

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_4\_26

[Н.Ж. Дикопова](#)<sup>1</sup>,

к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии

[А.В. Царев](#)<sup>2</sup>,

аспирант кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний

[Е.В. Ипполитов](#)<sup>3</sup>,

д.м.н., профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии

[А.Г. Волков](#)<sup>1</sup>,

д.м.н., доцент, профессор кафедры терапевтической стоматологии

[С.Н. Разумова](#)<sup>2</sup>,

д.м.н., доцент, зав. кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний

[М.С. Подпорин](#)<sup>3</sup>,

к.м.н., м.н.с. лаборатории молекулярно-биологических исследований НИМСИ

<sup>1</sup> Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119991, Москва, Россия<sup>2</sup> РУДН, 117198, Москва, Россия<sup>3</sup> МГМСУ им. А.И. Евдокимова, 127473, Москва, Россия**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Дикопова Н.Ж., Царев А.В., Ипполитов Е.В., Волков А.Г., Разумова С.Н., Подпорин М.С. Антибактериальная эффективность анодного растворения различных видов электродов, применяемых для трансканальных воздействий постоянным током. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 25 (4): 26—33. DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_4\_26

## Антибактериальная эффективность анодного растворения различных видов электродов, применяемых для трансканальных воздействий постоянным током

**Реферат.** На сегодняшний день в эндодонтии по-прежнему не решена проблема дезинфекции облитерированных каналов. При лечении таких зубов используются трансканальные воздействия постоянным током. **Цель работы** — изучение антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медных и медных электродов, применяемых при трансканальных воздействиях постоянным током, в отношении патогенных микроорганизмов, полученных из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита. **Материалы и методы.** Проведено экспериментальное микробиологическое исследование с помощью автоматического культивирования в жидких питательных средах. Использовали штаммы бактерий и дрожжевых грибов, полученных из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита: *S. constellatus*, *P. intermedia*, *C. albicans*. Для исследования антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медного электрода в пробирку помещали 2 серебряно-медных электрода, используемых при апекс-форезе. При изучении антибактериальной эффективности анодного растворения медного электрода в пробирки помещали 2 медных электрода, которые зачищали от изоляции, размещали в пробирках и подключали к источнику тока: на дне пробирки плюс, на поверхности минус. На основании полученных данных для каждого эксперимента были построены кривые роста бактериальных и грибковых популяций с регистрацией точек изменения оптической плотности в периоды адаптации, ускорения роста, экспоненциального роста, торможения развития, стационарного равновесия, отмирания культуры. **Результаты.** Установлено, что анодное растворение как серебряно-медных, так и медных электродов обладает выраженным и, в целом, однонаправленным антибактериальным действием. Достоверное снижение показателей оптической плотности по отношению к контрольному образцу отмечалось для *S. constellatus* в образце Ag+Cu — на 55,66%, в образце Cu — на 63,64%; для *P. intermedia* в образце Ag+Cu — на 68,6%, в образце Cu — на 69,44%; для *C. albicans* в образце Ag+Cu на 54,09%, в образце Cu — на 68,98%. **Заключение.** Если в отношении одних представителей, преимущественно грамположительной микробиоты, лучший эффект был достигнут с использованием анодного растворения медного электрода, то в отношении *P. intermedia* более эффективно использование серебряно-медного электрода, что подтверждает возможность использования при проведении трансканальных воздействий постоянным током анодного растворения серебряно-медных и медных электродов.

**Ключевые слова:** трансканальное воздействие, постоянный ток, апекс-форез, анодное растворение, электрод, антибактериальная эффективность

[N.Zh. Dikopova](#)<sup>1</sup>,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry Department

[A.V. Tsarev](#)<sup>2</sup>,

postgraduate at the Dentistry diseases propaedeutics Department

[E.V. Ippolitov](#)<sup>3</sup>,

PhD in Medical Sciences, professor of the Microbiology, virology, immunology Department

[A.G. Volkov](#)<sup>1</sup>,

PhD in Medical Sciences, professor of the Therapeutic dentistry Department

## Antibacterial efficiency of anodic dissolution of various types of electrodes used for direct current trans-channel effects

**Abstract.** Today in endodontics, the problem of disinfection of obliterated canals remains unresolved. In the treatment of such teeth, transcanal effects with direct current are used. **The aim** of the work was to study the antioxidant efficiency of anodic dissolution of silver-copper and copper electrodes, cases of apical effects on the immune system, in relation to pathogenic risks, received from root canals when examining chronic pulpitis. **Material and methods.** An experimental microbiological study was carried out using automatic cultivation in liquid nutrient media. For the study, were used strains of bacteria and yeast fungi obtained from the root canals of teeth in the treatment of chronic pulpitis: *S. constellatus*, *P. intermedia*, *C. albicans*. To study

**S.N. Razumova**<sup>2</sup>,

PhD in Medical Sciences, associate professor and head of the Dentistry diseases propaedeutics Department

**M.S. Podporin**<sup>3</sup>,

PhD in Medical Sciences, researcher at the Molecular biology research Laboratory of the Medico-dental research Institute

<sup>1</sup> Sechenov University,  
119991, Moscow, Russia

<sup>2</sup> RUDN University,  
117198, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry, 127473, Moscow, Russia

the antibacterial effectiveness of the anodic dissolution of the silver-copper electrode, 2 silver-copper electrodes used in apexphoresis were placed in a test tube. When studying the antibacterial efficiency of the anodic dissolution of the copper electrode, 2 copper electrodes were placed in test tubes, which were stripped of insulation, placed in test tubes and connected to a current source: plus at the bottom of the tube, minus at the surface. Based on the data obtained, growth curves of bacterial and fungal populations were constructed for each experiment with registration of points of change in optical density in periods of adaptation, accelerated growth, exponential growth, inhibition of development, stationary equilibrium, culture withering away. **Results.** Anodic dissolution of both silver-copper and copper electrodes has a pronounced and, in general, unidirectional antibacterial effect. A significant decrease in optical density relative to the control sample was noted: for *S. constellatus* in the sample Ag+Cu — by 55.66%, in the sample Cu — by 63.64%; for *P. intermedia* in the sample Ag+Cu — by 68.6%, in the sample Cu — by 69.44%; for *C. albicans* in the sample Ag+Cu by 54.09%, in the sample Cu by 68.98%. **Conclusions.** It was found that if anodic dissolution of a copper electrode has a certain advantage for some representatives of the microbiota, then for *P. intermedia* it is more effective to use a silver-copper electrode, which confirms the possibility of using anodic dissolution of a silver-copper copper and copper electrodes.

**Key words:** trans-channel effects, direct current, apex-phoresis, anodic dissolution, electrode, antibacterial efficiency

**FOR CITATION:**

Dikopova N.Zh., Tsarev A.V., Ippolitov E.V., Volkov A.G., Razumova S.N., Podporin M.S. Antibacterial efficiency of anodic dissolution of various types of electrodes used for direct current trans-channel effects. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 25 (4): 26—33 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_4\_26

**ВВЕДЕНИЕ**

Лечение зубов с облитерированными корневыми каналами — актуальная проблема современной стоматологии [1–7]. Провести тщательную дезинфекцию при таких сложных анатомических особенностях корневых каналов зубов невозможно [8–10]. Необходимы дополнительные методы обработки зоны облитерации корневого канала, обладающие выраженным антибактериальным действием [11–17]. При лечении таких зубов используют трансканальное воздействие постоянным током [18–20]. К подобным процедурам относится апекс-форез с использованием серебряно-медного электрода [21]. Антибактериальная эффективность этой процедуры связана с анодным растворением серебряно-медного электрода во время проведения апекс-фореза [8]. Соединения серебра и меди, насыщая ткани корня зуба в апикальной части, обеспечивают длительный антибактериальный эффект [22]. Однако данная процедура эффективна только в тех случаях, когда корневой канал пройден и расширен не менее чем на половину длины корня зуба [23, 24]. Это связано с тем, что при использовании серебряно-медного электрода, который представляет собой медный сердечник, покрытый слоем серебра, анодному растворению в основном подвергается серебро. Серебро отличается небольшой электрохимической растворимостью и малой электрофоретической подвижностью. В связи с этим для обеспечения антибактериального эффекта в апикальной части корня зуба серебряно-медный электрод должен быть максимально приближен к этой части корня зуба [25, 26].

Наряду с серебряно-медными электродами для трансканальных воздействий постоянным током используют

также медные электроды. Медь обладает большей электрохимической растворимостью и электрофоретической подвижностью по сравнению с серебром. Это позволяет предположить, что при облитерации канала более чем на половину длины корня зуба при анодном растворении медного электрода соединения меди будут проникать в апикальную часть корня зуба и оказывать в этой области антибактериальное действие [27–29].

В связи с вышеизложенным большой научный и практический интерес представляет сравнение антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медных и медных электродов, используемых для трансканальных воздействий постоянным током.

**Цель работы** — изучение антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медных и медных электродов, применяемых при трансканальных воздействиях постоянным током, в отношении патогенных микроорганизмов, полученных из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для исследования использовали штаммы бактерий и дрожжевых грибов, полученных из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита: *S. constellatus*, *P. intermedia*, *C. albicans*. Культивирование микроорганизмов проводили в биореакторе с интерактивной опцией контроля роста Реверс-Спиннер RTS-1 (BioSan, Латвия). Для интерпретации результатов автоматически измерялась оптическая плотность при длине волны 850 нм. Результат интерпретировался в единицах мутности по МакФарланду. Для культивирования микроорганизмов в биореакторе использовали набор жидких питательных сред производства HiMedia (Индия).

Для каждого эксперимента отдельно в стерильных пробирках объемом 5 мл готовили бактериальную взвесь в общем количестве 4 мл. Оптическую плотность полученной взвеси измеряли с помощью денситометра DEN-1B (BioSan, Латвия), и для всех образцов она составляла  $0,5 \pm 0,3$ , что примерно равно  $1,5 \cdot 10^8$  КОЕ/мл.

При постановке каждого эксперимента проводили культивирование в нескольких разных параллелях. Для культивирования в биореакторе использовали центрифужные пробирки объемом 50 мл, в которые помещали 20 мл питательной среды и 1 мл микробной взвеси.

Для исследования антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медного электрода в пробирку помещали 2 серебряно-медных электрода, используемых при апекс-форезе. Один из электродов, который был зачищен от изоляции на 2 мм от торцевой поверхности электрода, располагали на дне пробирки. Этот электрод подключали к плюсу источника тока. Второй электрод, зачищенный от изоляции на 1 см от торца, размещали в верхней части пробирки так, чтобы очищенная от изоляции часть электрода была полностью погружена в питательную среду с микроорганизмами. Данный электрод подключали к минусу источника тока.

При изучении антибактериальной эффективности анодного растворения медного электрода в пробирку помещали 2 медных электрода, которые зачищали от изоляции, размещали в пробирках и подключали к источнику тока аналогично серебряно-медному электроду.

Количество электричества при анодном растворении электродов было эквивалентно 5 мА за 1 минуту (0,3 Кл). После растворения электроды удаляли из пробирок, а пробирки помещали в биореактор.

Для каждого эксперимента с помощью инфракрасного анализатора в биореакторе строили кривые развития бактериальных и грибковых популяций с регистрацией точек изменения оптической плотности по МакФарланду (ед. MCF), которые пересчитывали в количество микробных клеток (колониеобразующих единиц, КОЕ) в 1 мл. Пик истинного логарифмического прироста определялся как точка  $\alpha$ , а  $\beta$  — это максимальный показатель оптической плотности за весь период культивирования. М-концентрация — характеристика, которая применима для определения концентрации КОЕ бактерий. Учитывая, что в эксперименте используется интерпретация в единицах MCF, мы применяли введенный показатель  $\beta$ . Данный показатель оценивают перед началом стационарной фазы. Промежуток от показателя  $\alpha$  до показателя  $\beta$  — период отрицательного ускорения (торможения).

При статистической обработке результатов строили регрессионную зависимость (парабола второго порядка) с оценкой по критерию Фишера и расчетом коэффициента корреляции Пирсона. При этом применялся метод наименьших квадратов, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При культивировании культуры *S. constellatus* после анодного растворения серебряно-медного электрода (Ag+Cu) в одной пробе и медного электрода (Cu) в другой пробе отмечалась достоверная задержка начала экспоненциального развития клеток уже в первые часы культивирования (табл. 1, рис. 1). При анализе кинетики развития бактериальных клеток не отмечалось различий по тенденции построения кривой оптической плотности, однако скорость увеличения бактериальной биомассы была ниже, чем в контрольном образце. Динамика достижения ключевых точек при культивировании различалась.

В образце с Ag+Cu-электродом пик истинного логарифмического прироста (точка  $\alpha$ ) был достигнут к 14 часам ( $2,23 \pm 0,3$  ед. MCF), а торможение развития (точка  $\beta$ ) началось на 16-м часе ( $2,76 \pm 0,3$  ед. MCF). В образце, где было проведено анодное растворение Cu-электрода, отмечалось наличие только показателя  $\beta$  (18 час) —  $2,32 \pm 0,3$  ед. MCF. Данный показатель оценивается перед началом стационарной фазы. Промежуток от показателя  $\alpha$  до показателя  $\beta$  — период отрицательного ускорения (торможения). Существенного снижения скорости логарифмического развития и формирования периодового дробления с последующей регистрацией показателя  $\alpha$  не наблюдалось. В обоих случаях отмечалось достоверное снижение показателей оптической плотности по отношению к контрольному образцу (средний показатель в стационарной фазе культивирования): для образца Ag+Cu — снижение на 55,66%, для образца Cu — снижение на 63,64%. Между собой образцы также отличались разницей значений

**Таблица 1. Динамика оптической плотности при культивировании *S. constellatus* (в ед. по МакФарланду)**

**Table 1. Dynamics of optical density during cultivation of *S. constellatus* (in McFarland units)**

	Контроль		Ag+Cu		Cu	
	Время, ч	Мутность, ед. MCF	Время, ч	Мутность, ед. MCF	Время, ч	Мутность, ед. MCF
Адаптивная фаза	4	0,05	4	0,02	8	0,04
Экспоненциальная фаза	18	6,32	16	2,76	18	2,32
Ускоренное развитие (P1)	8	0,43	8	0,22	12	0,54
Логарифмическое развитие (P2), показатель $\alpha$	14	5,43	14	2,23	18	2,32
Замедление (P3), показатель $\beta$	18	6,32	16	2,76	18	2,32
Стационарная фаза	18–24	6,27	16–22	2,79	18–22	2,28
Гибель культуры	24–48	—	22–48	—	22–48	—

ключевых показателей оптической плотности и в пролонгации адаптивной фазы, что было более выражено при воздействии с использованием Cu-электрода.

По результатам культивирования клинического изолята *P. intermedia* после анодного растворения Ag+Cu-электрода в одной пробе и Cu-электрода в другой пробе отмечался антибактериальный эффект в обоих исследуемых образцах (табл. 2, рис. 2). При этом присутствовала разница в тенденции первоначального развития клеточных культур: при воздействии Cu первоначальное изменение оптической плотности было отмечено уже с 6-го часа эксперимента (раньше контрольного образца на 2 часа), начальные этапы микробного развития не имели четких границ относительно экспоненциального скачка, который, в свою очередь, был неинтенсивным и незначительным. Показатель  $\alpha$  для образца Cu (14 час) —  $1,22 \pm 0,3$  ед. MCF (снижение относительно контроля на 68,6%), показатель  $\beta$  (16 час) —  $1,32 \pm 0,3$  ед. MCF (снижение относительно контроля на 69,4%).

Особое внимание стоит отметить на незначительное время продолжительности регистрации данных основных периодов увеличения биомассы культуры. Образец Ag+Cu продемонстрировал значительную пролонгацию лаг-положения культуры, которая превышала в 2 раза в сравнении с образцом Cu, и в 1,5 раза — в контрольном образце. Характерный период ускоренного развития бактериальных клеток (12–16 час) четко просматривался на фоне последующего логарифмического подъема оптической плотности, при этом скорость изменения оптического числа в периоде P2 была существенно ниже относительно контрольной пробирки, что свидетельствует о более низкой скорости развития клеточных агентов. Показатели  $\alpha$  и  $\beta$  были зарегистрированы в одной точке (20 час) вследствие отсутствия периода отрицательного ускорения. Оптические значения при M-концентрации для образца Ag+Cu (20 час) —  $1,89 \pm 0,3$  ед. MCF

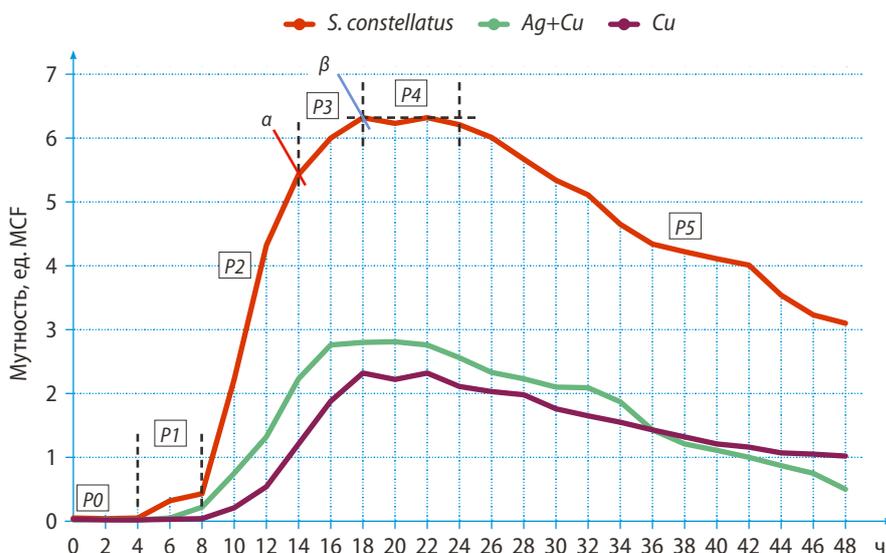


Рис. 1. Автоматическое программируемое культивирование *S. constellatus*: P0 — адаптация, P1 — ускорение роста, P2 — экспоненциальный рост, P3 — торможение развития, P4 — стационарное равновесие, P5 — отмирание культуры  
Fig. 1. Automatic programmable cultivation of *S. constellatus*

Таблица 2. Динамика оптической плотности при культивировании *P. intermedia* (в ед. по МакФарланду)

Table 2. Dynamics of optical density during cultivation of *P. intermedia* (in McFarland units)

	Контроль		Ag+Cu		Cu	
	Время, ч	Мутность, ед. MCF	Время, ч	Мутность, ед. MCF	Время, ч	Мутность, ед. MCF
Адаптивная фаза	8	0,02	12	0,03	6	0,03
Экспоненциальная фаза	20	4,32	20	1,89	16	1,32
Ускоренное развитие (P1)	14	0,77	16	0,34	10	0,34
Логарифмическое развитие (P2), показатель $\alpha$	18	3,89	20	1,89	14	1,22
Замедление (P3), показатель $\beta$	20	4,32	20	1,89	16	1,32
Стационарная фаза	20–26	4,35	20–28	1,99	16–24	1,38
Гибель культуры	26–48	—	28–48	—	24–48	—

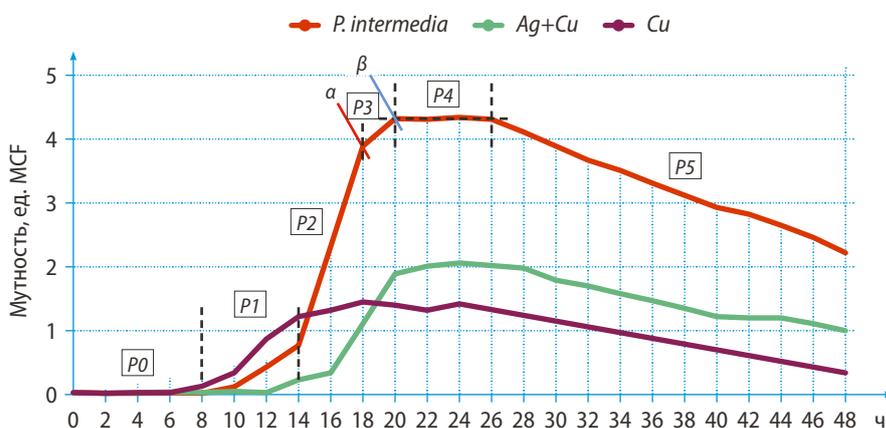


Рис. 2. Автоматическое программируемое культивирование *P. intermedia*: P0 — адаптация, P1 — ускорение роста, P2 — экспоненциальный рост, P3 — торможение развития, P4 — стационарное равновесие, P5 — отмирание культуры  
Fig. 2. Automatic programmable cultivation of *P. intermedia*

(снижение относительно контроля на 56,25%). Стационарная фаза развития популяции отмечалась своей длительностью в сравнении со всеми образцами культивирования, с небольшим колебанием оптической плотности, которое не являлась статистически значимым. Средний показатель оптической плотности в периоде P4 —  $1,99 \pm 0,3$  ед. MCF (20–28 час).

При культивировании *C. albicans* после анодного растворения Ag+Cu-электрода в одной пробе и Cu-электрода в другой в обоих образцах отмечался выраженный антибактериальный эффект по сравнению с контрольным (табл. 3, рис. 3). Разницы в пролонгации адаптивного периода не наблюдалось, в сравнении как с контрольным образцом, так и исследуемых пробирок между собой. Существенно сниженная скорость генеративной активности способствовала укорочению экспоненциальной фазы, а именно в периоде P2: до 6-го часа для образца Ag+Cu и до 8-го часа для образца Cu. Показатель  $\alpha$  (пик истинного логарифмического прироста, окончание периода P2): для образца Ag+Cu — 6 час ( $1,47 \pm 0,3$  ед. MCF), для образца (Cu) — 8 час

( $0,99 \pm 0,3$  ед. MCF). В данных образцах отмечалось значительное увеличение продолжительности периода торможения развития (P3), по окончании которого была достигнута клетками M-концентрация (показатель  $\beta$ ): для образца Ag+Cu (10 час) —  $1,85 \pm 0,3$  ед. MCF (ниже относительно контрольного образца на 54,09%), для образца Cu (14 час) —  $1,25 \pm 0,3$  ед. MCF (ниже относительно контрольного образца на 68,98%).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медных и медных электродов, применяемых при трансканальных воздействиях постоянным током, в отношении патогенных микроорганизмов, полученных из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита, показали, что анодное растворение как серебряно-медных, так и медных электродов обладает выраженным и, в целом, однонаправленным антибактериальным действием. При этом обнаружено следующее: если в отношении

одних представителей микробиоты определенным преимуществом обладает анодное растворение медного электрода, то в отношении *P. intermedia* более эффективно использование серебряно-медного электрода.

Таблица 3. Динамика оптической плотности при культивировании *C. albicans* (в ед. по МакФарланду)

Table 3. Dynamics of optical density during cultivation of *C. albicans* (in McFarland units)

	Контроль		Ag+Cu		Cu	
	Время, ч	Мутность, ед. MCF	Время, ч	Мутность, ед. MCF	Время, ч	Мутность, ед. MCF
Адаптивная фаза	2	0,05	2	0,07	2	0,08
Экспоненциальная фаза	16	4,03	10	1,85	14	1,25
Ускоренное развитие (P1)	—	—	—	—	4	0,25
Логарифмическое развитие (P2), показатель $\alpha$	10	3,42	6	1,47	8	0,99
Замедление (P3), показатель $\beta$	16	4,03	10	1,85	14	1,25
Стационарная фаза	16–24	4,05	10–18	1,77	14–24	1,28
Гибель культуры	24–48	—	18–48	—	24–48	—

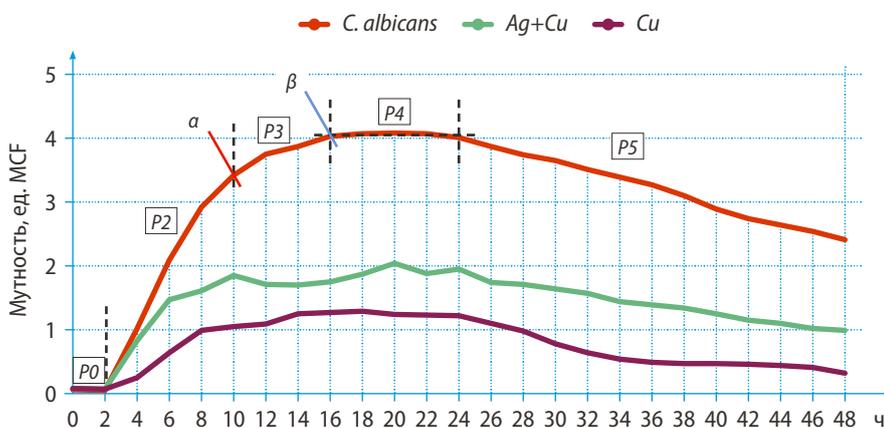


Рис. 3. Автоматическое программируемое культивирование *C. albicans*: P0 — адаптация, P1 — ускорение роста, P2 — экспоненциальный рост, P3 — торможение развития, P4 — стационарное равновесие, P5 — отмирание культуры  
Fig. 3. Automatic programmable cultivation of *C. albicans*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты проведенного экспериментального микробиологического исследования подтверждают гипотезу о возможности использования при проведении трансканальных воздействий постоянным током наряду с анодным растворением серебряно-медных, анодного растворения медных электродов как средства, способного оказать выраженное антибактериальное действие при эндодонтическом лечении зубов с частично облитерированными корневыми каналами.

## БЛАГОДАРНОСТИ

В работе использована уникальная установка «Трансгенбанк» Института биологии гена РАН (Москва).

## ACKNOWLEDGMENTS

The study was carried out using the unique scientific facility Transgenebank.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Поступила:** 14.07.2022      **Принята в печать:** 06.12.2022

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Received:** 14.07.2022

**Accepted:** 06.12.2022

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Разумова С.Н., Тимохина М.И., Булгаков В.С., Анурова А.Е. Факторы, обеспечивающие качественное эндодонтическое лечение. — *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. — 2015; 2: 35—36. [eLibrary ID: 23239245](#)
2. Разумова С.Н., Браго А.С., Баракат Х., Хасханова Л.М., Брагунова Р.М. Оценка результатов эндодонтического лечения зубов. — *Эндодонтия Today*. — 2020; 1: 27—30. [eLibrary ID: 43167054](#)
3. Разумова С.Н., Селифанова Е.И. и др. Опыт сочетанного лечения хронического апикального периодонтита с применением оперативных методов лечения. — *Эндодонтия Today*. — 2017; 2: 55—58. [eLibrary ID: 29969386](#)
4. Razumova S., Brago A., Khaskhanova L., Barakat H., Howijieh A. Evaluation of anatomy and root canal morphology of the maxillary first molar using the cone-beam computed tomography among residents of the Moscow region. — *Contemp Clin Dent*. — 2018; 9 (Suppl 1): S133-S136. [PMID: 29962778](#)
5. Razumova S., Brago A., Khaskhanova L., Howijieh A., Barakat H., Manvelyan A. A Cone-beam computed tomography scanning of the root canal system of permanent teeth among the Moscow Population. — *Int J Dent*. — 2018; 2018: 2615746. [PMID: 30356403](#)
6. Разумова С.Н., Браго А.С., Хасханова Л.М., Баракат Х.Б., Хуайжи А., Манвелян А.С. Анатомия системы корневых каналов зубов нижней челюсти по данным конусно-лучевой компьютерной томографии. — *Эндодонтия Today*. — 2018; 4: 50—52. [eLibrary ID: 37064698](#)
7. Даурова Ф.Ю., Волков А.Г., Дикопова Н.Ж., Томаева Д.И., Арзуканян А.В. Эффективность применения высокочастотной монополярной диатермокоагуляции при лечении хронических форм пульпита. — *Эндодонтия Today*. — 2019; 2: 36—40. [eLibrary ID: 39322270](#)
8. Макеева И.М., Волков А.Г., Дикопова Н.Ж., Талалаев Е.Г. Повышение эффективности эндодонтического лечения с помощью аппаратных методов. — *Стоматология*. — 2017; 2: 17—19. [eLibrary ID: 29243446](#)
9. Razumova S., Brago A., et al. Evaluation of the microbiological effect of colloidal nanosilver solution for root canal treatment. — *J Funct Biomater*. — 2022; 13 (4): 10. [PMID: 36278632](#)
10. Razumova S., Brago A., et al. The application of nano silver argitos as a final root canal irrigation for the treatment of pulpitis and apical periodontitis. In vitro study. — *Nanomaterials (Basel)*. — 2022; 12 (2): 10. [PMID: 35055265](#)
11. Румянцев В.А., Фролов Г.А., Блинова А.В., Карасенков Я.Н., Битюкова Е.В. Электронно-микроскопические свойства нового противомикробного нанопрепарата на основе гидроксида медиальция. — *Вестник Авиценны*. — 2021; 4: 532—541. [eLibrary ID: 48042741](#)
12. Ефанов О.И., Царев В.Н., Носик А.С., Волков А.Г., Дикопова Н.Ж. Исследование антибактериальной активности апексфореза с использованием серебряно-медного электрода in vitro. — *Российский стоматологический журнал*. — 2006; 4: 1—6. [eLibrary ID: 9247571](#)

#### REFERENCES:

1. Razumova S.N., Timohina M.I., Bulgakov V.S., Anurova A.E. The factors that ensure quality endodontic treatment. *Health and Education Millennium*. 2015; 2: 35—36 (In Russ.). [eLibrary ID: 23239245](#)
2. Razumova S.N., Brago A.S., Barakat H., Khaskhanova L.M., Bragunova R.M. Assessment of the results of endodontic treatment of teeth. *Endodontics Today*. 2020; 1: 27—30 (In Russ.). [eLibrary ID: 43167054](#)
3. Razumova S.N., Selifanova E.I., Manveljan A.S., Fomina A.D., Alsekhnaui R. Experience of combined treatment of the chronic apical periodontitis implementing surgical procedures. *Endodontics Today*. 2017; 2: 55—58 (In Russ.). [eLibrary ID: 29969386](#)
4. Razumova S., Brago A., Khaskhanova L., Barakat H., Howijieh A. Evaluation of anatomy and root canal morphology of the maxillary first molar using the cone-beam computed tomography among residents of the Moscow region. *Contemp Clin Dent*. 2018; 9 (Suppl 1): S133-S136. [PMID: 29962778](#)
5. Razumova S., Brago A., Khaskhanova L., Howijieh A., Barakat H., Manvelyan A. A Cone-beam computed tomography scanning of the root canal system of permanent teeth among the Moscow Population. *Int J Dent*. 2018; 2018: 2615746. [PMID: 30356403](#)
6. Razumova S.N., Brago A.S., Khaskhanova L.M., Barakat H.B., Khuayzhi A., Manvelyan A.S. Anatomy of the root canal system of the mandible teeth according to cone-beam computed tomography. *Endodontics Today*. 2018; 4: 50—52 (In Russ.). [eLibrary ID: 37064698](#)
7. Daurova F.Yu., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Tomaeva D.I., Arzukanian A.V. The effectiveness of high-frequency monopolar diathermocoagulation in the treatment of chronic pulpitis. *Endodontics Today*. 2019; 2: 36—40 (In Russ.). [eLibrary ID: 39322270](#)
8. Makeeva I.M., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Talalaev E.G. Endodontic treatment efficacy enhancement by means of instrumental physiotherapy. *Stomatology*. 2017; 2: 17—19 (In Russ.). [eLibrary ID: 29243446](#)
9. Razumova S., Brago A., Barakat H., Howijieh A., Senyagin A., Serebrov D., Guryeva Z., Kozlova Y., Adzhieva E. Evaluation of the microbiological effect of colloidal nanosilver solution for root canal treatment. *J Funct Biomater*. 2022; 13 (4): 10. [PMID: 36278632](#)
10. Razumova S., Brago A., Serebrov D., Barakat H., Kozlova Y., Howijieh A., Guryeva Z., Enina Y., Troitskiy V. The application of nano silver argitos as a final root canal irrigation for the treatment of pulpitis and apical periodontitis. In vitro study. *Nanomaterials (Basel)*. 2022; 12 (2): 10. [PMID: 35055265](#)
11. Romyantsev V.A., Frolov G.A., Blinova A.V., Karasenkova Y.N., Bitjukova E.V. Electron microscopic properties of a new antimicrobial nanodrug based on copper-calcium hydroxide compound. *Avicenna Bulletin*. 2021; 4: 532—541 (In Russ.). [eLibrary ID: 48042741](#)
12. Yefanov O.I., Tsaryov V.N., Nosik A.S., Volkov A.G., Dikopova N.Zh. In vitro study of the antibacterial activity of apex-phoresis using silver-copper electrode. *Russian Journal of Dentistry*. 2006; 4: 1—6 (In Russ.). [eLibrary ID: 9247571](#)

13. Razumova S., Brago A., Kozlova Yu., Barakat H., Howijieh A. Evaluation the efficacy of Er: YAG laser in removing the smear layer during endodontic treatment. — *Journal of International Dental and Medical Research*. — 2021; 14 (3): 933—937.
14. Копытов А.А., Кузьмина Е.А., Борозенцева В.А., Разумова С.Н., Браго А.С., Рохоева М.Ш. Влияние качества удаления временного лечебного материала из анатомически ограниченных объемов системы корневых каналов на герметизм корневой пломбы. — *Медицинский алфавит*. — 2022; 2: 11—16. [eLibrary ID: 48289087](#)
15. Ефанов О.И., Царев В.Н., Волков А.Г., Николаева Е.Н., Носик А.С., Дикопова Н.Ж. Антибактериальная эффективность различных видов трансканального воздействия постоянным током. — *Российский стоматологический журнал*. — 2008; 2: 38—42. [eLibrary ID: 11576112](#)
16. Даурова Ф.Ю., Волков А.Г., Дикопова Н.Ж., Носик А.С., Томаева Д.И., Кодзаева Э.С., Арзуканян А.В. Антибактериальная эффективность различных способов термической обработки корневых каналов зубов в подростковом возрасте. — *Стоматология детского возраста и профилактика*. — 2019; 3 (71): 32—36. [eLibrary ID: 41197092](#)
17. Волков А.Г., Даурова Ф.Ю., Дикопова Н.Ж., Томаева Д.И., Кодзаева Э.С., Арзуканян А.В. Обоснование применения диатермокоагуляции при эндодонтическом лечении зубов. — *Стоматология для всех*. — 2018; 4: 32—35. [eLibrary ID: 36552839](#)
18. Волков А.Г., Дикопова Н.Ж., Аманатиدي Г.Е., Волков Н.А., Никольская И.А., Еремин Д.А., Гусева О.Ю., Турсуматов Ж.А., Побожьева Л.В., Шевелюк Ю.В. Результаты частоты обнаружения гальванических пар металлических конструкций при заболеваниях слизистой оболочки рта. — *Медицинский алфавит*. — 2022; 7: 27—30. [eLibrary ID: 48779661](#)
19. Saygin D., Tabib T., et al. Transcriptional profiling of lung cell populations in idiopathic pulmonary arterial hypertension. — *Pulm Circ*. — 2020; 10 (1): 10. [PMID: 32166015](#)
20. Makeeva I.M., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Ruchkin D.N., Tala-laev E.G., Kocharyan A.M. Определение оптимальных параметров тока для проведения электроодонтодиагностики. — *Стоматология для всех*. — 2018; 2: 20—23. [eLibrary ID: 35235185](#)
21. Makeeva I.M., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Makarenko N.V. Определение электрохимических потенциалов в полости рта как способ диагностики гальванического синдрома, способствующего развитию заболеваний слизистой оболочки. — *Голова и шея*. — 2018; 1: 42—45. [eLibrary ID: 41304588](#)
22. Волков А.Г., Прикулс В.Ф., Дикопова Н.Ж., Носик А.С., Арзуканян А.В. Изучение влияния разных видов трансканального воздействия постоянным током на микрофлору корневых каналов. — *Стоматология*. — 2019; 2: 37—41. [eLibrary ID: 37785545](#)
23. Razumova S., Brago A., et al. Evaluation the relationship between mandibular molar root apices and mandibular canal among residents of the Moscow population using cone-beam computed tomography technique. — *Contemporary Clinical Dentistry*. — 2022; 13 (1): 3—8. [DOI: 10.4103/ccd.ccd\\_388\\_19](#)
24. Даурова Ф.Ю., Волков А.Г., Дикопова Н.Ж., Томаева Диана И., Кодзаева Э.С. Применение монополярной высокочастотной диатермокоагуляции при эндодонтическом лечении зубов. — *Российский стоматологический журнал*. — 2018; 2: 117—120. [eLibrary ID: 35419626](#)
13. Razumova S., Brago A., Kozlova Yu., Barakat H., Howijieh A. Evaluation the efficacy of Er: YAG laser in removing the smear layer during endodontic treatment. *Journal of International Dental and Medical Research*. 2021; 14 (3): 933—937.
14. Kopytov A.A., Kuzmina E.A., Borozentseva V.A., Razumova S.N., Brago A.S., Rokhoeva M.S. The effect of the quality of removal of temporary sealers from anatomically limited volumes of the root canal system on the quality of root canal obturation. *Medical alphabet*. 2022; 2: 11—16 (In Russ.). [eLibrary ID: 48289087](#)
15. Yefanov O.I., Tsaryov V.N., Volkov A.G., Nikolayeva Ye.N., Nosik Nosika., Dikopova N.Zh. The antibacterial efficacy of different kinds of transcanal direct current application. *Russian Journal of Dentistry*. 2008; 2: 38—42 (In Russ.). [eLibrary ID: 11576112](#)
16. Daurova F.Yu., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Nosik A.S., Tomaeva D.I., Kodzaeva E.S., Arzukanyan A.V. Antibacterial efficacy of various methods of heat treatment of root canals. *Pediatric Dentistry and Profilaxis*. 2019; 3 (71): 32—36 (In Russ.). [eLibrary ID: 41197092](#)
17. Volkov A.G., Daurova F.Yu., Dikopova N.J., Tomaeva D.I., Kodzaeva E.S., Arzukanyan A.V. Diathermocoagulation: substantiation of application in endodontic treatment. *International Dental Review*. 2018; 4: 32—35 (In Russ.). [eLibrary ID: 36552839](#)
18. Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Amanatidi G.E., Volkov N.A., Nikolskaya I.A., Eremin D.A., Guseva O.Yu., Tursumatov Zh.A., Pobozhieva L.V., Sheveluk Yu.V. The results of the frequency of detection of galvanic couple of metal structures in of the oral mucosal diseases. *Medical alphabet*. 2022; 7: 27—30 (In Russ.). [eLibrary ID: 48779661](#)
19. Saygin D., Tabib T., Bittar H.E.T., Valenzi E., Sembrat J., Chan S.Y., Rojas M., Lafyatis R. Transcriptional profiling of lung cell populations in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Pulm Circ*. 2020; 10 (1): 10. [PMID: 32166015](#)
20. Makeeva I.M., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Ruchkin D.N., Tala-laev E.G., Kocharyan A.M. The determination of optimal parameters of electric current for electric pulp testing. *International Dental Review*. 2018; 2: 20—23 (In Russ.). [eLibrary ID: 35235185](#)
21. Makeeva I.M., Volkov A.G., Dikopova N.Z., Makarenko N.V. The determination of electrochemical potentials in the oral cavity, as a way to diagnose galvanic syndrome, which contributes to the development of diseases of the mucous membrane. *Head and Neck*. 2018; 1: 42—45 (In Russ.). [eLibrary ID: 41304588](#)
22. Volkov A.G., Prikuls V.F., Dikopova N.Zh., Nosik A.S., Arzukanyan A.V. The study on the impact of various types of currents on root canal microbiota. *Stomatology*. 2019; 2: 37—41 (In Russ.). [eLibrary ID: 37785545](#)
23. Razumova S., Brago A., Howijieh A., Barakat H., Kozlova Yu., Razumov N. Evaluation the relationship between mandibular molar root apices and mandibular canal among residents of the Moscow population using cone-beam computed tomography technique. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2022; 13 (1): 3—8. [DOI: 10.4103/ccd.ccd\\_388\\_19](#)
24. Daurova F.Yu., Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Tomaeva Dianal., Kodzaeva E.S. Applying high frequency monopolar diathermocoagulation of the endodontic treatment of teeth. *Russian Journal of Dentistry*. 2018; 2: 117—120 (In Russ.). [eLibrary ID: 35419626](#)

25. Ефанов О.И., Волков А.Г., Носов В.В. Распределение меди и серебра в тканях корня зуба при апекс-форезе и степень проводимости корневого канала. — *Российский стоматологический журнал*. — 2008; 5: 7—10. [eLibrary ID: 11679017](#)
26. Ефанов О.И., Царев В.Н., Волков А.Г., Носик А.С., Дикопова Н.Ж., Шпилко А.Л., Третьяков А.А. Антибактериальное действие цинка при апекс-форезе. — *Российский стоматологический журнал*. — 2012; 1: 5—9. [eLibrary ID: 18112380](#)
27. Ефанов О.И., Волков А.Г. Эффективность и перспективы развития трансканальных воздействий постоянным током при лечении зубов с труднопроходимыми корневыми каналами. — *Ортодонтия*. — 2009; 3 (47): 32—37. [eLibrary ID: 18764684](#)
28. Волков А.Г., Дикопова Н.Ж., Шпилко А.Л. Трансканальные воздействия постоянным током и лазероманнитерапия при лечении зубов с труднопроходимыми корневыми каналами. — *Лазерная медицина*. — 2011; 2: 101-а. [eLibrary ID: 22628139](#)
29. Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Arzukanyan A.V., Kondratiev S.A., Paramonov Yu.O., Budina T.V., Tan H. Distribution of metal compounds in the tissues of the root of the tooth with apex-foreses (Iontophoresis of copper and silver). — *New Armenian Medical Journal*. — 2021; 1 (15): 59—66.
25. Yefanov O.I., Volkov A.G., Nosov V.V. The distribution of copper and silver in dental root tissues during apex-phoresis, and the degree of root canal permeability. *Russian Journal of Dentistry*. 2008; 5: 7—10 (In Russ.). [eLibrary ID: 11679017](#)
26. Efanov O.I., Tsarev V.N., Volkov A.G., Nosik A.S., Dikopova N.Zh., Shpilko A.L., Tret'yakov A.A. Antibacterial effects of zinc during apex-phoresis. *Russian Journal of Dentistry*. 2012; 1: 5—9 (In Russ.). [eLibrary ID: 18112380](#)
27. Efanov O.I., Volkov A.G. Efficiency and prospects of development of transchannel influences by a direct current at treatment of teeth with almost impassable root channels. *Orthodontics*. 2009; 3 (47): 32—37 (In Russ.). [eLibrary ID: 18764684](#)
28. Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Shpilko A.L. Transcanal direct current and laser-magnet therapy for treating teeth with difficult root canals. *Laser Medicine*. 2011; 2: 101-a (In Russ.). [eLibrary ID: 22628139](#)
29. Volkov A.G., Dikopova N.Zh., Arzukanyan A.V., Kondratiev S.A., Paramonov Yu.O., Budina T.V., Tan H. Distribution of metal compounds in the tissues of the root of the tooth with apex-foreses (Iontophoresis of copper and silver). *New Armenian Medical Journal*. 2021; 1 (15): 59—66.