

УДК 004.5

URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/bio_/hidden/1032.html

КАК РИСОВАТЬ МИКРООРГАНИЗМАМИ

А.К. Клименко¹

Klimanna2209@gmail.com

О.Б. Умекенова²

umekenova65@gmail.com

Н.В. Степанова³

stepanovanataliia.v@yandex.ru

SPIN-код: 2359-0942

¹ ГБОУ «Московская школа на Юго-Западе № 1543», Москва, Российская Федерация

² ЧОУ «Ступени», Москва, Российская Федерация

³ ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Российская Федерация

Живопись является одним из самых ярких примеров передачи информации поколениями, начиная от наскальных рисунков, заканчивая новым интересным видом живописи — рисование микроорганизмами. Создание картин микроорганизмами набирает все большую актуальность. Это живое искусство привлекает внимание всего мира, распространяясь от лабораторий до художественных галерей. Цель работы — изучить доступность и актуальность такого направления, как бактериальное искусство. Создание «живой» картины — это симбиоз науки и искусства. Изучая такую технологию, можно познать научные методы через искусство, а не по скучным учебникам. Наука и искусство служат создателями всего нового, толкая человека на невероятные открытия и свершения.

Ключевые слова: микробиология, бактерии, кишечная палочка, питательная среда LB, наука и искусство, бактериальное искусство, микробное искусство, агар-арт

Введение. Бактериальное (живое) искусство — новая область, в которой вместо краски используются различные штаммы бактерий, позволяя создавать динамичные произведения, которые меняются со временем. Этот новый способ художественного выражения может стать влиятельным образовательным инструментом, который поможет изменить популярное мнение о вреде микроорганизмов и расскажет о положительном вкладе бактерий в человеческое общество, экосистему и нашу планету.

Первооткрывателями мира микробов являются Антоний ван Левенгук (1632–1723), Роберт Гук (1625–1703), Луи Пастер (1822–1895) и Роберт Кох (1843–1910). Полученные ими результаты исследований и первоначальный интерес к микроорганизмам показали роль бактерий как возбудителей болезней, разрушителей сельского хозяйства, производств и продуктов питания. Однако за прошедшие годы ученые достигли более детального понимания микробов, и теперь точно установлено, что микроорганизмы необходимы для

широкого спектра важных биогеохимических процессов, а микробиота, связанная с человеком, глубоко важна для нормального функционирования органов кишечника, кожи и иммунной системы.

Научные учреждения описывают ценность микробов посредством публикаций, конференций и публичных заявлений, однако сложившееся в современном обществе мнение о бактериях как об антагонистах человека остается. Чтобы преодолеть этот разрыв, необходимы дополнительные инновационные формы информирования общественности о научных фактах. Одной из таких форм может стать универсальный язык искусства. Бактериальное искусство потенциально способно изменить парадигму, открыть диалог между двумя зачастую отдельными дисциплинами искусства и науки и, в конечном счете, помочь преодолеть разрыв между людьми и микробами [1].

Обзор литературы. *Древнее (доисторическое) бактериальное искусство.* Люди выражали себя через живопись на протяжении десятков тысяч лет. Например, самое древнее зарегистрированное произведение искусства, созданное неандертальцами около 65 000 лет назад, было создано на сталагмитах в Куэва-де-Ардалес на юге Испании [2]. Самые ранние свидетельства взаимосвязи между бактериями и искусством (более 46 тыс. лет назад) были связаны с наскальными рисунками австралийского Брэдшоу, также называемыми картинами Гвиона Гвиона (рис. 1, а), расположенными на песчаниках в северо-западном регионе Кимберли на западе Австралии [3].

Эти картины до сих пор живы, что необычно для наскальных рисунков, подвергающихся воздействию окружающей среды, в которой красочные пигменты обычно разрушаются со временем. В процессе исследования состава «краски» наскальных рисунков было обнаружено множество видов бактерий, а также других микроорганизмов (например, грибов). Биопленки, обнаруженные на рисунках, состоят из пигментированных микроорганизмов, которые в какой-то момент заменили более быстро разлагающуюся каменную краску, что позволило сохранить эти картины на протяжении тысячелетий [3]. Хотя создатели наскальных рисунков не знали, что микроорганизмы однажды продлят жизнь этим произведениям искусства до наших дней, это неожиданное взаимодействие между людьми и микробами дало нам возможность оценить ту часть истории, которая в противном случае была бы утеряна во времени.

Еще одним заслуживающим внимания примером пересечения микробов и искусства является каменный лак, который использовался в качестве холста для многих петроглифов народа Фремонт, жившего на западе Соединенных Штатов примерно с 200 по 1300 г. н. э. [4]. Фотосинтезирующие цианобактерии создают темную окраску, известную как «каменный лак». Люди использо-

вали эту биопленку в качестве холста для наскальных рисунков, сохраняя ее от окружающей среды пустыни на протяжении веков (см. рис. 1, б).

Еще одним заслуживающим внимания примером пересечения микробов и искусства является каменный лак, который использовался в качестве холста для многих петроглифов народа Фремонт, жившего на западе Соединенных Штатов примерно с 200 по 1300 г. н. э. [4]. Фотосинтезирующие цианобактерии создают темную окраску, известную как «каменный лак». Люди использовали эту биопленку в качестве холста для наскальных рисунков, сохраняя ее от окружающей среды пустыни на протяжении веков (см. рис. 1, б).

Самое раннее зарегистрированное прямое использование пигментированных бактерий в искусстве было зафиксировано коренными жителями озера Бэбин в Британской Колумбии около 5 тыс. лет назад (рис. 1, в) [1].



Рис. 1. Древнейшее художественное взаимодействие человека и микробов [3]:

а — наскальные рисунки Гвиона Гвиона, сохранившиеся благодаря микробной активности примерно 46–70 тыс. лет назад, Кимберли, Австралия (фонд); *б* — петроглифы, выгравированные на микробном черном «каменном лаке», Национальный парк динозавров, США; *в* — наскальные рисунки с использованием микробной охры, около 5 тыс. лет назад, Британская Колумбия, Канада

Рождение современного бактериального искусства. Первое бактериальное искусство, созданное путем целенаправленного использования микробов и их пигментов для художественного выражения, было создано Александром Флемингом, который произвел революцию в медицине, открыв антибиотик пенициллин в 1928 г. [5]. Флеминг был творческим ученым, искавшим новые методологии, чтобы выразить свой интерес к микробам. Флеминг обладал художественным взглядом и творческим подходом, которые не только способствовали его открытиям, но и позволили ему создавать визуальные изображения для образования. В 1928 г., культивируя стафилококки, Флеминг нашел статью, в которой описывалось, как можно оценить вирулентность по пигментации, что послужило катализатором изменений в его научных работах.

Пытаясь разработать методы сохранения и демонстрации плесени *Penicillium* из своей лаборатории, Флеминг создал «медальоны из плесени» в качестве символических подарков. Образцы плесени *Penicillium* инокулировали на диски из промокательной бумаги или целлофана, которые затем помещали между двумя линзами для сохранения и безопасного показа [1, 5]. Медальоны были вручены известным деятелям, таким как королева Англии Елизавета II, Уинстон Черчилль и Франклин Рузвельт. Эти медальоны являются первыми известными образцами грибного искусства, которые служат результатом пересечения областей искусства и науки (рис. 2, а).

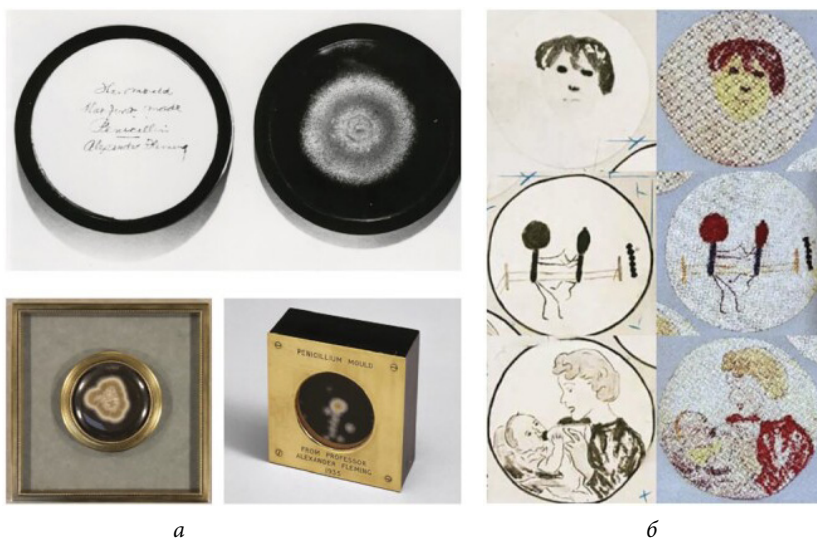


Рис. 2. Первые известные образцы микробного искусства Александра Флеминга:

а — медальоны из плесени; б — на промокательной бумаге, пропитанной питательными веществами (левая панель), были зарисованы микробы, а затем инкубированы, чтобы выявить их естественные цвета (правая панель) (1920-е годы) [1]

Примечательно, что Флеминг также разработал, возможно, первое в мире бактериальное искусство, начиная примерно с 1920-х годов до своей смерти в 1955 г. Флеминг создавал бактериальное искусство на промокательной бумаге с начерченным заранее изображением, которую погружал лицевой стороной вниз в питательный агар, позволяя бумаге поглощать некоторые питательные вещества питательной среды. Затем Флеминг наносил бактерии с различной пигментацией на изображение, которое он рисовал на пропитанной питательными веществами бумаге. Бактериальные картины были инкубированы, обнажив изображение, и зафиксированы слоем паров метанола [5], в результате чего появились первые задокументированные примеры произведений искусства, намеренно созданных с использованием бактерий (рис. 2, б). Флеминг присутствовал на II Международном конгрессе по микробиологии в Лондоне в 1936 г., где он представил краткий технический доклад о бактериальном искусстве в дополнение к двум другим статьям о своих научных открытиях [1].

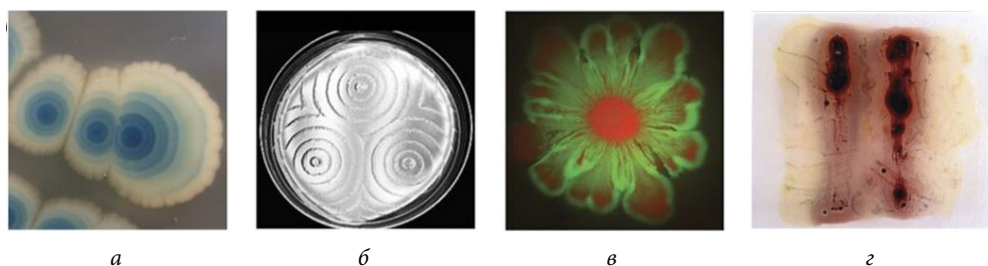


Рис. 3. Естественные узоры бактерий:

а — *Escherichia coli*, экспрессирующая фермент LacZ; *б* — три колонии одного штамма *Proteus mirabilis*, сходящиеся на чашке Петри; *в* — смесь двух бактерий, *Acinetobacter baylyi* (красный) и *E. coli* (зеленый), инокулируется в середину чашки Петри, в результате чего образуются цветкообразные колонии; *г* — *E. coli*, выращенная на агаре с X-Gal и окрашенная нейтральным красным п-2880, синтетической смолой на акриловой пластинке, 1992 г., Дэвид Кремерс [1]

С рождением биоарта (искусство, вдохновленное биологией и/или созданное с использованием живых организмов или их компонентов) использование микробов в искусстве начало привлекать гораздо больше внимания. В то время одни ученые создавали изображения сложных и ярких узоров (рис. 3), образованных бактериями, с основной целью научных исследований. Другие, например, Дэвид Кремерс, подходили к микробной жизни с чисто эстетической точки зрения. Кремерс углубился в область бактериального искусства со своей коллекцией Somite Series в 1992 г. [6]. Он использовал генно-инженерную кишечную палочку, производящую хромогенные белки, и рисовал цветными бактериями на прозрачном акриле. Кремерс использовал этот

метод для изображения поперечных сечений эмбрионов [1], в том числе для своей работы «Параксиальная мезодерма» из серии «Сомиты» (рис. 4), которая была представлена в рамках выставки «Рай сейчас» в 2000 г. [7]. Целью этой выставки было изобразить различные социальные и политические проблемы, возникшие в связи с возросшими возможностями биотехнологии. Выставка стала поворотным моментом в зарождении области биоискусства [8], поскольку она еще больше продвинула эту область как в академической, так и в социальной сфере [9]. В последующие годы использование живых организмов в искусстве, особенно тех, которые были подвергнуты генетическим манипуляциям, захватило воображение публики и приветствовало эпоху бактериального искусства.

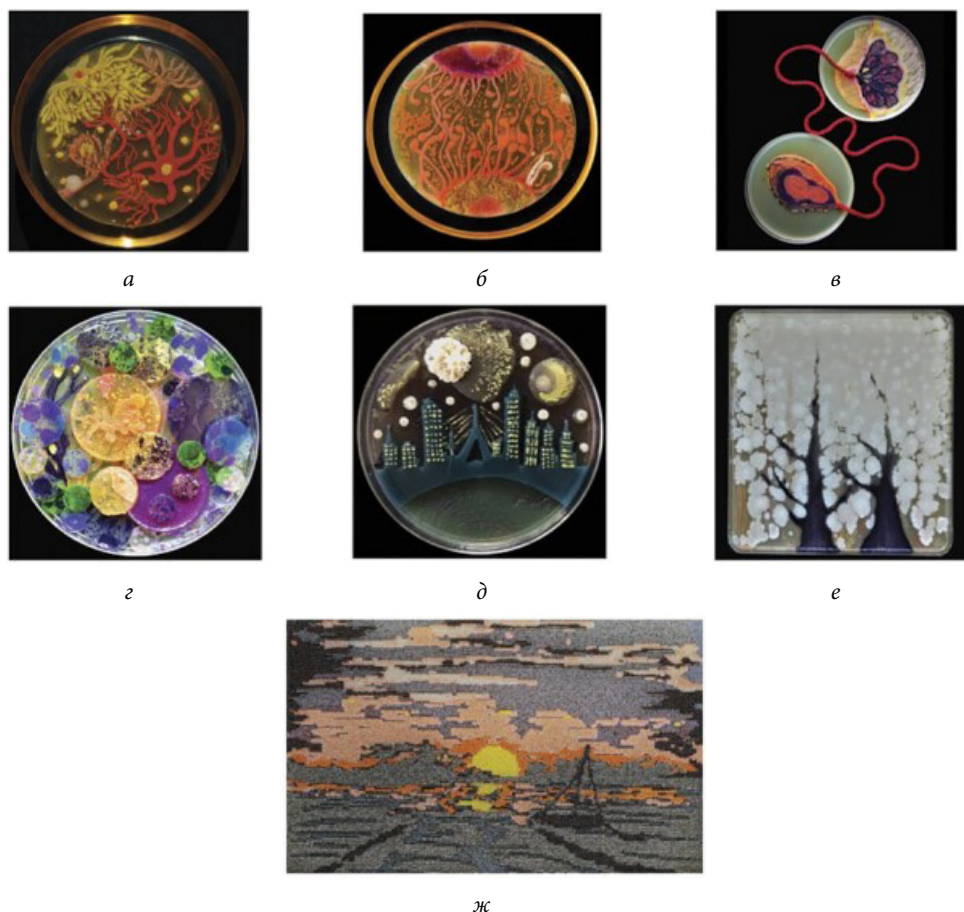


Рис. 4. Агар-арт: примеры красочных бактерий, художественно нанесенных на агар:
а — «Клетка к клетке» (2015); б — «Нейроны» (2015); в — «Питание» (2018); г — «Остатки» (2019);
д — «Горизонт Бостона» (2019); е — «Сюрприз с бациллами» (2017); ж — «Закат в конце» (2016)

Бактериальное искусство приобрело мировую популярность, когда в 2015 г. Американское общество микробиологии (ASM) организовало первый конкурс искусств на агаре ASM. С тех пор концепция объединения студентов и общественности с целью насладиться красотой бактерий приобрела глобальную популярность. Многие научные общества, университеты, общественные лаборатории (BosLab, GeneSpace), выставки (Liberty Science Center, The Eden Project и Гарвардский музей естественной истории) и школы организовывали мероприятия по агар-арту (см. рис. 4) [1].

Конкурс ASM придал импульс бактериальному искусству и вывел эту дисциплину в сферу глобального внимания. Конкурс и вышеупомянутые работы-победители имели огромный охват и стали платформой для микробного искусства, поскольку люди со всего мира принимали участие в процессе создания искусства с использованием живых микробов [10]. По мере развития этой дисциплины люди, создающие бактериальное искусство, разработали новые и более сложные методы создания произведений искусства с живыми бактериями [1].

Материалы и методы. В качестве красок были использованы бактерии *E. coli*: белого (без трансформаций), желтого (с экспрессией белка Green fluorescent protein (GFP)), оранжевого (с экспрессией β -каротина).

Подготовительная часть состояла из следующих этапов.

1. Заранее готовили питательную среду LB (Лурия — Бергани). Для этого градуированный стакан ставили на магнитную мешалку, добавляли все перечисленные компоненты (триптон — 10 г/л; дрожжевой экстракт — 5 г/л; NaCl — 10 г/л), кроме агара, заливали водой объемом меньше необходимого конечного и перемешивали до полного растворения веществ. Затем добавляли воду до отметки необходимого конечного объема, перемешивали в течение 1...2 мин. Агар с концентрацией 8 г/л заранее добавляли в бутылки в количестве, зависящем от объема, который планировали для каждой отдельно взятой бутылки. Бутылки с готовой средой автоклавились при температуре 121 °C в течение 20 мин.

2. В условиях ламинар-бокса в охлажденную до температуры 44...48 °C среду (либо сразу после автоклавирования, либо расплавленную в условиях микроволновой печи) добавляли необходимые (ампициллин Amp 100 мг/л) антибиотики и разливали по чашкам Петри. Оставляли их приоткрытыми в направлении пламени горелки до полного застывания питательной среды, после чего закрывали и заматывали пленкой Parafilm.

3. Проводили посев микроорганизмов, используя посев штрихом. При посеве штрихом стерильной петлей брали каплю исследуемого материала (одну колонию бактерий) и наносили его параллельными штрихами на поверхность агара в чашке Петри.

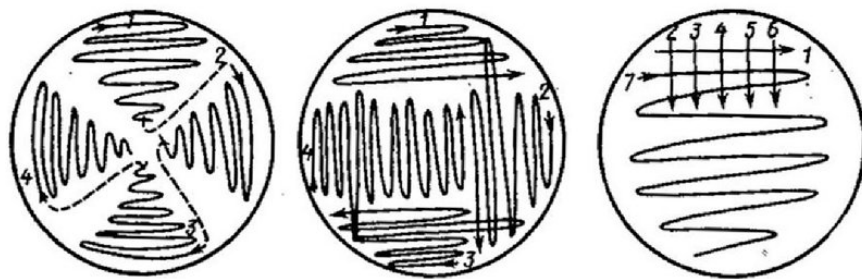


Рис. 5. Схема рассева культуры микроорганизмов на поверхность плотной питательной среды петлей

4. Чашки Петри с культурами оставляли в термостате при температуре $+37^{\circ}\text{C}$ на 2–3 суток для роста микроорганизмов.

За сутки до рисования в автоклавированную жидкую питательную среду LB (все компоненты, кроме агара) добавляли антибиотики, необходимые для роста микроорганизмов (ампициллин Amp 100 мг/л), разливали по пробиркам типа Фалькон и оставляли на ночь (около 16 ч) в термостате при температуре $+37^{\circ}\text{C}$ 160...180 об/мин.

Рисование осуществляли в следующем порядке.

1. Вначале подготавливался образец будущего рисунка на листе бумага с очерченным кругом размерами с дно чашки Петри.

2. Затем, обработав руки и трафарет антисептиком, садились вместе с руководителем в ламинар-бокс. Начинали рисовать микроорганизмами с помощью микробиологической петли, прожигая петлю при смене цвета (бактерии).

3. После завершения рисунка чашку Петри подписывали и заматывали пленкой Parafilm.

4. Все чашки Петри с рисунками ставили в термостат при температуре $+37^{\circ}\text{C}$ на 3–4 суток. После этого фотографировали получившуюся картину.

Результаты. Было проведено несколько экспериментов по созданию биоарт-произведений. В процессе создания и первой «пробы пера» были выбраны достаточно простые формы (рис. 6).

В результате были получены рисунки «Бабочка» и «Божья коровка» (рис. 7).

Совершенствуя мастерство рисования микроорганизмами, удалось достичь следующих результатов в виде картин «Сердца», «Дракон», «Лошадь», «Кошка», «Бабочка», «Атом» (рис. 8).

Заключение. По мере того как научные технологии продолжают развиваться, будет развиваться и область бактериального искусства, поскольку мы узнаем больше о том, как манипулировать видами микробов и взаимодействовать с ними. У ученых и художников есть много неисследованных и не-

достаточно изученных возможностей вывести эту технику за рамки ее нынешней формы. Технические разработки необходимы для дальнейшего развития этой области и ее безопасного предоставления общественности. С этой целью чашки с агаром с бактериями можно загерметизировать эпоксидной смолой для безопасного обращения и длительного хранения. Однако биологические цвета бактерий со временем тускнеют из-за сочетания воздействия ультрафиолетового излучения и биологического разложения. Улучшения в защите пластин от ультрафиолетового солнечного света и сохранении ярких цветов живых бактерий на пластинах остаются важной технической задачей.



Рис. 6. Первая работа за ламинар-боксом по созданию рисунков бактериями



Рис. 7. Первые созданные авторами статьи картины из микроорганизмов



Рис. 8. Фотографии последних работ, созданных авторами этой статьи

Область бактериального искусства до сих пор пребывает в зачаточном состоянии и имеет большой потенциал для изучения и инноваций, чего можно достичь только путем заполнения пробелов в институциональной поддержке, финансировании и участии общественности.

Литература

- [1] Frankel E. et al. Bridging the gap with bacterial art. *FEMS Microbiology Letters*, 2023. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnad025>
- [2] Pitarch Martí A. et al. The symbolic role of the underground world among Middle Paleolithic Neanderthals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, vol. 118, no. 33, art. e2021495118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2021495118>
- [3] Pettigrew J. Iconography in Bradshaw rock art: breaking the circularity. *Clinical and Experimental Optometry*, 2011, vol. 94, no. 5, pp. 403–417. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2011.00648.x>
- [4] Lingappa U. F. et al. An ecophysiological explanation for manganese enrichment in rock varnish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, vol. 118, no. 25, art. e2025188118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2025188118>
- [5] Brown K. *Penicillin man. Alexander Fleming and the antibiotic revolution*. Stroud, Sutton Publishing, 2004, 137 p.

- [6] Kremers D. *The Delbrück Paradox. Genetic Art-Artificial Life*. PVS Verleger, 1993, pp. 312–315.
- [7] Holden C. Fusing art and life. *Science*, 2000, vol. 289, no. 5485, 1679 p. EDN: DIUFHB
- [8] Tanne J.H. Paradise Now: picturing the genetic revolution. *BMJ: British Medical Journal*, 2000, vol. 321, no. 7265, 903 p.
- [9] Yetisen A.K. et al. Bioart. *Trends in biotechnology*, 2015, vol. 33, no. 12, pp. 724–734. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.09.011>
- [10] Barras F. Art and microbiology: encounters of the third type. *Environmental Microbiology Reports*, 2019, vol. 11, no. 1. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12717>

Поступила в редакцию 25.05.2024

Клименко Анна Константиновна — ученица 7-го класса ГБОУ «Московская школа на Юго-Западе № 1543», Москва, Российская Федерация.

Умекенова Орынбасар Бейсембаевна — учитель географии и биологии ЧОУ «Ступени», Москва, Российская Федерация.

Степанова Наталия Вячеславовна — младший научный сотрудник ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Клименко А.К., Умекенова О.Б., Степанова Н.В. Как рисовать микроорганизмами. *Политехнический молодежный журнал*, 2025, № 02 (97). URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/bio_/hidden/1032.html

HOW TO DRAW WITH MICROORGANISMS

A.K. Klimenko¹

Klimanna2209@gmail.com

O.B. Umekenova²

umekenova65@gmail.com

N.V. Stepanova³

stepanovanataliia.v@yandex.ru

SPIN-code: 2359-0942

¹ *State Budgetary General Education Institution "Moscow School in the South-West No. 1543", Moscow, Russian Federation*

² *Private Educational Institution "Stupeni", Moscow, Russian Federation*

³ *Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences*

Painting is one of the most striking examples in transferring information from generation to generation, from the cave paintings to a new interesting type of painting, i. e. painting with the microorganisms. Creation of paintings with the microorganisms is becoming increasingly relevant. This live art attracts attention of the whole world, and spreads from laboratories to the art galleries. The purpose of this work is to study availability and relevance of such area as the bacterial art. Creation of a live picture is a symbiosis of science and art. Studying this technology makes it possible to learn scientific methods through art, and not from the boring textbooks. Science and art serve as creators of everything new and push a person to the incredible discoveries and achievements.

Keywords: microbiology, bacteria, E. coli, LB nutrient medium, science and art, bacterial art, microbial art, agar art

Received 25.05.2024

Klimenko A.K. — 7th Grade Student, State Budgetary General Education Institution "Moscow School in the South-West No. 1543", Moscow, Russian Federation.

Umekenova O.B. — Teacher of Geography and Biology, Private Educational Institution "Stupeni", Moscow, Russian Federation.

Stepanova N.V. — Junior Researcher, Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Klimenko A.K., Umekenova O.B., Stepanova N.V. How to draw with microorganisms. *Politekhicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2025, no. 02 (97). (In Russ.). URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/bio_/hidden/1032.html