

ГИГИЕНА HYGIENE

ВЛИЯНИЕ АНАВИДИНА НА *RHODOCOCCLUS QINGSHENGII* VKM AC-2784D В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСТОЧНИКА УГЛЕРОДА В СРЕДЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Маркова Ю.А. ¹,
Беловежец Л.А. ²,
Мориц А.С. ¹

¹ ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН (664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132, Россия)

² ФГБУН Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН (664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Маркова Юлия Александровна,
e-mail: juliam06@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Микроорганизмы обладают значительной пластичностью, поэтому эффективность применения дезинфицирующих средств обусловлена условиями их применения. Это связано с тем, что, в зависимости от условий их обитания, микроорганизмы могут обладать разной устойчивостью к одному и тому же действующему веществу.

Цель заключалась в исследовании действия препарата «Анавидин-Комплит» на рост и биоплёнообразование *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D в зависимости от источника углерода в среде культивирования.

Материалы и методы. В работе использовали *R. qingshengii* VKM Ac-2784D, исследования проводили на минеральной питательной среде 8E, в которую в качестве источника углерода вносили 0,5 % глюкозы, инозита или нафталина. «Анавидин-Комплит» применяли в конечной концентрации 0,08, 0,04, 0,02, 0,01 и 0,005 %. Рост и биоплёнообразование оценивали стандартными микробиологическими методами.

Результаты. Дезинфицирующий эффект «Анавидин-Комплита» на рост планктонной формы *R. qingshengii* VKM Ac-2784D зависит от источника углерода. Если в голодной среде культивирования все концентрации «Анавидин-Комплита» оказывали неблагоприятное воздействие на бактерии на всём протяжении эксперимента, то в присутствии глюкозы неблагоприятное влияние низких концентраций «Анавидин-Комплита» к концу эксперимента снижалось. В среде с нафталином, напротив, в первые-вторые сутки культивирования низкие концентрации «Анавидин-Комплита» оказывали стимулирующее действие. «Анавидин-Комплит» в зависимости от концентрации подавлял формирование биоплёнки на всех средах культивирования. При микроскопии биоплёнки в некоторых случаях были обнаружены плотные округлые образования, состоящие из нескольких слоёв клеток.

Заключение. Таким образом, для увеличения эффективности дезинфицирующих средств необходимо более глубокое изучение физиологического ответа микроорганизмов с учётом условий их обитания.

Ключевые слова: анавидин, питательные среды, *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D, скорость роста, биоплёнки

Статья получена: 17.03.2022

Статья принята: 02.06.2022

Статья опубликована: 05.07.2022

Для цитирования: Маркова Ю.А., Беловежец Л.А., Мориц А.С. Влияние анавидина на *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D в зависимости от источника углерода в среде культивирования. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(3): 38-46. doi: 10.29413/ABS.2022-7.3.5

THE EFFECT OF ANAVIDIN ON *RHODOCOCCUS QINGSHENGII* VKM AC-2784D DEPENDING ON THE CARBON SOURCE IN THE CULTIVATION MEDIUM

Markova Yu.A.¹,
Belovezhets L.A.²,
Morits A.S.¹

¹ Siberian Institute of Plant
Physiology and Biochemistry SB RAS
(Lermontova str. 132, Irkutsk 664033,
Russian Federation)

² A.E. Favorsky Irkutsk Institute
of Chemistry SB RAS (Favorskogo str. 1,
Irkutsk 664033, Russian Federation)

Corresponding author:
Yulia A. Markova,
e-mail: juliam06@mail.ru

ABSTRACT

Background. Microorganisms have significant plasticity, therefore, the effectiveness of the use of disinfectants is due to the conditions of their use. This is because microorganisms, depending on their habitat, may have different resistance to the same active substance.

The aim. To study the effect of Anavidin-Complit on the growth and biofilm formation of *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D, depending on the carbon source in the cultivation medium.

Materials and methods. *R. qingshengii* VK MAC-2784D was used in the work, the studies were carried out on a mineral nutrient medium 8E, into which 0.5 % glucose, inositol or naphthalene was added as a carbon source. Anavidin was used at a final concentration of 0.08, 0.04, 0.02, 0.01 and 0.005 %. Growth and biofilm formation were evaluated by standard microbiological methods.

Results. The disinfecting effect of Anavidin-Complit on the growth of the planktonic form of *R. qingshengii* VKMAC-2784D depends on the carbon source. If in a starvation cultivation medium, all concentrations of Anavidin-Complit had an adverse effect on bacteria throughout the experiment, then in the presence of glucose, the adverse effect of low concentrations of Anavidin-Complit decreased by the end of the experiment. In the medium with naphthalene, on the contrary, on the first or second day of cultivation, low concentrations of Anavidin-Complit had a stimulating effect. Anavidin-Complit, depending on the concentration, suppressed the formation of a biofilm on all cultivation media. Microscopy of the biofilm in some cases revealed dense rounded formations consisting of several layers of cells.

Conclusion. Thus, in order to increase the effectiveness of disinfectants, a deeper study of the physiological response of microorganisms is necessary, taking into account their living conditions.

Key words: anavidin, culture media, *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D, growth rate, biofilms

Received: 17.03.2022
Accepted: 02.06.2022
Published: 05.07.2022

For citation: Markova Yu.A., Belovezhets L.A., Morits A.S. The effect of Anavidin on *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D depending on the carbon source in the cultivation medium. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(3): 38-46. doi: 10.29413/ABS.2022-7.3.5

ВВЕДЕНИЕ

Анавидин (торговое название полигексаметиленгуанидин фосфата) относится к дезинфектантам на основе четвертичных аммониевых солей [1]. Он обладает антимикробной активностью в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, вирусов и грибов рода *Candida* [2]. Растворы модифицированного средства Анавидин («Анавидин-Комплит») образуют на поверхностях прозрачную малозаметную плёнку.

Дезинфицирующее действие Анавидина основано на бактерицидной активности гуанидиновых групп полимера. Механизм биоцидного действия включает его адсорбцию на поверхности клетки, диффузию, связывание с цитоплазматической мембраной и её разрыв, приводящий к гибели клетки [3].

Стандартный метод оценки эффективности дезинфектантов [4] не даёт полного понимания вариативности его воздействия в зависимости от физиологического состояния микроорганизма. В последние годы появилось много сообщений о том, что устойчивость бактерий к антибиотикам зависит от скорости их метаболизма [5]. Соединения, ускоряющие метаболизм микробной клетки, такие как глюкоза, фумаровая кислота и др., способствуют росту чувствительности. И напротив, соединения, замедляющие метаболизм, например, источники углерода, катаболизируемые через гликозилатный путь, способствуют росту резистентности.

Относительно дезинфектантов подобные исследования не проводились. В то же время, в естественных условиях микроорганизмы часто испытывают недостаток питательных веществ или используют альтернативные источники углерода. Поэтому, если эффективность действия дезинфектантов, так же как антибиотиков, связана с клеточным метаболизмом, то их влияние на бактериальную клетку *in vivo* может отличаться от результатов, полученных *in vitro*.

Таким образом, **цель данной работы** заключалась в исследовании действия препарата «Анавидин-Комплит» на рост и биоплёнокообразование *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D в зависимости от источника углерода в среде культивирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

R. qingshengii VKM Ac-2784D был выделен из ризоферы пырея ползучего (*Elytrigia repens*), произрастающего на нефтезагрязнённой территории Заларинского района Иркутской области [6]. Он входит в состав запатентованных препаратов для биоремедиации почв от нефти и защиты растений, произрастающих в неблагоприятных условиях [7, 8].

Эксперимент проводили в жидкой минеральной среде 8Е следующего состава (г/л): NH_4NO_3 – 1,0; MgCl_2 – 0,1; KH_2PO_4 – 3,0; K_2HPO_4 – 7,0; CaCO_3 – 1,0; pH 7,0. В качестве источника углерода вносили 0,5 % глюкозы (8ЕГ), инозита (8ЕИ) или нафталина (8ЕН). В каждый вариант среды вносили «Анавидин-Комплит» в конечной концентрации

0,08, 0,04, 0,02, 0,01 и 0,005 % и взвесь микроорганизмов, выращенных в течение 48 ч на скошенном агаре ГРМ (Оболонск, Россия) при 26 °С. Оптическая плотность суспензии клеток *R. qingshengii* VKM Ac-2784D в среде была 0,2 при $\lambda = 595$ нм. Контролем служила среда с бактериями без добавления Анавидина.

Среду культивирования с бактериями вносили в лунки пяти стерильных плоскостонных 96-луночных планшетов в объёме 150 мкл. Оптическую плотность (ОП) культуры и образование биоплёнки оценивали в одном и том же планшете. Для этого брали один из планшетов и измеряли оптическую плотность. Затем планшет отмывали водопроводной водой, чтобы удалить слабо прикреплённые клетки. Осадок окрашивали 1%-м раствором кристаллического фиолетового [9]. После 3-кратного промывания в лунки добавляли по 200 мкл 96%-го этанола. Степень образования биоплёнки соответствовала интенсивности окрашивания красителем содержимого лунок. Оптическую плотность бактериальной суспензии и уровень экстракции (абсорбции) кристаллического фиолетового этанолом измеряли с помощью планшетного ридера iMark («BioRad», США) при длине волны 595 нм в единицах оптической плотности (ед. ОП595).

Для визуализации биоплёнок в чашку Петри с 30 мл соответствующей питательной среды с «Анавидин-Комплитом» помещали стерильные обезжиренные покровные стекла. Через трое суток стекла вынимали, отмывали от слабо прикрепившихся клеток и окрашивали 1%-м раствором кристаллического фиолетового. Микроскопию проводили при увеличении $\times 100$ с использованием светового микроскопа Primo Star («Zeiss», Германия).

Статистическая обработка проводилась в программе RStudio. Достоверность различий оценивали с помощью непараметрического дисперсионного анализа Краскела – Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Род *Rhodococcus* объединяет преимущественно непатогенные микроорганизмы [10], однако для иммунокомпрометированных пациентов отдельные представители могут представлять угрозу и вызывать пневмонии, бактериемии и другие осложнения [11]. С другой стороны, биологическая близость к роду *Mycobacterium* и *Corynebacterium*, а также относительная лёгкость культивирования и высокая скорость роста делает родококк удобным модельным объектом.

Для изучения действия «Анавидин-Комплита» на родококк, культивируемый в средах с различными источниками углерода, использовали оптимальный (глюкозу) и два альтернативных (инозит и нафталин) источника. Четвёртый вариант опыта соответствовал наиболее неблагоприятным условиям и представлял собой безуглеродную минеральную среду 8Е.

Рост *R. qingshengii* VKM Ac-2784D в минеральной среде 8Е различался в зависимости от источника углерода (рис. 1). Наиболее медленным он был на среде с нафталином.

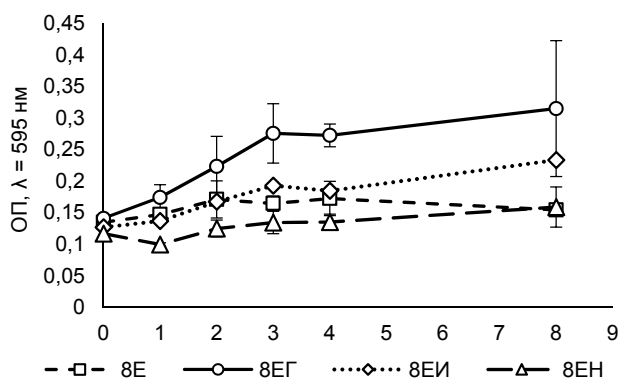


РИС. 1.

Кривые роста *R. qingshengii* VKM Ac-2784D, культивируемого в минеральной питательной среде 8E: 8E – среда без источника углерода; 8EG – питательная среда с 0,5%-м содержанием глюкозы; 8EI – питательная среда с 0,5%-м содержанием инозита; 8EH – питательная среда с 0,5%-м содержанием нафталина

FIG. 1.

Growth curves of *R. qingshengii* VKM Ac-2784D cultivated in 8E mineral nutrient medium: 8E – medium without carbon source; 8EG – nutrient medium with 0.5 % glucose; 8EI – nutrient medium with 0.5 % inositol; 8EH – nutrient medium with 0.5 % naphthalene

Влияние «Анавидин-Комплита» на рост бактерий существенно различалось в зависимости от источника углерода в среде культивирования (рис. 2а). В среде 8E без углерода высокие концентрации «Анавидин-Комплита» (0,08 и 0,04 %) действовали негативно на всём протяжении эксперимента. Более низкие концентрации также подавляли рост, однако статистически значимое влияние показано только для 0,01 % «Анавидин-Комплита» на вторые сутки культивирования, а также 0,02 и 0,01 % на четвёртые сутки.

При культивировании родококка на питательной среде с глюкозой в первые-вторые сутки «Анавидин-Комплит» также подавлял его рост. Однако на восьмые сутки ингибирующее воздействие на рост бактерий отмечалось только для 0,08%-го Анавидаина (рис. 2б).

На среде с инозитом все концентрации «Анавидин-Комплита» оказывали статистически значимое негативное влияние в первые (исключение – 0,005 %) и вторые (исключение – 0,01 и 0,005 %) сутки эксперимента. Интересно, что в этих условиях оптическая плотность суспензии бактерий была обратно пропорциональна содержанию «Анавидин-Комплита» (рис. 2в).

При выращивании бактерий на питательной среде с нафталином (рис. 2г) установлено, что «Анавидин-Комплит» в концентрациях 0,01 и 0,005 % оказывал статистически значимое стимулирующее действие на рост родококка в первые сутки культивирования. В отличие от 8EG и 8EI негативное воздействие на рост бактерий отмечено на восьмые сутки эксперимента (0,08, 0,04 и 0,005 %).

Одной из защитных стратегий выживания бактерий во внешней среде является биоплёнка. Она играет важную роль, в том числе и при контакте с антибиотиками или дезинфектантами [12, 13]. Поэтому одновременно

с оценкой действия «Анавидин-Комплита» на рост бактерий, мы оценивали его влияние на образование биоплёнок. Было установлено, что, независимо от природы источника углерода, формирование биоплёнок угнетается «Анавидин-Комплитом» прямо пропорционально его концентрации (рис. 3).

Данное наблюдение противоречит сведениям других авторов, согласно которым в ответ на обработку антибиотиками или дезинфектантами бактерии реагируют усиленным формированием биоплёнки [12]. Мы предполагаем, что это связано с гибелью части популяции бактерий, необходимой для инициации биоплёнкообразования, а также, вероятно, сорбцией «Анавидин-Комплита» в лунках планшета.

Микроскопия стёкол обрастания на третьи сутки культивирования показала, что морфология биоплёнки различается в зависимости от источника углерода и количества «Анавидин-Комплита» в среде (рис. 4). Во многих случаях внесение дезинфектанта приводило к формированию плотных глобулярных образований, как например, в голодной среде с 0,02 % «Анавидин-Комплита». Мы предполагаем, что такая форма биоплёнки защищает бактерии от его неблагоприятного действия. Морфология биоплёнок на среде с нафталином обладала ячеистой структурой. При этом в контрольных условиях они состояли из одного-трёх слоёв клеток, тогда как в присутствии «Анавидин-Комплита» они были более плотные. Вероятно, это связано с гидрофобностью нафталина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, дезинфицирующий эффект «Анавидин-Комплита» на рост планктонной формы родококка зависел от применяемого источника углерода. Если в голодной среде культивирования все концентрации «Анавидин-Комплита» оказывали неблагоприятное воздействие на бактерии на всём протяжении эксперимента, то в присутствии глюкозы неблагоприятное влияние низких концентраций «Анавидин-Комплита» к концу эксперимента снижалось. В среде с нафталином, напротив, в первые-вторые сутки культивирования низкие концентрации «Анавидин-Комплита» оказывали стимулирующее действие. Данный феномен требует дальнейшего изучения и связан, вероятно, с изменением клеточной стенки микроорганизма при его культивировании в присутствии гидрофобных соединений [10].

«Анавидин-Комплит» в зависимости от концентрации подавлял формирование биоплёнки на всех средах культивирования. При микроскопии биоплёнки в некоторых случаях были обнаружены плотные округлые образования, состоящие из нескольких слоёв клеток. Вероятно, данная форма является адаптивной и защищает от дезинфектанта.

Всё вышеизложенное свидетельствует, микроорганизмы, выживающие в разных условиях, могут различаться по уровню чувствительности к «Анавидин-Комплиту», что необходимо учитывать при его использовании в качестве дезинфектанта.

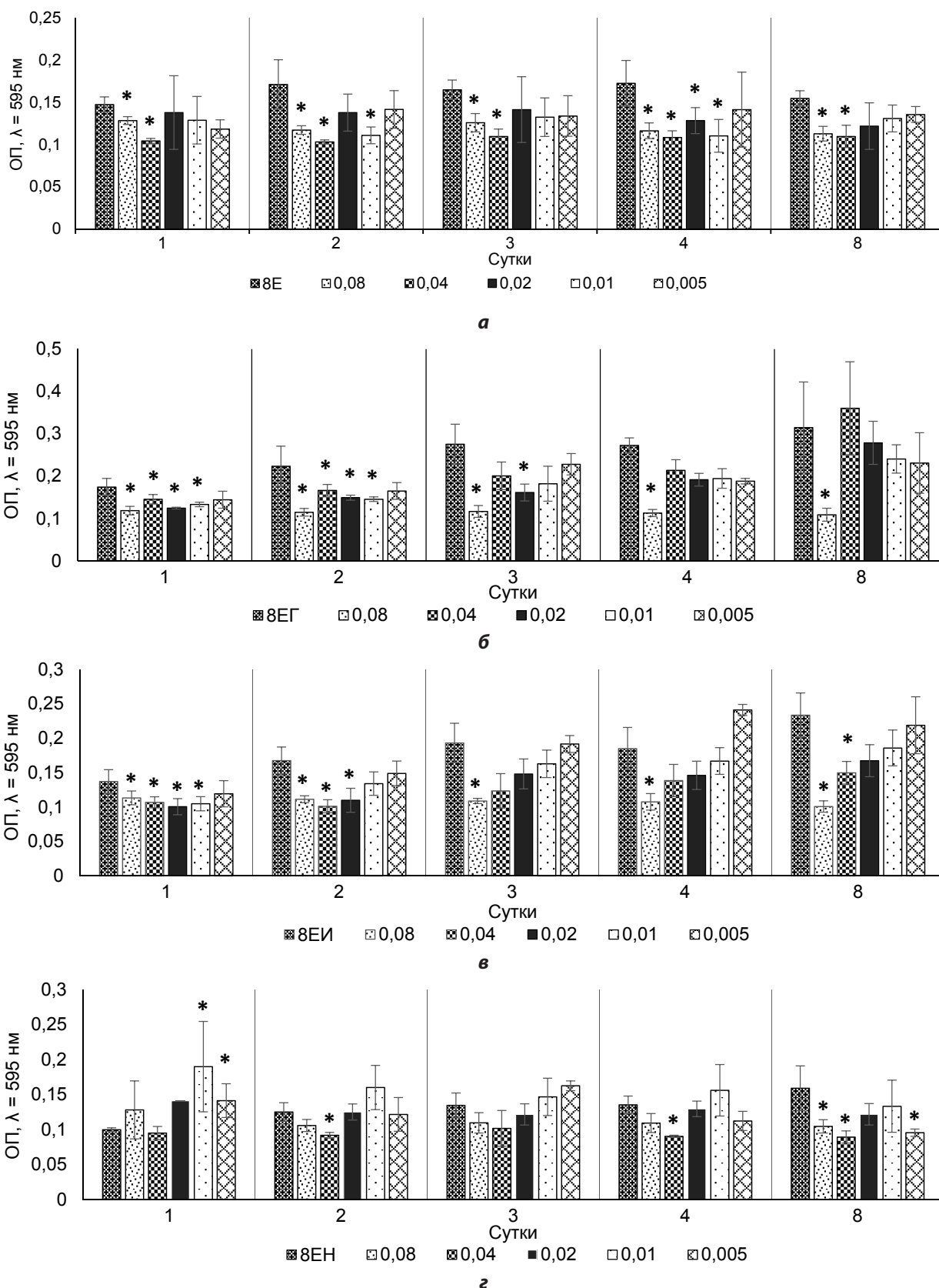


РИС. 2.

Действие «Анавидин-Комплит» на рост *R. qingshengii* VKM Ac-2784D, культивируемого на средах 8E с разным источником углерода: **а** – без источника углерода; **б** – 0,5 % глюкозы; **в** – 0,5 % инозита; **г** – 0,5 % нафталина; * – статистически значимые различия ($p < 0,05$)

FIG. 2.

Effect of “Anavidin-Complit” on the growth of *R. qingshengii* VKM Ac-2784D cultivated on 8E media with different carbon sources: **a** – no carbon source; **b** – 0.5 % glucose; **v** – 0.5 % inositol; **z** – 0.5 % naphthalene; * – significant differences ($p < 0.05$)

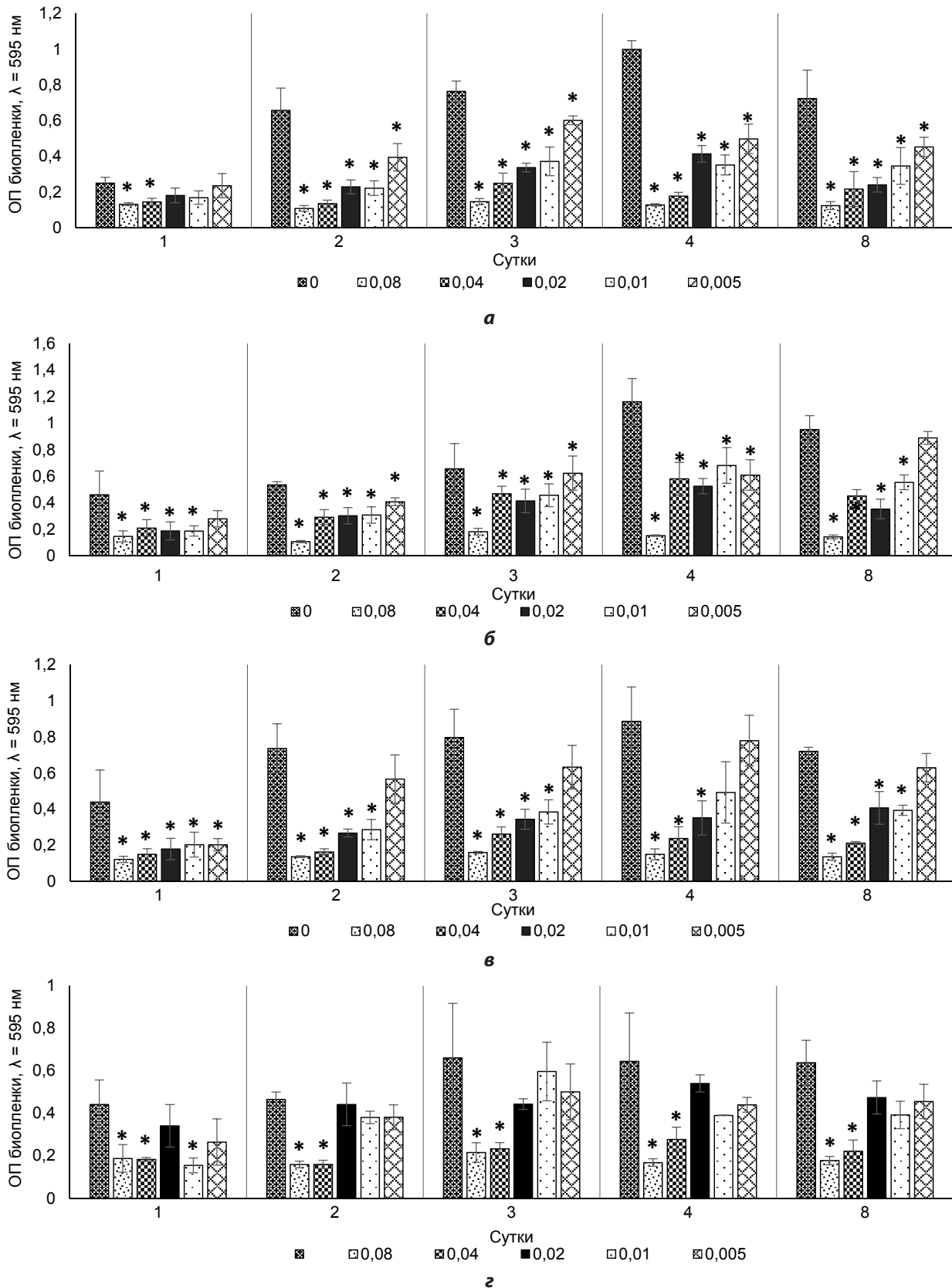


РИС. 3. Действие «Анавидин-Комплита» на образование биопленок *R. qingshengii* VKM Ac-2784D, культивируемого на средах с разным источником углерода: а – без источника углерода; б – 0,5 % глюкозы; в – 0,5 % инозита; г – 0,5 % нафталина; * – статистически значимые различия ($p < 0.05$)

FIG. 3. Effect of “Anavidin-Complit” on the formation of biofilms *R. qingshengii* VKM Ac-2784D, cultivated on media with different carbon sources: а – no carbon source; б – 0.5 % glucose; в – 0.5 % inositol; г – 0.5 % naphthalene; * – significant differences ($p < 0.05$)

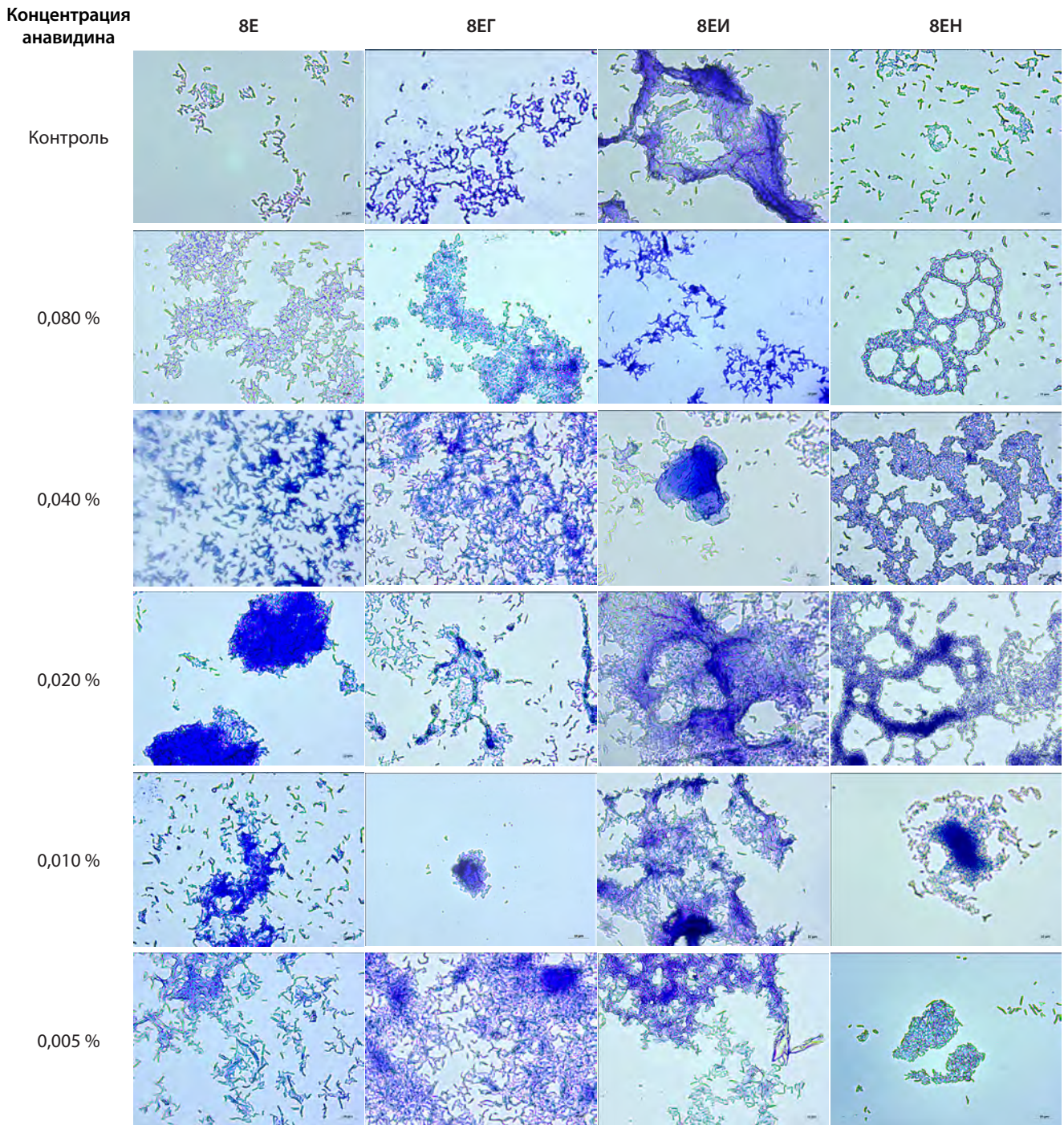


РИС. 4.
Микроскопия биоплёнок *R. qingshengii* VKM Ac-2784D на третьи сутки культивирования на питательных средах с разными источниками углерода в присутствии «Анавидин-Комплита» в концентрациях от 0,005 до 0,08 %

FIG. 4.
Microscopy of *R. qingshengii* VKM Ac-2784D biofilms, on the third day of cultivation on nutrient media with different carbon sources in the presence of "Anavidin-Complit" at concentrations from 0.005 to 0.08 %

Работа выполнена в рамках проекта под № государственной регистрации 121031300011-7.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Профессиональные дезинфицирующие средства и кожные антисептики «Анавидин®». URL: <https://anavidin.ru/> [дата доступа: 12.03.2022].
2. Шестопапов Н.В., Фёдорова Л.С., Левчук Н.Н., Белова А.С. Дезинфицирующие средства на основе полимерных произ-

водных гуанидина и способы совершенствования их свойств. *Дезинфекционное дело*. 2018; 3(105): 13-28.

3. Denyer SP, Stewart GS. Modes of action of disinfectants. *Int Biodeterior Biodegrad*. 1998; 41(3-4): 261-268. doi: 10.1016/S0964-8305(98)00023-7

4. ГОСТ 58151.4-2018. *Дезинфицирующие средства*. М.: Стандартинформ; 2018.

5. Deng W, Fu T, Zhang Z., Jiang X, Xie J, Sun H, et al. L-lysine potentiates aminoglycosides against *Acinetobacter baumannii* via regulation of proton motive force and antibiotics uptake. *Emerg Microbes Infect*. 2020; 9(1): 639-650. doi: 10.1080/22221751.2020.1740611

6. Третьякова М.С., Беловежец Л.А., Маркова Ю.А. Скрининг бактерий, ассоциированных с растениями, по способности деструктурировать компоненты нефти. *Системы. Методы. Технологии*. 2015; 4(28): 138-142.

7. Беловежец Л.А., Третьякова М.С., Маркова Ю.А. *Микробный препарат для биоремедиации почвы, загрязнённой нефтью и нефтепродуктами*: Патент № 2705290 Рос. Федерация; МПК C12N 1/26 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01); заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук. № 2019114526; заявл. 13.05.2019; опубл. 06.11.2019. 2019; (31).

8. Беловежец Л.А., Третьякова М.С., Маркова Ю.А. *Микробный препарат для защиты растений, произрастающих на нефтезагрязнённых почвах*: Патент № 2744094 Рос. Федерация; МПК МПК A01N 63/20 (2020.01), C12N 1/26 (2006.01), B09C 1/10 (2006.01), C12R 1/01 (2006.01); заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук. № 2020124773; заявл. 16.07.2020; опубл. 02.03.2021. 2021; (7).

9. Шагинян И.А., Данилина Г.А., Чернуха М.Ю., Алексеева Г.В., Битов А.Б. Формирование биопленок клиническими штаммами бактерий комплекса *Burkholderia cepacia* в зависимости от их фенотипических и генотипических характеристик. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 2007; (1): 3-9.

10. Ившина И.Б., Куюкина М.С., Каменских Т.Н., Криворучко А.В., Тюмина Е.А., Елькин А.А. *Углекислородоокисляющие родококки: особенности биологической организации под воздействием экополлютантов: атлас-монография*. Екатеринбург: УрО РАН; 2021.

11. Lin WV, Kruse RL, Yang K, Musher DM. Diagnosis and management of pulmonary infection due to *Rhodococcus equi*. *Clin Microbiol Infect*. 2019; 25(3): 310-315. doi: 10.1016/j.cmi.2018.04.033

12. Chylkova T, Cadena M, Ferreiro A, Pitesky M. Susceptibility of *Salmonella* biofilm and planktonic bacteria to common disinfectant agents used in poultry processing. *J Food Prot*. 2017; 80(7): 1072-1079. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-16-393

13. Hall CW, Mah TF. Molecular mechanisms of biofilm-based antibiotic resistance and tolerance in pathogenic bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*. 2017; 41(3): 276-301. doi: 10.1093/femsre/fux010

Microbiology Reviews. 2017; 41(3): 276-301. doi: 10.1093/femsre/fux010

REFERENCES

1. *Professional disinfectants and skin antiseptics "Anavidin"®*. URL: <https://anavidin.ru/> [date of access: 12.03.2022]. (In Russ.).

2. Shestopalov NV, Fedorova LS, Levchuk NN, Belova AS. Disinfectants based on polymer derivatives of guanidine and ways to improve their properties. *Disinfection Affairs*. 2018; 3(105): 13-28. (In Russ.).

3. Denyer SP, Stewart GS. Modes of action of disinfectants. *Int Biodeterior Biodegrad*. 1998; 41(3-4): 261-268. doi: 10.1016/S0964-8305(98)00023-7

4. ГОСТ 58151.4-2018. *Disinfectants*. Moscow: Standartinform; 2018. (In Russ.).

5. Deng W, Fu T, Zhang Z., Jiang X, Xie J, Sun H, et al. L-lysine potentiates aminoglycosides against *Acinetobacter baumannii* via regulation of proton motive force and antibiotics uptake. *Emerg Microbes Infect*. 2020; 9(1): 639-650. doi: 10.1080/22221751.2020.1740611

6. Tretyakova MS, Belovezhets LA, Markova YuA. Screening of bacteria associated with plants for the ability to destroy oil components. *Systems. Methods. Technologies*. 2015; 4(28): 138-142. (In Russ.).

7. Belovezhets LA, Tretyakova MS, Markova YuA. *Microbial preparation for bioremediation of soil contaminated with oil and petroleum products*: Patent No. 2705290 of the Russian Federation. 2019; (31). (In Russ.).

8. Belovezhets LA, Tretyakova MS, Markova YuA. *Microbial preparation for the protection of plants growing on oil-contaminated soils*: Patent No. 2744094 of the Russian Federation. 2021; (7). (In Russ.).

9. Shaginyan IA, Danilina GA, Chernukha MY, Alekseeva GV, Bitov AB. Formation of biofilms by clinical strains of *Burkholderia cepacia* complex bacteria depending on their phenotypic and genotypic characteristics. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2007; (1): 3-9. (In Russ.).

10. Ivshina IB, Kuyukina MS, Kamenskikh TN, Krivoruchko AV, Tyumina EA, Elkin AA. *Hydrocarbon-oxidizing rhodococci: Features of biological organization under the influence of eco-pollutants: atlas-monograph*. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2021. (In Russ.).

11. Lin WV, Kruse RL, Yang K, Musher DM. Diagnosis and management of pulmonary infection due to *Rhodococcus equi*. *Clin Microbiol Infect*. 2019; 25(3): 310-315. doi: 10.1016/j.cmi.2018.04.033

12. Chylkova T, Cadena M, Ferreiro A, Pitesky M. Susceptibility of *Salmonella* biofilm and planktonic bacteria to common disinfectant agents used in poultry processing. *J Food Prot*. 2017; 80(7): 1072-1079. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-16-393

13. Hall CW, Mah TF. Molecular mechanisms of biofilm-based antibiotic resistance and tolerance in pathogenic bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*. 2017; 41(3): 276-301. doi: 10.1093/femsre/fux010

Сведения об авторах

Маркова Юлия Александровна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией растительно-микробных взаимодействий, ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, e-mail: juliam06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7767-4204>

Беловежец Людмила Александровна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической биотехнологии, ФГБН Ирку́тский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, e-mail: lyu-sya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5922-3397>

Мориц Анна Сергеевна – ведущий инженер лаборатории растительно-микробных взаимодействий, ФГБН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, e-mail: aconitkaaco@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2266-3764>

Information about the authors

Yulia A. Markova – Dr. Sc. (Biol.), Head of the Laboratory of Plant-Microbial Interactions, Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, e-mail: juliam06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7767-4204>

Lyudmila A. Belovezhets – Dr. Sc. (Biol.), Leading Research Officer at the Laboratory of Ecological Biotechnology, A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS, e-mail: lyu-sya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5922-3397>

Ann S. Morits – Leading Engineer at the Laboratory of Plant-Microbial Interactions, Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, e-mail: aconitkaaco@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2266-3764>

Вклад авторов

Маркова Ю.А. – планирование эксперимента, анализ результатов, написание статьи.

Беловежец Л.А. – планирование эксперимента, анализ результатов, написание статьи.

Мориц А.С. – проведение эксперимента, учёт и анализ результатов.

Статья опубликована в рамках Второй Всероссийской научной конференции с международным участием «Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания».