

¹ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области», 443079, Самара, Россия;

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, 443099, Самара, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Обеззараживание медицинских отходов при помощи сверхвысококачастотного (СВЧ) излучения в последнее время получает всё большее распространение за счёт удобства эксплуатации и низких затрат на обслуживание оборудования. Однако методики оценки эффективности дезинвазии предназначены для определения выживаемости паразитарных патогенов после длительной экспозиции в химических дезинфицирующих растворах и не подходят для оценки эффективности обеззараживания при воздействии кратковременного физического фактора. С целью расчёта эффективности дезинвазии с использованием СВЧ-установок нами апробирован упрощённый алгоритм на основе методики А.П. Симонова (МУК 4.2.2661–10).

Материалы и методы. В исследовании использованы водные взвеси яиц *Enterobius vermicularis* и *Dibothriocephalus latus* (*Diphyllobothrium latum*), полученных из половозрелых особей, и водные взвеси цист *Entamoeba coli* и яиц *Opisthorchis felineus*, полученных из фекалий пациентов. После обеззараживания при помощи СВЧ-установки в исследуемых и контрольных образцах проводили подсчёт и оценку жизнеспособности яиц гельминтов и цист простейших. Эффективность дезинвазии оценивали по числу жизнеспособных яиц или цист простейших в обработанной пробе в сравнении с контрольным образцом и рассчитывали в процентах.

Результаты. Эффективность дезинвазии в отношении возбудителей контактных паразитозов *Enterobius vermicularis*, *Entamoeba coli* при помощи СВЧ-установки составляет соответственно 98,68 и 99,86% по формуле А.П. Симонова и соответственно 99,33 и 100% по новой формуле. Эффективность дезинвазии при расчётах по обеим формулам сопоставима, интерпретация результатов совпадает и интерпретирована как высокоэффективная.

Ограничения исследования. Оценка эффективности дезинвазии по данной методике ограничивается видами *Enterobius vermicularis*, *Diphyllobothrium latum*, *Opisthorchis felineus*, *Entamoeba coli* и требует проверки на других гельминтах и простейших.

Заключение. Эффективность воздействия СВЧ-излучения для инвазионных стадий возбудителей с контактным механизмом передачи (*Enterobius vermicularis*, *Entamoeba coli*) составила 99–100%, что открывает перспективы применения СВЧ-излучения для дезинвазии и предотвращения передачи данных широко распространённых возбудителей паразитозов.

Ключевые слова: дезинвазия; оценка эффективности; микроволновые излучатели; паразитозы; энтеробиоз

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Видманова М.В., Лямин А.В., Каюмов К.А., Козлов А.В., Халиулин А.В., Яценко Т.В., Исмагуллин Д.Д. Дезинвазия водных взвесей яиц гельминтов и цист кишечных простейших сверхвысококачастотным излучателем. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(2): 134–139. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-134-139> <https://elibrary.ru/nlvnhf>

Для корреспонденции: Каюмов Карим Аскерович, e-mail: k.a.kayumov@samsmu.ru

Вклад авторов: Видманова М.В. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Лямин А.В., Халиулин А.В. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных; Каюмов К.А. – обработка данных, написание текста, редактирование; Козлов А.В. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных; Яценко Т.В. – концепция и дизайн исследования; Исмагуллин Д.Д. – сбор материала и обработка данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 07.02.2024 / Поступила после доработки: 06.10.2025 / Принята к печати: 02.12.2025 / Опубликовано: 13.03.2026

Maria V. Vidmanova¹, Artem V. Lyamin², Karim A. Kaiumov², Andrei V. Kozlov², Almaz V. Khaliulin²,
Tatyana V. Yatsenko¹, Danir D. Ismatullin²

Disinfection of aqueous suspensions of helminth eggs and intestinal protozoa cysts with an ultrahigh frequency radiator

¹Center for Hygiene and Epidemiology in the Samara Region», Samara, 443079, Russian Federation;

²Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Disinvasion of environmental objects using microwave radiation has recently become increasingly widespread due to the ease of operation and low maintenance costs of the equipment. This indicates the need to find new methods for assessing their effectiveness. The existing methodology is intended to assess disinvasion after long-lasting exposure to chemical disinfectant solutions and is not intended to assess the effectiveness of disinvasion of a short-term physical factor. We conducted a study during which we developed a new method for assessing the effectiveness of disinvasion when using microwave emitters.

Materials and methods. For the study, aqueous suspensions of *Enterobius vermicularis* and *Dibothriocephalus latus* (*Diphyllobothrium latum*) eggs obtained from sexually mature individuals, and aqueous suspensions of *Entamoeba coli* cysts and *Opisthorchis felineus* eggs obtained from faeces, were used. After treatment using a microwave installation, the test and control samples were counted and assessed for the viability of helminth eggs and protozoan cysts. For comparison, the efficiency of disinvasion was also calculated using the formula suggested by A.P. Simonov.

Results. The effectiveness of disinfection against contact parasitosis *Enterobius vermicularis*, *Entamoeba coli* using a microwave installation is 98.68% and 99.86%, respectively, according to the Simonov formula and 99.33% and 100.00%, respectively, according to the new formula. The effectiveness of disinfection in calculations using both formulas is comparable, the interpretation of the results coincides and is interpreted as highly effective.

Limitations. Evaluation of disinfection effectiveness by this technique is limited to *Enterobius vermicularis*, *Diphyllobothrium latum*, *Opisthorchis felinus*, *Entamoeba coli* species and requires testing for other helminths and protozoa.

Conclusion. The effectiveness of exposure to microwave radiation for the invasive stages of contact transmission pathogens (*Enterobius vermicularis*, *Entamoeba coli*) was 99–100%, this fact opens up prospects for microwave radiation using for the disinfection of transmission factors of these widespread pathogens.

Keywords: disinvasion; efficiency assessment; microwave emitters; parasitosis; enterobiosis

Compliance with ethical standards. This study does not require the conclusion of a biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Vidmanova M.V., Lyamin A.V., Kaiumov K.A., Kozlov A.V., Khaliulin A.V., Yatsenko T.V., Ismatullin D.D. Disinfection of aqueous suspensions of helminth eggs and intestinal protozoa cysts with an ultrahigh frequency radiator. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(2): 134–139. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-134-139> <https://elibrary.ru/nlvnhf> (In Russ.)

For correspondence: Karim A. Kaiumov, e-mail: k.a.kayumov@samsmu.ru

Contribution: Vidmanova M.V. – the concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing a text; Lyamin A.V., Khaliulin A.V. – the concept and design of the study, collection and processing of material; Kaiumov K.A. – processing of material, writing a text, editing; Kozlov A.V. – the concept and design of the study, collection and processing of material; Yatsenko T.V. – the concept and design of the study; Ismatullin D.D. – collection and processing of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: February 7, 2025 / Revised: October 6, 2025 / Accepted: December 2, 2025 / Published: March 13, 2026

Введение

Ежегодно, по данным Всемирной организации здравоохранения, в мире регистрируется 100 млн новых случаев паразитарных инвазий, из них \approx 2 млн – в нашей стране [1]. В структуре заболеваемости населения Российской Федерации паразитозы (гельминтозы и протозоозы) составляют 8,1% [2], наиболее распространены энтеробиоз и описторхоз. Для контактных паразитозов (например, энтеробиоз) факторами передачи являются предметы обихода, для био-гельминтозов (например, описторхоз) – пищевые продукты, заражённые возбудителями через фекалии больного человека с участием промежуточных хозяев. Эффективная и нетрудоёмкая дезинвазия факторов передачи паразитарных возбудителей в окружающей и бытовой среде – актуальная задача дезинфектологии, особенно когда речь идёт о домашних очагах и обеспечении санитарно-противоэпидемического режима в медицинских организациях и организованных коллективах. Для паразитарных возбудителей в зависимости от объекта используются различные методы дезинвазии. Способы оценки эффективности дезинвазии (овоцидной и протистоцидной активности) различных дезинфицирующих средств представлены в нормативном документе МУК 4.2.2661–10 «Методы санитарно-паразитологических исследований». Они предусматривают расчёт оптимальных эффективных концентраций и времени экспозиции химических веществ. Это не вполне применимо для оценки эффективности дезинвазии при воздействии физических факторов.

На современном этапе основными методами обеззараживания медицинских, лабораторных и иных отходов являются физический (автоклавирование, СВЧ-облучение) и химический [3]. В изученных авторами публикациях проблема дезинвазии объектов внешней среды физическими способами отражена незначительно, большинство работ посвящено химическим способам [4–7]. Существуют исследования, направленные на изучение альтернативного способа физической дезинфекции – СВЧ-облучения, однако в основном в отношении бактериальных агентов [8–10]. Отчасти это объясняется отсутствием отдельного способа оценки эффективности овоцидного и протистоцидного действия физических факторов. Также причиной может быть трудоёмкость паразитологической оценки жизнеспособности паразитарных возбудителей и сложности их накопления для масштабных экспериментальных исследований.

Обеззараживание медицинских отходов при помощи сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения в последнее время получает всё большее распространение за счёт удобства

эксплуатации и небольших затрат на обслуживание оборудования, однако оценка эффективности дезинвазии с применением такой методики требует корректировки для возбудителей паразитарных болезней.

Цель исследования – оценка эффективности обеззараживания стандартного режима СВЧ-излучателя в отношении инвазионных стадий возбудителей паразитозов, контаминирующих объекты окружающей среды, и корректировка методики оценки эффективности дезинвазии для физических факторов.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования проведены в отделении паразитологических исследований микробиологической лаборатории, имеющей лицензию на работу с ПБА III–IV групп патогенности.

Возбудители паразитозов, использованные в эксперименте, получены от пациентов, исследованы и идентифицированы до биологического вида согласно МУК 4.2.3145–13 «Лабораторная диагностика гельминтозов и протозоозов».

Непосредственно для исследования использовали водные взвеси яиц *Enterobius vermicularis* и *Dibothriocephalus latus* (*Diphyllobothrium latum*), полученных из свежих половозрелых особей, и водные взвеси цист *Entamoeba coli* и яиц *Opisthorchis felinus*, полученных путём седиментационного обогащения из свежих фекалий пациентов. Взвеси яиц (цист) содержали также примеси органических веществ как погрешность очистки первичных биоматериалов. Систематизированная информация представлена в **табл. 1**.

Готовые взвеси яиц (цист) возбудителей паразитозов после тщательного многократного перемешивания дозатором во избежание осаждения быстро распределяли на три те-муоустойчивые пробирки по 1 мл в каждой. Первую из пробирок подвергали дезинвазии при помощи СВЧ-установки «УОМО-01/150» (время экспозиции 60 мин, мощность СВЧ-излучения 600 Вт), вторую подвергали дезинвазии путём автоклавирования (температура плюс 132 °С, экспозиция 20 мин), третью оставляли в качестве контрольной пробы. После облучения в исследуемых и контрольных образцах проводили подсчёт и оценку жизнеспособности яиц гельминтов и цист простейших.

Количество яиц и цист в экспериментальных взвесах не уравнивалось между изучаемыми возбудителями, так как в реальных условиях контаминация ими объектов окружающей среды вариабельна, а для заражения восприимчивого организма достаточно единичных инвазионных стадий. Минимальное содержания яиц и цист в экспериментальных

взвесах было обусловлено яйцепродукцией половозрелых особей, степенью инвазии пациентов, от которых получен биоматериал, и количеством полученного биоматериала (фекалий). Максимальное содержание яиц и цист в экспериментальных взвесах зависело от сохранности нативных взвесей. Содержание яиц (цист) в экспериментальных взвесах соответствует обычной (случайной) контаминации предметов обихода и имеет значение только для математических расчётов в эксперименте. Количественное содержание яиц и цист в экспериментальных взвесах оценивали методом световой микроскопии нативных препаратов при увеличении $\times 100$. Нативные препараты готовили из взвесей таким образом, чтобы паразитарные объекты располагались в один слой разрозненно и легко подвергались визуальному учёту при зигзагообразной последовательной микроскопии всей площади нативного препарата.

Методы оценки жизнеспособности были подобраны для каждого возбудителя и описаны в данной статье в соответствии с рекомендациями и терминологией МУК 4.2.2661–10 «Методы санитарно-паразитологических исследований».

Жизнеспособность яиц *Enterobius vermicularis* оценивали с помощью световой микроскопии ($\times 100$, $\times 400$) неокрашенных препаратов (МУК 4.2.2661–10, п. 15.1) и люминесцентной микроскопии ($\times 100$, $\times 400$) препаратов, окрашенных акридиновым оранжевым, в разведении 1 : 500 (МУК 4.2.2661–10, п. 15.5). При световой микроскопии у живых яиц *Enterobius vermicularis* наблюдались характерные морфологические особенности (размеры 50–60 \times 20–30 мкм, D-образная форма, асимметричность, двухконтурная оболочка). Погибшие яйца имели видимые дефекты (сильное изменение формы, разрыв оболочки). При люминесцентной микроскопии оболочка яиц имела оранжево-красный цвет, внутреннее содержимое у жизнеспособных яиц имело тусклое серо-зелёное окрашивание, а у погибших – «горящее» светло-зелёное.

Жизнеспособность цист *Entamoeba coli* оценивали с помощью световой микроскопии ($\times 100$, $\times 400$) препаратов, окрашенных акридиновым оранжевым, в разведении 1 : 500 (МУК 4.2.2661–10, п. 16.2). При световой микроскопии у цист *Entamoeba coli* наблюдались характерные морфологические особенности (цисты кругло-овальной и круглой формы диаметром 15–20 мкм, симметричные, с 6–8 ядрами, чёткой тонкой оболочкой, мелкозернистой цитоплазмой без деления на экто- и эндоплазму). У погибших яиц наблюдались видимые дефекты (неправильная форма, разрыв оболочки, отсутствие чётких внутренних структур при сохранении узнаваемых формы и размеров). При люминесцентной микроскопии ($\times 400$) у живых цист *Entamoeba coli* наблюдалось свечение оболочки оранжевым цветом, а цитоплазма не прокрашивалась. У погибших цист цитоплазма и оболочка окрашивалась в красный или красно-оранжевый цвета.

Жизнеспособность яиц *Dibothriocephalus latus* (*Diphyllobothrium latum*) оценивали с помощью световой микроскопии ($\times 100$) неокрашенных препаратов (МУК 4.2.2661–10, п. 15.1) и люминесцентной микроскопии ($\times 100$, $\times 400$) препаратов, окрашенных акридиновым оранжевым (1 : 500) (МУК 4.2.2661–10, п. 15.5). У яиц *Diphyllobothrium latum* при световой микроскопии наблюдались характерные морфологические особенности (размеры 65–70 \times 40–45 мкм, кругло-овальная форма, симметричность, тонкая оболочка, наличие слабозначимой крышечки и бугорка на противоположных полюсах яйца). При люминесцентной микроскопии жизнеспособные яйца имели тусклый тёмно-зелёный или серо-зелёный цвет, а погибшие – «горящий» светло-зелёный цвет (рис. 1, см. на вклейке).

Жизнеспособность яиц *Opisthorchis felineus* оценивали с помощью световой микроскопии ($\times 100$, $\times 400$) неокрашенных препаратов (МУК 4.2.2661–10, п. 15.1) и при люминесцентной микроскопии ($\times 100$, $\times 400$). У яиц *O. felineus* при световой микроскопии наблюдались характерные морфологические особенности (размеры 25–27 \times 15 мкм, семечковидная форма, небольшая асимметричность, тон-

кая оболочка, наличие крышечки на более узком полюсе и бугорка на противоположном более широком полюсе). При люминесцентной микроскопии живые яйца не люминесцировали, а погибшие имели желтовато-зелёный цвет.

Для оценки эффективности дезинвазии первоначально расчёты выполняли по формуле А.П. Симонова, рекомендованной для химических методов дезинвазии (МУК 4.2.2661–10, п. 17.2), с длительной экспозицией. Согласно данной формуле (1), в эксперименте фиксировали следующие параметры:

$$OЭ_c = 100 - (a_1 \cdot c_1 / a_2 \cdot c_2) \cdot 100 - (P_1 - P_2) / n, \quad (1)$$

где $OЭ_c$ – ооцидная (протистоцидная) эффективность препарата (%); a_1 – количество живых яиц (цист) в опыте; a_2 – количество живых яиц (цист) в контроле; c_1 – количество яиц (цист), взятых для определения их жизнеспособности, в опыте; c_2 – количество яиц (цист), взятых для определения их жизнеспособности, в контроле; P_1 – процент погибших яиц (цист) в опыте; P_2 – процент живых яиц (цист) в опыте; n – количество яиц (цист) во взвеси, взятой для испытания в опыте.

Для проведения данных расчётов и оценки эксперимента рекомендовано (МУК 4.2.2661–10, п. 17.2) использовать значительные количества свежеполученных паразитарных возбудителей на стадии яиц (цист) – более 1000. Рекомендация обусловлена тем, что некоторая часть яиц (цист) станет нежизнеспособной во время длительной экспозиции в результате естественной гибели, и только оставшиеся, возможно, погибнут от воздействия изучаемых химических средств, но при этом могут сохранить свои внешние признаки [6]. Оценка жизнеспособности яиц (цист) проводится путём микроскопии с оценкой морфологических свойств и степени восприятия красителя у каждого паразитарного объекта, что достаточно трудоёмко, поэтому для определения жизнеспособности больших количеств яиц (цист) в формуле А.П. Симонова предусмотрено изучение выборки из опыта и выборки из контроля.

Предварительно проведённые экспериментальные исследования показали, что после воздействия СВЧ-излучения сохранность яиц (цист) вариабельна: некоторые сохраняют свои морфологические признаки, легко идентифицируются и подвергаются количественному учёту, другие значительно деструктурируются, распадаются на фрагменты, что затрудняет их подсчёт, остальные яйца (цисты) вовсе не обнаруживаются в опытной взвеси из-за сильного разрушения. Таким образом, после проведения эксперимента возможно корректно подсчитать только уцелевшие яйца (цисты), а не все подвергавшиеся воздействию, как это делается в экспериментах по оценке эффективности дезинвазии химическими веществами. Поэтому для эксперимента готовили взвеси свежеполученных яиц (цист) с одинаковым количеством в опытных и контрольных образцах. При таком подходе некоторые параметры формулы Симонова А.П. (n , c_1 , a_2) становились заведомо равными друг другу, что позволило упростить формулу. Оценку жизнеспособности всех сохранившихся паразитарных объектов в опытных и контрольных взвесах проводили микроскопически.

Далее эффективность дезинвазии рассчитывали при помощи упрощённой методики по формуле (2):

$$OЭ_n = 100\% - (a_1 / c_2) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $OЭ_n$ – эффективность дезинвазии для физического фактора; a_1 – количество живых яиц (цист) в опыте; c_2 – количество яиц (цист), взятых для определения их жизнеспособности, в контроле.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 4.8.11 (ООО «Статтех», Россия, номер регистрации 2020615715, дата регистрации 29.05.2020 г.; включена в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных (запись № 14167 от 11.07.2022 г.)).

Таблица 1 / Table 1

Источники получения и характеристика экспериментальных взвесей

Sources of production and characteristics of experimental suspensions

Возбудитель Pathogen	Механизм передачи инфекции (инвазии) Mechanism of transmission of an infectious (invasive) disease	Источник получения Source of receipt	Стадия, применяемая в эксперименте The stage used in the experiment	Возможные органические примеси Possible organic impurities
<i>Enterobius vermicularis</i>	Контактный Contact	Свежие половозрелые особи <i>Enterobius vermicularis</i> Fresh sexually mature individuals <i>Enterobius vermicularis</i>	Яйца Eggs	Фрагменты кутикулы и внутренних органов половозрелой особи Fragments of the cuticle and internal organs of a sexually mature individual
<i>Entamoeba coli</i>	Контактный Contact	Свежие фекалии больных, содержащие цисты <i>Entamoeba coli</i> Fresh feces of patients containing cysts <i>Entamoeba coli</i>	Цисты cysts	Пыльца и клетчатка растений, непереваренные мышечные волокна Pollen and plant fiber, undigested muscle fibers
<i>Dibothriocephalus latus</i>	Фекально-оральный с участием промежуточных хозяев (биогельминтоз) Faecal-oral with the participation of intermediate hosts (biohelminthiasis)	Свежие половозрелые особи <i>Dibothriocephalus latus</i> Fresh mature individuals <i>Dibothriocephalus latus</i>	Яйца Eggs	Фрагменты кутикулы и внутренних органов половозрелой особи Fragments of the cuticle and internal organs of a sexually mature individual
<i>Opisthorchis felineus</i>	Фекально-оральный с участием промежуточных хозяев (биогельминтоз) Faecal-oral with the participation of intermediate hosts (biohelminthiasis)	Свежие фекалии больных, содержащие яйца <i>Opisthorchis felineus</i> Fresh feces of patients containing eggs <i>Opisthorchis felineus</i>	Яйца Eggs	Пыльца и клетчатка растений, непереваренные мышечные волокна Pollen and plant fiber, undigested muscle fibers

В ходе статистического анализа количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывались границы 95%-го доверительного интервала (95% ДИ).

Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого в каждой из групп соответствовало нормальному, при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью t -критерия Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

После дезинвазии проб в исследуемых и контрольных образцах проводили подсчёт и оценку жизнеспособности яиц гельминтов и цист простейших каждого возбудителя согласно вышеуказанным методикам. Полученные экспериментальные данные представлены в табл. 2 в соответствии с параметрами формулы Симонова А.П., рекомендованной в МУК 4.2.2661–10, п. 17.2.

Проведён анализ количественного значения ОЭ (%) в зависимости от метода расчёта (формулы (1), (2)). При сравнении результатов нам не удалось выявить статистически значимых различий ($p = 0,919$), используемый метод – t -критерий Стьюдента (табл. 3; рис. 2, см. на вклейке).

Таким образом, овоцидная (протистоцидная) эффективность в отношении изучаемых возбудителей паразитозов, рассчитанная с помощью формулы (1) Симонова А.П., сопоставима с эффективностью, рассчитанной по упрощённой формуле (2).

Согласно МУК 4.2.2661–10 (п. 17.1), овоцидная (протистоцидная) эффективность признаётся высокой при значении 90–100%; удовлетворительной – при 60–90%; неудовлетворительной – при значении менее 60%.

Согласно данным табл. 2, эффективность дезинвазии с использованием СВЧ-излучения для возбудителей с контактным механизмом передачи (*Enterobius vermicularis*, *Entamoeba coli*) составила 99–100%, а для возбудителей при-

родно-очаговых биогельминтозов (*Diphyllobothrium latum*, *Opisthorchis felineus*) – 20–68%.

Таким образом, дезинвазию СВЧ-облучением в отношении паразитарных агентов с контактным механизмом передачи (*Enterobius vermicularis*, *Entamoeba coli*) можно считать высокоэффективной.

Для биогельминтозов *Diphyllobothrium latum* и *Opisthorchis felineus* эффективность дезинвазии проб при стандартном режиме работы СВЧ-установки, рассчитанная по двум формулам, в количественном выражении существенно различается, но интерпретирована одинаково как неудовлетворительная. Поэтому для яиц биогельминтов такая дезинвазия может рассматриваться только как дополнительная в комплексе противоэпидемических мер.

Обсуждение

В данном исследовании наибольший интерес представляла оценка дезинвазионной эффективности стандартного режима СВЧ-излучателя в отношении контактных паразитозов, а именно их инвазионных стадий (*Enterobius vermicularis* и *Entamoeba coli*). Возбудители биогельминтозов *Opisthorchis felineus* и *Diphyllobothrium latum* на стадии яйца не являются инвазионными для человека и рассматривались в рамках данного исследования дополнительно как примеры другого механизма передачи паразитарных болезней.

Дезинвазия объектов окружающей среды на современном этапе представляет собой актуальную задачу, что связано с высокой устойчивостью паразитарных агентов к агрессивным факторам, особенно это касается инвазионных для человека стадий [7]. Современные физические способы дезинвазии (механический – удаление с поверхности во время выколачивания, встряхивания, смывания, осадения и др.; термический – кипячение, сжигание, обжигание, фламбирование, замораживание; автоклавирование) широко применяются на практике, однако часто имеют ограничения, связанные с сохранением свойств объекта, подвергаемого дезинвазии, тогда как СВЧ-излучение относится к щадящим воздействиям, что заслуживает внимания. Согласно полученным данным, эффективность дезинвазии СВЧ-излучением оказалась сопоставима при расчётах

Таблица 2 / Table 2

Экспериментальные данные для расчёта эффективности дезинвазии
Experimental data for calculating the effectiveness of disinfection

Измеряемые параметры Measured parameters		По формуле Симонова А.П. According to the Simonov A.P. formula				По упрощённой формуле Using a simplified formula			
параметр parameter	обозначение designation	Возбудитель, стадия / Pathogen, stage							
		<i>Enterobius vermicularis</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Dibothriocephalus latus</i>	<i>Opisthorchis felineus</i>	<i>Enterobius vermicularis</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Dibothriocephalus latus</i>	<i>Opisthorchis felineus</i>
		яйца eggs	цисты cysts	яйца eggs	яйца eggs	яйца eggs	цисты cysts	яйца eggs	яйца eggs
Количество яиц (цист) во взвеси, взятой для испытания в опыте The number of eggs (cysts) in the suspension taken for testing in the experiment	<i>n</i>	150 ± 15	720 ± 72	98 ± 9.8	12 ± 1.2	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required
Количество живых яиц (цист) в опыте Number of live eggs (cysts) in the experiment	<i>a</i> ₁	1	0	23	12	1	0	23	12
Количество яиц (цист), взятых для определения их жизнеспособности, в опыте The number of eggs (cysts) taken to determine their viability in the experiment	<i>c</i> ₁	150 ± 15	720 ± 72	98 ± 9.8	12 ± 1.2	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required
Количество живых яиц (цист) в контроле The number of live eggs (cysts) in the control	<i>a</i> ₂	150 ± 15	360 ± 36	74 ± 7.4	15 ± 1.5	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required
Количество яиц (цист), взятых для определения их жизнеспособности, в контроле The number of eggs (cysts) taken to determine their viability in the control	<i>c</i> ₂	150 ± 15	720 ± 72	76 ± 7.6	15 ± 1.5	150 ± 15	720 ± 72	76 ± 7.6	15 ± 1.5
Процент погибших яиц (цист) в опыте Percentage of dead eggs (cysts) in the experiment	<i>P</i> ₁ , %	99.33	100	56.12	20	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required
Процент живых яиц (цист) в опыте Percentage of live eggs (cysts) in the experiment	<i>P</i> ₂ , %	0.67	0	23.45	80	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required	Подсчёт не требуется Counting is not required
Овоцидная (протистоцидная) эффективность Ovicidal/protisticidal efficacy	ОЭ _с , %	98.68	99.86	59.59	41.00	99.33	100	69.74	20.00

Таблица 3 / Table 3

Анализ результата в зависимости от метода расчёта
Analysis of the result depending on the calculation method

Показатель Indicator	Категория Categories	Результат / Result			<i>p</i>
		<i>M</i> ± <i>SD</i>	95% ДИ / 95% CI	<i>n</i>	
Метод расчёта Calculation method	Упрощённая формула Simplified formula	72.27 ± 37.59	12.45–132.09	4	0.919
	Формула Симонова А.П. Simonov's formula	74.78 ± 29.28	28.19–121.37	4	0.919

Original article

по формуле Симонова А.П. и с помощью предложенной нами упрощённой методики.

Высокая эффективность дезинвазии СВЧ-облучением позволяет судить о перспективах его применения для бытовых и некоторых медицинских изделий многократного применения, не подлежащих кипячению, замачиванию, фламбированию (игрушки, посуда, пластиковые наконечники и др.).

Поскольку в Российской Федерации энтеробиоз является самым распространённым гельминтозом, а факторы его передачи – многочисленные предметы обихода, на поверхности которых яйца *Enterobius vermicularis* при комнатной температуре могут оставаться жизнеспособными неопределённо долго, появление дополнительного эффективного и доступного метода дезинвазии объектов окружающей среды открывает новые возможности в борьбе с этим гельминтозом.

Ограничения исследования. Оценка эффективности дезинвазии с применением данной методики ограничивается видами *Enterobius vermicularis*, *Diphyllobothrium latum*, *Opisthorchis felinus*, *Entamoeba coli* и требует проверки на других гельминтах и простейших.

Заключение

Альтернативные способы дезинвазии объектов окружающей среды с применением современных физических технологий имеют высокую практическую значимость для медицинских и иных учреждений, но требуют одновременной разработки соответствующих методов оценки эффективности обеззараживания. На основе оценки эффективности химического способа дезинвазии разработана упрощённая методика оценки эффективности дезинвазии с помощью кратковременного физического воздействия (на примере СВЧ-излучения). Пригодность методики для оценки дезинвазии агентов контактных паразитозов подтверждена экспериментально с использованием модельных взвесей инвазивных форм возбудителей.

Высокая эффективность СВЧ-излучения в отношении инвазивных стадий *Enterobius vermicularis* открывает перспективы профилактики и противоэпидемических мероприятий в отношении энтеробиоза – наиболее распространённого в Российской Федерации гельминтоза.

Литература (п.п. 7, 9, 10 см. References)

1. Асланова М.М., Кузнецова К.Ю., Загайнова А.В., Синицына О.О., Шихбабаева Ф.М., Рудинский А.В. Основные проблемы эпидемиологического мониторинга за паразитами на территории Российской Федерации. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНISO*. 2018; (3): 29–31. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-300-3-29-31> <https://elibrary.ru/ytztjk>
2. Чудиновских С.А., Мирзоева Р.К. Эпидемиология распространения паразитов. В кн.: *Здоровье нации в XXI веке. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции*. Краснодар; 2021: 151–7. <https://elibrary.ru/elkkke>
3. Долбин Д.А., Хайруллин Р.З. Анализ эффективности использования современных средств для дезинвазии. *Вестник Казанского технологического университета*. 2015; 18(16): 314–5. <https://elibrary.ru/ungukz>
4. Ахмед Н.К., Фёдорова Л.С. Методы изучения и оценки эффективности химических средств дезинфекции для обеззараживания воды от возбудителей паразитарных инфекций (обзор литературы). *Дезинфекционное дело*. 2019; (4): 25–37. <https://doi.org/10.35411/2076-457X-2019-4-25-37> <https://elibrary.ru/nyoova>
5. Долбин Д.А., Хайруллин Р.З. Изучение влияния ряда химических, физических и биологических факторов окружающей среды на эффективность дезинвазии помещений. *Вестник Казанского технологического университета*. 2015; 18(15): 261–4. <https://elibrary.ru/ulrpbz>
6. Романенко Н.А., Падченко И.К., Чебышев Н.В. *Санитарная паразитология: Руководство для врачей*. М.: Медицина; 2000.
7. Германчук В.Г., Семакова А.П., Лобовикова О.А., Гордеева М.В., Шавина Н.Ю., Морозов К.М. и др. Эффективность установки СВЧ-излучения «СТЕРИУС 60» для обеззараживания объектов, загрязнённых ПБА I–IV групп, при работе с инфицированными биомоделями. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; (4): 53–8. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-4-53-58> <https://elibrary.ru/jbbutw>

References

1. Aslanova M.M., Kuznetsova K.Yu., Zagainova A.V., Sinityna O.O., Shikhbabaeva F.M., Rudinskiy A.V. The main problems of epidemiological monitoring of parasites in the Russian Federation. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2018; (3): 29–31. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-300-3-29-31> <https://elibrary.ru/ytztjk> (in Russian)
2. Chudinovskikh S.A., Mirzoeva R.K. Epidemiology of Parasite Distribution. In: *Health of the Nation in the 21st Century. Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference [Zdorov'e natsii v XXI veke. Materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Krasnodar; 2021: 151–7. <https://elibrary.ru/elkkke> (in Russian)
3. Dolbin D.A., Khairullin R.Z. Analysis of the effectiveness of using modern means of disinfection. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015; 18(16): 314–5. <https://elibrary.ru/ungukz> (in Russian)
4. Akhmed N.K., Fedorova L.S. Methods for studying and evaluating the efficiency of chemicals of disinfection for disinfection of water from current analysis of parasitic infections (review of literature). *Dezinfektsionnoe delo*. 2019; (4): 25–37. <https://doi.org/10.35411/2076-457X-2019-4-25-37> <https://elibrary.ru/nyoova> (in Russian)
5. Dolbin D.A., Khairullin R.Z. Conducted a comprehensive assessment of the sustainability of helminthes eggs to adverse physical, chemical and biological environmental factors. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015; 18(15): 261–4. <https://elibrary.ru/ulrpbz> (in Russian)
6. Romanenko N.A., Padchenko I.K., Chebyshev N.V. *Sanitary Parasitology: A Guide for Doctors [Sanitarnaya parazitologiya: Rukovodstvo dlya vrachei]*. Moscow: Meditsina; 2000. (in Russian)
7. Ursache A.L., Mircean V., Dumitrache M., Andrei S., Ștefănuț L., Cozma V., et al. Is routine disinfection efficient in preventing contamination with *Toxocara canis* eggs? *J. Helminthol.* 2019; 94: e60. <https://doi.org/10.1017/S0022149X1900052X>
8. Germanchuk V.G., Semakova A.P., Lobovikova O.A., Gordeeva M.V., Shavina N.Yu., Morozov K.M., et al. Effectiveness of the "Sterius 60" SHF radiation installation for disinfection of objects contaminated with PBA of groups I–IV, when working with infected biomodels. *Problemy osobo opasnykh infektsii*. 2020; (4): 53–8. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-4-53-58> <https://elibrary.ru/jbbutw> (in Russian)
9. Liu J., Li H., Liu Z., Meng X., He Y., Zhang Z. Study on the process of medical waste disinfection by microwave technology. *Waste Manag.* 2022; 150: 13–9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.06.022>
10. Liu L., Wang N., Laghari A.A., Li H., Wang C., Zhao Z., et al. A review and perspective of environmental disinfection technology based on microwave irradiation. *Curr. Pollut. Rep.* 2023; 9(1): 46–59. <https://doi.org/10.1007/s40726-022-00247-2>

Сведения об авторах

Видманова Мария Владимировна, врач-бактериолог микробиологической лаб. ФБУЗ «ШГИЭ в Самарской области», 443079, Самара, Россия. E-mail: maria.vidmanova17@yandex.ru
Лямин Артем Викторович, доктор мед. наук, директор НОПЦ ГЛТ, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, 443099, Самара, Россия.

Каюмов Карим Аскерович, специалист НОПЦ ГЛТ, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, 443099, Самара, Россия. E-mail: k.a.kayumov@samsmu.ru

Козлов Андрей Владимирович, зав. лаб. НОПЦ ГЛТ, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, 443099, Самара, Россия.

Халиуллин Алмаз Вадимович, зав. лаб. НОПЦ ГЛТ, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, 443099, Самара, Россия.

Яценко Татьяна Вадимовна, врач-вирусолог микробиологической лаборатории ФБУЗ «ШГИЭ в Самарской области», 443079, Самара, Россия.

Исмагуллин Данир Дамирович, канд. мед. наук, зав. лаб. НОПЦ ГЛТ, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, 443099, Самара, Россия.

About the authors

Maria V. Vidmanova, bacteriologist, Microbiological laboratory, Center for Hygiene and Epidemiology in the Samara Region, Samara, 443079, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0008-9789-5491> E-mail: maria.vidmanova17@yandex.ru

Artem V. Lyamin, DSc (Medicine), director, Research and Educational Professional Center for Genetic and Laboratory Technologies, Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5905-1895>

Karim A. Kayumov, specialist, Research and Educational Professional Center for Genetic and Laboratory Technologies, Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9614-7255> E-mail: k.a.kayumov@samsmu.ru

Andrei V. Kozlov, head, Laboratory of Research and Educational Professional Center for Genetic and Laboratory Technologies, Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9384-6854>

Almaz V. Khalilulin, head, Laboratory of Research and Educational Professional Center for Genetic and Laboratory Technologies, Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4689-8904>

Tatyana V. Yatsenko, virologist of the microbiological laboratory of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Samara Region, 443079, Samara, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0007-5717-2697>

Danir D. Ismatullin, PhD (Medicine), head, Laboratory, Research and Educational Professional Center for Genetic and Laboratory Technologies, Samara State Medical University, Samara, 443099, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4283-907X>

К статье М.В. Видмановой и соавт.
To the article by Maria V. Vidmanova et al.

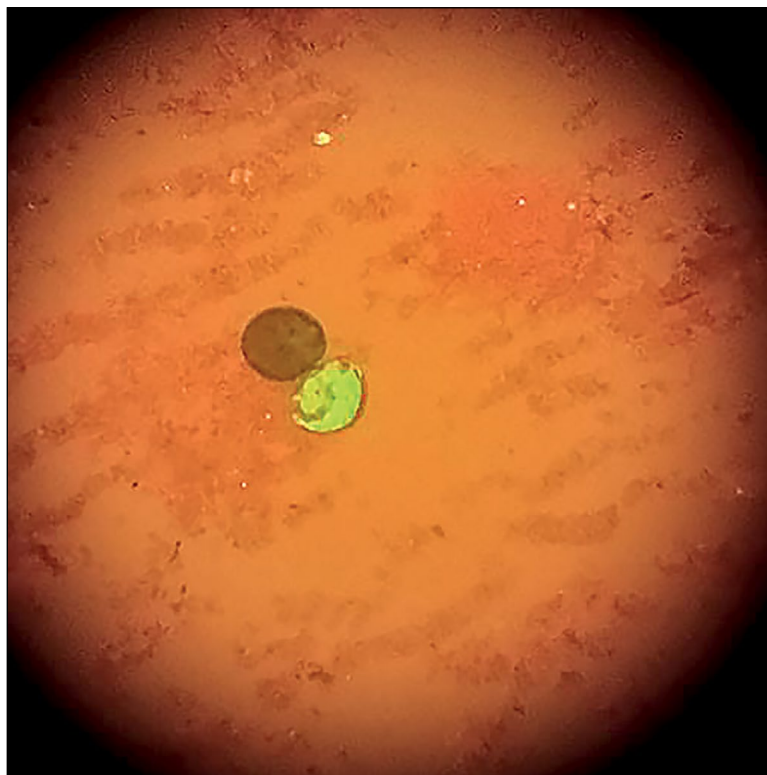


Рис. 1. Препарат с жизнеспособным и погибшим яйцами *Dibothriocephalus latus* (*Diphyllobothrium latum*) (окраска – акридиновый оранжевый 1 : 500, увеличение $\times 100$).

Fig. 1. Specimen with viable and dead eggs of *Dibothriocephalus latus* (*Diphyllobothrium latum*) (staining – acridine orange 1 : 500, $\times 100$).

К статье М.В. Видмановой и соавт.
To the article by Maria V. Vidmanova et al.

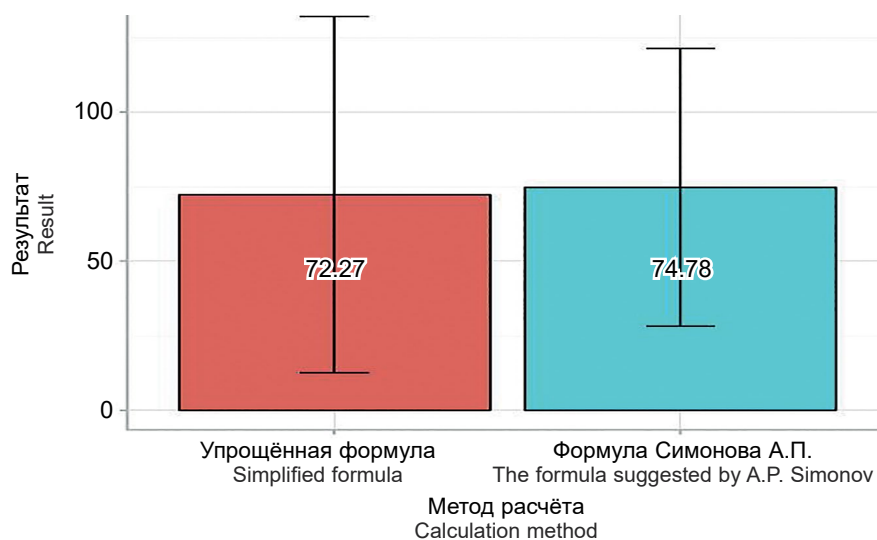


Рис. 2. Анализ результата в зависимости от метода расчёта.

Fig. 2. Analysis of the result depending on the calculation method.