

## ЭКОЛОГИЯ

УДК: 574.64+ 628.161.1

**ОЦЕНКА СВОЙСТВ ФЕРРАТА КАЛИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ, МЕТОДОМ БАКТЕРИАЛЬНОГО БИОТЕСТИРОВАНИЯ****А.П. Зарубина<sup>1</sup>, Ю.Д. Перфильев<sup>2</sup>, Е.В. Сорокина<sup>1,\*</sup>, А.И. Нетрусов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Кафедра микробиологии, биологический факультет, Московский государственный имени М.В. Ломоносова; 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12;

<sup>2</sup> кафедра радиохимии, химический факультет, Московский государственный имени М.В. Ломоносова; 119234, г. Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 10

\*e-mail: sorokina\_ev77@mail.ru

Биотестированием на модели бактериальной люминесценции в течение 30 мин исследованы характеристики четырёх природных образцов воды городской и сельской среды и эффективность их очистки новым реагентом — ферратом калия  $K_2FeO_4$ . Выявлено, что два образца воды, взятых в городской местности, были токсичны, а два других (один из городской и один из сельской среды) — нетоксичны. Многочисленные данные по нарастанию показателя индекса токсичности во времени, полученные этим методом, позволили судить о химической природе веществ, содержащихся в исследуемых образцах воды. Токсичные природные образцы воды, вероятно, содержали тяжёлые металлы и хорошо очищались ферратом калия, одним из механизмов действия которого является их адсорбция. В нетоксичных исследуемых природных образцах воды при внесении в них феррата калия, вероятно, были образованы токсичные комплексы с органическими соединениями, содержащимися в воде. Данные ориентируют на дальнейшие исследования свойств феррата калия при комплексообразовании его с органическими соединениями. Биотестирование на основе бактериальной люминесценции является перспективным экспресс — методом для оценки свойств различных источников воды (их интегральной токсичности и предположительного химического состава), а также характеристик новых реагентов для их очистки (эффективных концентраций, бактерицидности и механизмов действия во взаимосвязи с тяжёлыми металлами и органическими веществами воды).

**Ключевые слова:** биотестирование, бактериальная люминесценция, реагент очистки воды, феррат калия, токсичность воды.

Очистка как питьевой, так и промышленно-технической (отходы производства тяжёлых металлов, промышленные аварии, природные катаклизмы и пр.) воды является научной и практической проблемой. Широко используют биологические методы очистки воды от биоразлагаемых органических веществ, соединений азота, фосфора, серы и др., но они недостаточно активны при загрязнении грунтовых вод диоксинами и их производными, фосфонатными пестицидами, добавками к бензину и т.д. [1]. На биологических станциях очистки воды не всегда подвергаются уничтожению микроорганизмы, компоненты средств гигиены человека, бытовой химии, фармацевтических препаратов и проч. Они представляют опасность, обладая патогенным, канцерогенным или мутагенным действием. Для очистки воды используют хлор, гипохлорит натрия, диоксид хлора, озон, перекись водорода, реактив Фентона и др. Одни из них загрязняют окружающую среду хлором, другие могут приводить к образованию более токсичных продуктов, чем исходные поллютанты, а газообразные окислители ограничены объемами источников воды. Перспективным методом очистки воды является применение ферратов, щелочных металлов много-

функционального действия [2]. Ферраты (VI), обладая окисляющим и дезинфицирующим действием, разлагают многие токсичные химические вещества до малотоксичных продуктов и вызывают гибель микроорганизмов. Продуктом разложения ферратов в растворе является малотоксичный гидроксид железа, который выделяется в виде коллоидных агрегатов с очень развитой поверхностью, адсорбирующих ионы тяжелых металлов и частицы органических остатков. Их коагулирующее действие обеспечивает дополнительную очистку воды путём сорбции многих поллютантов. Эффективность ферратов для очистки воды показана на примере таких промышленных отходов, как сероводород, аммиак, цианиды и тиоцианаты, тиоацетамид и тиомочевина и др. В настоящее время активно проводятся исследования физико-химических свойств ферратов (VI) и синтезируются новые препараты, в частности, феррат калия [3, 4]. Для разработки технологии применения ферратов в целях очистки воды в промышленном масштабе принципиально важна характеристика их токсикологических свойств с выбором удобных объектов биотестирования. В связи с этим метод биотестирования на основе бактериальной люминесценции успешно зареко-

мендовал себя в экспресс-оценке действия физических факторов, химических веществ и их смесей, в экологическом мониторинге объектов окружающей среды [5–7].

В данной работе на примере образцов воды городской и сельской среды с использованием экспресс-метода на основе бактериальной люминесценции исследованы некоторые свойства реагента химической очистки воды, феррата калия —  $K_2FeO_4$  (эффективные концентрации, предположительный механизм взаимодействия с природными загрязнителями воды, бактерицидные свойства).

### Материалы и методы

Биотестирование осуществляли с использованием генно-инженерного штамма *Escherichia coli* K12 TG1 с созданным светящимся фенотипом, обеспеченным встроенным lux-опероном морских светящихся бактерий *Photobacterium leiognathi* 54D10. Штамм получен и хранится на кафедре микробиологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и известен как биосенсор тест-системы “Эколом-06” [8]. В биотестировании использовали лиофильновысушенные клетки бактерий после регидратации в течение 30 мин в 10 мл охлажденной стерильной дистиллированной воды (рН 7,4) и разведении до стандартных суспензий.

Плотность бактериальных суспензий определяли нефелометрически ( $\lambda = 670$  нм) на фотоколориметре KF77 (Польша) и выражали числом клеток в 1 мл (кл/мл) на калибровочной кривой.

Определение рН водных образцов осуществляли потенциометрически.

Используемый реагент для очистки воды феррат калия получен в лаборатории ядерно-химических методов кафедры радиохимии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, содержание  $K_2FeO_4 > 95\%$  [3].

Природные образцы воды отбирали из сельских и городских источников в ранний весенний период: 1 — исходный образец воды из реки Десны в бассейне реки Москвы и аналогичный образец воды после внесения феррата калия до концентрации 21,6 мкг/мл; 2 — исходный образец воды из ручья на суглинистой почве в Хорошевском районе города Москвы, 2 — аналогичный образец воды после внесения феррата калия до концентрации 44,8 мкг/мл; 3 — исходный образец воды из ручья в чернозёмном сельском районе около города Истра, 3 — аналогичный образец воды после внесения феррата калия в концентрации 32 мкг/мл; 4а — исходный образец смеси снега и воды, взятый в районе МГУ имени М.В. Ломоносова, 4б — аналогичный образец воды после внесения феррата калия в концентрации 51,2 мкг/мл. Образцы тщательно перемешивали и до биотестирования хранили в течение двух недель при комнатной температуре (18–20°C). Выбор природных водных образцов, время их хранения и использование концентраций феррата калия для обработки выбраны произ-

вольно. При этом исходили из возможности оценить эффективность вносимых концентраций и стабильность бактерицидных свойств реагента очистки воды.

Интенсивность свечения бактерий (в имп/сек) регистрировали с помощью люминометра “Биотокс-6МС” (Россия).

Измерение интегральной токсичности исходных образцов воды и аналогичных параллельных образцов воды с ферратом калия после их одинакового хранения проводили при комнатной температуре (20°C) в течение 5, 15 и 30 мин. В пробирки (объёмом 1,5 мл) наливали 0,1 мл суспензии клеток бактерий и 0,9 мл исследуемого раствора воды. В исследуемые и контрольные образцы вносили  $6,5 \cdot 10^7$  клеток биосенсора/мл.

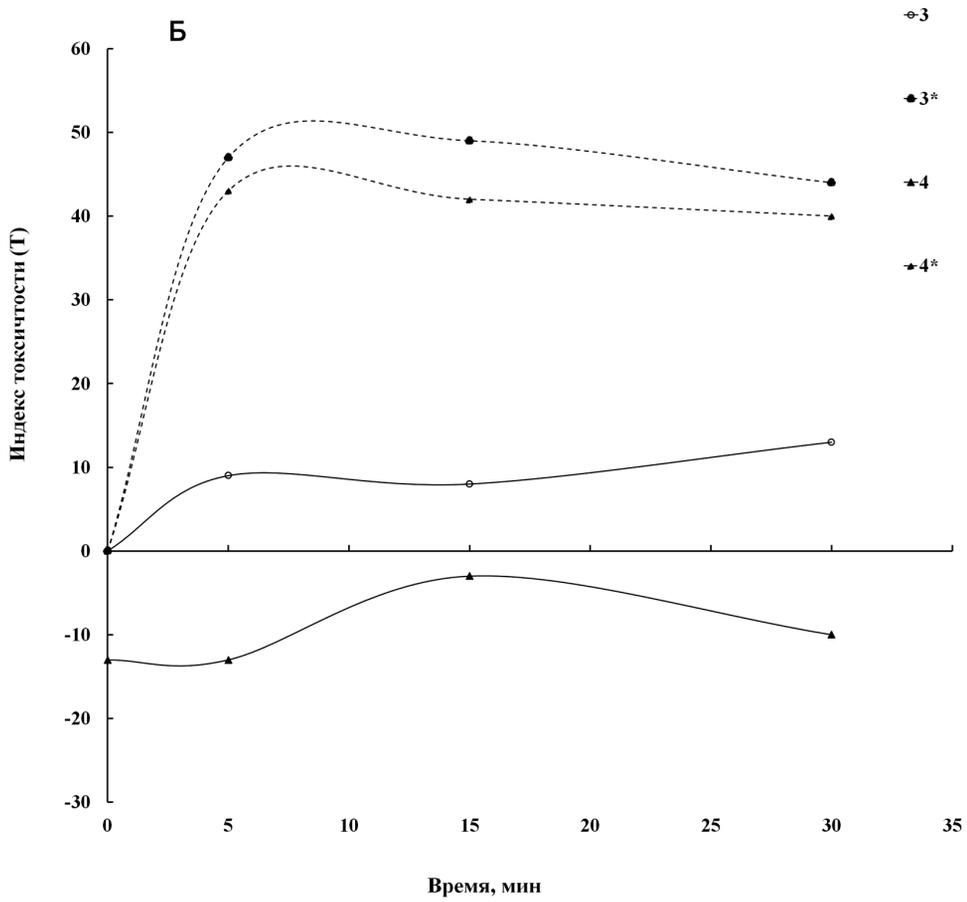
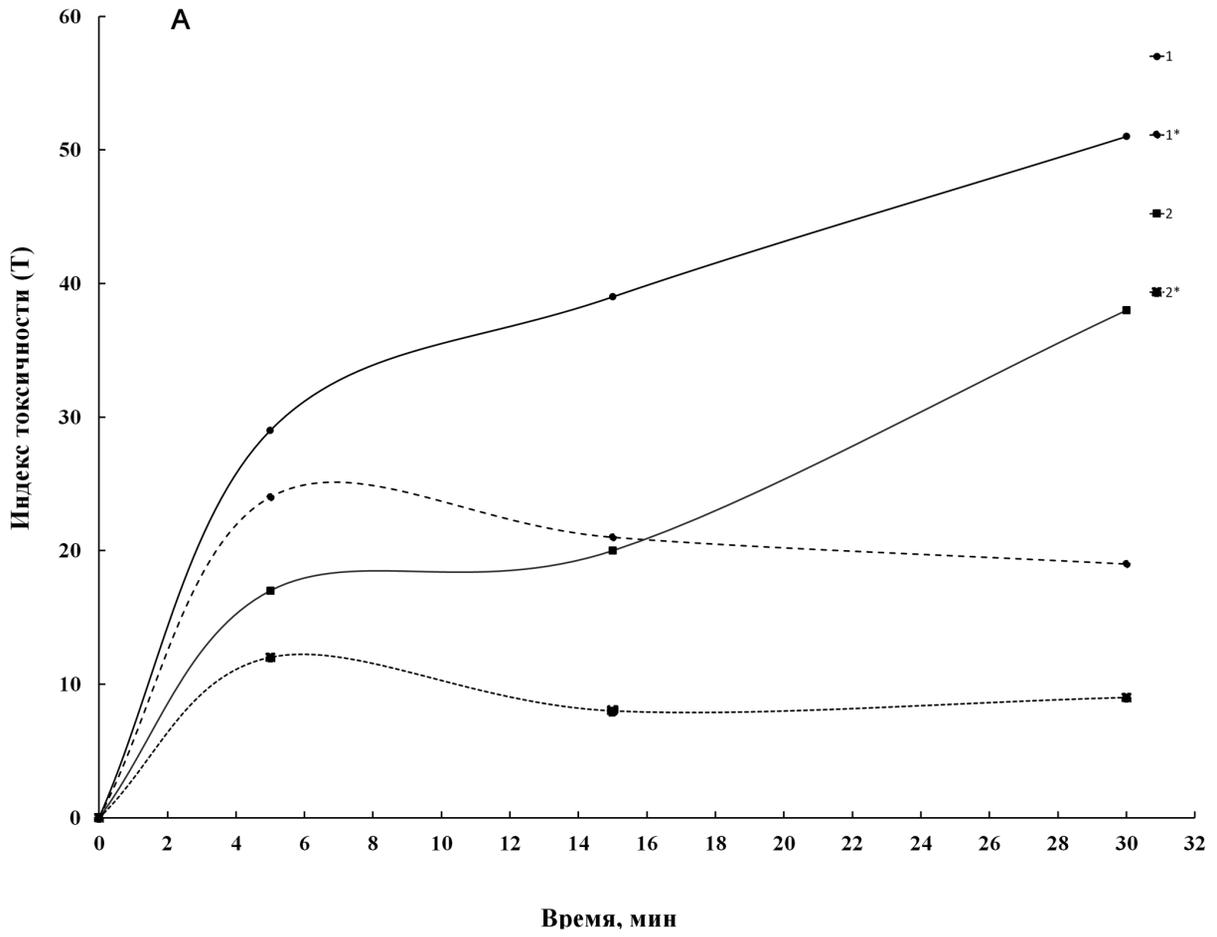
Все исследуемые образцы воды оценивали в двух вариантах эксперимента, отличающихся контролями. В первом варианте использовали один общий контроль (К), содержащий 0,1 мл суспензии клеток бактерий и 0,9 мл дистиллированной воды. К каждому опытному образцу (О) добавляли 0,1 мл суспензии клеток бактерий и 0,9 мл исследуемого раствора как с ферратом калия, так и без него. Во втором варианте оценивали непосредственно вклад реагента в очистку воды в используемых концентрациях. В контрольную пробирку вносили 0,1 мл суспензии клеток биосенсора и 0,9 мл исследуемой воды. Опытные образцы были аналогичны контрольным, но с ферратом калия. Анализ осуществляли при фиксированном времени экспозиции каждого контрольного и опытного образца воды, одновременно регистрируя их интенсивность люминесценции в трёх повторностях.

Индекс токсичности (Т) во времени взаимодействия биосенсора с исследуемым образцом воды определялся автоматически на люминометре “Биотокс” по формуле:  $T = 100 \cdot (I_k - I) / I_k$ , где  $I_k$  и  $I$  — интенсивность свечения контроля и опыта, соответственно. Оценку токсичности классифицировали по трём группам: величина  $T < 20$  — образец нетоксичен;  $T > 20$ , но  $< 50$  — образец токсичен;  $T > 50$  — образец очень токсичен. Иногда наблюдали стимуляцию свечения тест-организма, т.е. величина Т с отрицательным знаком.

Бактерицидные свойства феррата калия, содержащегося в образцах воды — 1, 2, 3 и 4, оценивали по выживаемости светящихся клеток бактерий (по числу КОЕ — колониеобразующих единиц), выросших на агаризованной среде LB (Лурия-Бертани) со 100 мкг/мл ампициллина в течение 24 ч при 32°C. Исследовали образцы воды, обработанные ферратом калия, после двух недель их хранения и биотестирования (30 мин).

### Результаты и обсуждение

Феррат калия, известный как сильный окислитель, через 14 сут хранения в природных образцах воды утратил дезинфицирующие свойства. В об-



разцах воды (1–4), предварительно обработанных этим реагентом, через 30 мин взаимодействия с клетками светящихся грамотрицательных бактерий *Escherichia coli* K12 TG1 наблюдали сохранение их жизнеспособности (по числу КОЕ).

Все образцы воды (исходные и опытные) имели рН 7,0–7,4, что соответствовало рекомендациям использования данного метода биотестирования [8].

Результаты данных оценки токсичности природных образцов воды (1–4) и аналогичных образцов воды, обработанных ферратом калия, отражены на рис. 1. Т исходных образцов воды 1 и 2 к 30 мин анализа составляли 50 и 40, соответственно, т.е. выявлена их токсичность. Феррат калия в концентрациях 21,6 мкг/мл и 44,8 мкг/мл очистил образцы воды 1 и 2, соответственно, которые стали нетоксичными (рис.1). По характеру увеличения Т с возрастанием времени биотестирования (5, 15, 30 мин) можно предполагать, что исходные образцы воды 1 и 2 содержали тяжёлые металлы [8]. Одним из механизмов действия феррата калия, как реагента очистки воды, является адсорбция тяжёлых металлов продуктом разложения ферратов — гидроксидом железа [2]. На основании известных литературных и полученных нами данных можно предположить, что природные образцы воды 1 и 2 были загрязнены тяжёлыми металлами и очищены по известному механизму действия феррата калия, адсорбирующего тяжёлые металлы. Нами было выявлено, что природные образцы воды 3 и 4 нетоксичны. Образец воды 4 вызывал незначительную (величина  $T \approx -10$ ) стимуляцию свечения биосенсора (рис. 1). Однако нетоксичные образцы воды 3 и 4 в аналогичных образцах 3 и 4, обработанных ферратом калия в концентрациях 32,0 мкг/мл и 51,2 мкг/мл, соответственно, стали токсичными (величины  $T \approx 40$ ). Показатели токсичности этих образцов воды практически не менялись в течение 30 мин (рис. 1), что может косвенно свидетельствовать о наличии в них веществ органической природы [8]. Токсичность образцов воды 3 и 4, обработанных ферратом калия, вероятно, вызвана взаимодействием токсичного соединения реагента с веществами органической природы, содержащимися в исходных нетоксичных образцах (рис. 1).

Непосредственное действие феррата калия на исследуемые образцы воды (вклад в токсичность) выявляли во втором варианте эксперимента, используя в качестве каждого контрольного образца (К) природный воды к каждому аналогичному опытному, обработанному ферратом калия (рис. 2). Феррат калия в образцах воды 1 и 2 чётко проявляет

себя как реагент очистки воды от загрязнителей природных образцов. При этом наблюдали стимуляцию интенсивности свечения тест-объекта (рис. 2). Нужно отметить факт проявления токсичности воды (образцы 3 и 4) после обработки ферратом калия (рис. 1). При этом выявлено, что сам феррат калия в концентрации 32 мкг/мл не оказывает непосредственного действия на токсичность воды образца 3 (рис. 2). Токсичность воды, очевидно, вызывает образованный комплекс реагента с каким-либо органическим веществом, содержащимся в этом природном образце воды (рис. 1). Токсичность образца воды 4, обработанном ферратом калия в концентрации 51,2 мкг/мл, возможно, связана как с действием реагента, образующего токсическое соединение с органическим соединением этой природной воды, так и с избыточным количеством реагента (рис. 2). При этом наблюдаем непосредственное незначительное влияние именно феррата калия в образце 4 ( $T \approx 45$  — рис. 1 и  $T \approx 30$  — рис. 2). На рис. 2 видно, что феррат калия вызывает стимуляцию свечения бактериального биосенсора (за исключением случая с образцом 4).

Стимуляция интенсивности люминесценции у светящихся бактерий при действии многих веществ в низких концентрациях отмечена ранее многими авторами [9]. Механизм стимуляции не ясен, что затрудняет интерпретацию результатов. При этом в рекомендациях к анализам при биотестировании на основе бактериальной люминесценции предлагают делать вывод об отсутствии токсичности исследуемых образцов [8]. Однако при действии веществ, приводящем к значительному стимулированию интенсивности свечения бактериального биотеста, стимуляция функционирования их люминесцентной системы может быть связана с конкуренцией их дыхательной системы за восстановленный флаavin. Вследствие этого происходит подавление транспорта электронов в дыхательной цепи соответственно, поток электронов в этой цепи снижается, эквивалентно возрастая в цепи люминесцентной системы. В результате интенсивность биолюминесценции повышается, а регистрируемый в этот момент Т приобретает отрицательное значение [9]. Следует отметить, что широко известно понятие горемезиса, когда различные вещества в малой концентрации, действуя на некоторые функции организма, вызывают стимуляцию разных функций [10]. Некоторые исследователи считают нетоксичным стимулирующее действие ксенобиотиков до уровня 30% [11].

Таким образом, биотестирование в течение 30 мин с использованием тест-системы на основе бактериальной люминесценции позволило выявить

←  
**Рис. 1.** Оценка индекса токсичности природных образцов воды (1–4) и аналогичных образцов воды, обработанных ферратом калия (1\*–4\*), с использованием тест-системы на основе бактериальной люминесценции. В качестве контрольного образца — дистиллированная вода. *Обозначения.* Образцы воды: 1 — из реки Десны; 2 — из ручья на суглинистой почве Хорошевского района города Москвы; 3 — из ручья в чернозёмном сельском районе около города Истра, 4 — смесь снега и воды, взятая в районе МГУ имени М.В. Ломоносова

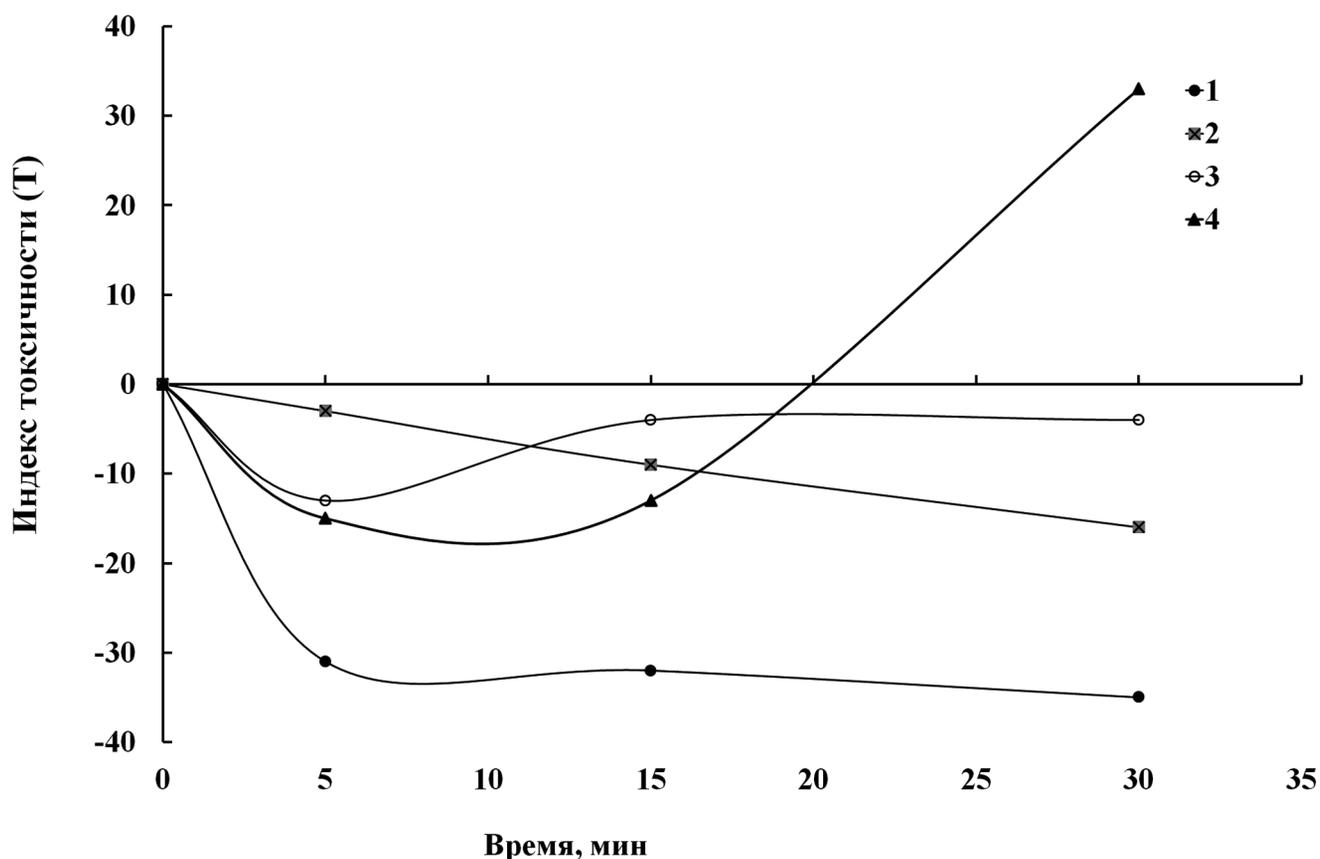


Рис. 2. Непосредственный вклад феррата калия при оценке индекса токсичности каждого образца воды (1–4). В качестве контрольного образца — аналогичные природные образцы воды без феррата калия. Обозначения: Образцы воды, обработанные ферратом калия: 1 — из реки Десны; 2 — из ручья на суглинистой почве Хорошевского района города Москвы; 3 — из ручья в чернозёмном сельском районе около города Истра, 4 — смесь снега и воды, взятая в районе МГУ имени М.В. Ломоносова

качество исследуемой природной воды (токсичность, химический состав предполагаемых веществ) и изучить некоторые свойства феррата калия (активные концентрации, время хранения, возможный механизм его действия как реагента очистки воды, в зависимости от химического состава воды). Данные могут ориентировать исследователей на изучение особенностей комплексообразования феррата калия с органическими веществами. Биотестирование на основе бактериальной люминесценции можно рассматривать как перспективный экспресс-метод для сравнения различных реагентов очистки воды, подбора эффективных концентраций и оценки стабильности и времени обработки исследуемых образцов.

В заключение мы хотели бы отметить достоинство используемого метода биотестирования на основе бактериальной люминесценции. Основными преимуществами люминесцентного бактериального теста перед другими биотестами являются:

- быстрота (время анализа 5–30 мин);
- хорошая корреляция результатов анализов с данными других биотестов. Показатель острой токсичности  $EC_{50}$  (концентрация ксенобиотика при тушении интенсивности люминесценции бактерий на 50%) имеет коэффициент корреляции с  $LD_{50}$  для эукариотных биотестов от 0,8 до 0,95 [7];

- малый объем анализируемого образца (1–0,1 мл и менее); точность и воспроизводимость результатов (ошибка не более 10%);

- оценка метаболического статуса бактериальной клетки как характеристики целостного организма, а не только показателя функционирования люминесцентной системы;

- автоматическое определение Т исследуемых ксенобиотиков с помощью современных люминометров;

- удобство и простота анализа (небольшое число подготовительных операций, автоматическое определение Т в люминометре);

- стабильность и стандартность лиофильно высушенных клеток биотеста;

- безвредность технологии;

- выяснение характера токсического действия ксенобиотика (временный или постоянный эффекты);

- выявление аккумулирующего, аддитивного или синергетического действия двух и более ксенобиотиков;

- определение химической природы образца. По характеру изменения Т в процессе биотестирования (5, 15, 30 мин) можно делать предположение о химической природе исследуемого образца (тяжёлые металлы приводят к резкому возрастанию

токсичности, у органических соединений токсичность возрастает постепенно с последующей стабилизацией или с некоторым их снижением);

– доступность и экономичность оценки действия физических факторов (например, биологические эффекты действия ионизирующей радиации, нетеплового электромагнитного излучения) и токсичности химических веществ, а также их смесей;

– широкая возможность проведения анализа и санитарно-гигиенического контроля в лабораторных и полевых условиях для регулярного мониторинга в режиме реального времени или в системе on-line как отдельных образцов, так и объектов окружающей среды (воды, почвы, воздуха);

– использование как модельных организмов с более широкой возможностью изучения свойств используемых ксенобиотиков и механизмов действия на биологические системы [9, 12].

Значительное тушение люминесценции бактерий при действии на них токсичных ксенобиотиков свидетельствует о рисках их использования. Однако связь гибели бактерий действия ксенобиотика с его значительной токсичностью (полное тушение люминесценции) наблюдают лишь в случае потери жизнеспособности бактерий (мёртвые бактерии не люминесцируют) и проверяют дополнительными микробиологическими методами [13, 14, 15].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хенце М., Армозс П., Лякурянсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. М.: Изд-во Мир, 2004. 471 с.

2. Jiang J.-Q., Lloyd B. Progress in the development and use of ferrate(VI) salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment // *Water Res.* 2002. Vol. 36. N 6. P. 1397–1408.

3. Perfiliev Yu.D. Mossbauer spectroscopy of iron in high oxidation states // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2002. Vol. 47. N 5. P. 611–619.

4. Mácová Z., Bouzek K., Híveš J., Sharma V.K., Terryn R.J., Baum J.C. Research progress in the electrochemical synthesis of ferrate (VI) // *Electrochim. Acta.* 2009. Vol. 54. N 10. P. 2673–2683.

5. Zarubina A.P., Gapochka M.G., Novoselova L.A., Gapochka L.D. Effect of low intensity electromagnetic radiation on the toxicity of domestic wastewater tested with the “Ecolum” test system // *Moscow Univ. Biol. Sci. Bull.* 2013. Vol. 68. N 1. P. 49–52.

6. Зарубина А.П., Сорокина Е.В. Первый среди равных. Один из самых экспрессных и доступных методов биотестирования бактериальный люминесцентный тест // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Биология. 2015. Т. 17. № 8. С. 161–163.

7. Kaiser K. L. Correlation of *Vibrio fischeri* bacteria test data with bioassay data for other organisms // *Environ. Health Perspect.* 1998. Vol. 106. N 2. P. 583–591

8. Данилов В.С., Зарубина А.П., Ерошников Г.Е., Соловьёва Л.Н., Карташёв Ф.В., Завильгельский Г.Б. Сенсорные биолюминесцентные системы на основе lux-

В ряде стран сертифицированы тест-системы на основе бактериальной люминесценции под разными торговыми марками. В России сертифицирован тест с использованием морских люминесцентных бактерий *Photobacterium phosphoreum* [16]. На основе природных морских светящихся бактерий и генно-инженерных штаммов *Escherichia coli* K12 TG1 с клонированными в них lux-оперонами из разных природных светящихся бактерий получены биосенсоры тест-систем “Эколюм” [8]. Генно-инженерные биотесты этих люминесцентных бактерий с созданным светящимся фенотипом позволяют проводить анализ без осмопротектора (раствора NaCl) и при более высоких температурах (до 37°C), чем используемые биотесты морских светящихся бактерий (15°C). Методики измерений интегральной токсичности воды, почв, воздушной среды, химических материалов и изделий с помощью тест-системы “Эколюм” имеют свидетельство о метрологической аттестации (4/7-93), зарегистрированы в Департаменте Госсанэпиднадзора РФ (№ 11-1/131-09, 11-1/132-09, 11-1/133-09, 11-1/134-09) и Госкомэкологии — сертификат Госстандарта России № 01.19.231/2001. Они внедрены на территории РФ в природоохранных организациях, органах санитарно-эпидемиологического надзора и ориентированы на использование реактивов и оборудования отечественного производства.

оперонов разных видов люминесцентных бактерий // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология.* 2002. № 3. С. 20–24.

9. Zarubina A.P., Deev L.I., Parkhomenko I.M., Parshina E.Yu., Saryicheva A.S., Novoselova L.A., Lukashov E.P., Netrusov A.I., Rubin A.B. Evaluation of toxicity of argentic ions and nanoparticles on the model bacterial object with luminescent phenotype // *Nanotechnol. Russ.* 2015. Vol. 10. N 5–6. P. 475–4831.

10. Филленко О.Ф. Динамика эффекта загрязняющих веществ в экотоксикологии // *Токсикол. вестн.* 2001. № 2. С. 2–6.

11. Саксонов М.Н., Балаян А.Э., Таран Д.О., Бархатова О.А. Влияние ряда токсикантов на флуоресценцию хлорофилла клеток водорослей и возможность его ослабления гуматами // *Материалы IV Всерос. конф. по вод. экотоксикологии, посвящ. памяти Б.А. Флерова “Антропогенное влияние на вод. организмы и экосистемы” / Ин-т биологии внут. вод им. И.Д. Папанина. Борок, 2011. С. 207–209.*

12. Backhaus T., Grimme L. H. The toxicity of antibiotic agents with aid of intact luminous bacterium *Vibrio fischeri* // *Chemosphere.* 1999. Vol. 38. N 14. P. 3291–3301.

13. Jassim S.A., Ellison A., Denyer S.P., Stewart G.S. In vivo bioluminescence: a cellular reporter for research and industry // *Biolum. Chemilum.* 1990. Vol. 5. N 2. P. 115–122.

14. Пархоменко И.М., Зарубина А.П., Лукашев Е.П., Странадко Е.Ф., Тимофеев К.Н., Рубин А.Б. О механизмах фотодинамического действия сенсibilизаторов и усовершенствовании методов их первичного отбора для фотодинамической антимикробной терапии // *Докл. РАН.* 2005. Т. 404. N 6. С. 821–825.

15. Medvedeva S.E., Tyulkova N.A., Kuznetsov A.M., Rodicheva E.K. Bioluminescent bioassays based on luminous bacteria // Sib. Fed. Univ. Biol. J. 2009. Vol. 2. N 4. P. 418–452.

16. База нормативной документации complexdoc.ru [Электронный ресурс]. 2001. URL: <http://aquariumok.ru> (дата обращения: 03.09.2016).

Поступила в редакцию 20.05.2016

Принята в печать 05.09.2016

## ECOLOGY

### EVALUATION OF PROPERTIES FERRATE POTASSIUM AS REAGENT WATER PURIFICATION USING THE METHOD BACTERIAL BIOLUMINESCENCE TESTING

A.P. Zarubina<sup>1</sup>, Y.D. Perfiliev<sup>2</sup>, E.V. Sorokina<sup>1,\*</sup>, A.I. Netrusov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Microbiology, School of Biology, Lomonosov Moscow State University, Leninskiye gory 1–12, Moscow, 119234, Russia;

<sup>2</sup> Department of Radiochemistry, School of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Leninskiye gory 1–10, Moscow, 119234, Russia;

\* e-mail: sorokina\_ev77@mail.ru

Biotesting on bacterial luminescence model for 30 minutes investigated characteristics of four samples of natural water in urban and rural environment and the effectiveness of new purification agent — potassium ferrate  $K_2FeO_4$  were studied. It was revealed that two samples of water from urban areas were toxic, while the other two (one from urban and one from rural environment) — are non-toxic. Numerous data received concerning the increase in the time toxicity index allow us to make reasonable conclusions about the chemical nature of substances containing in the test water samples. Toxic natural water samples is likely to contain heavy metals and are well cleaned potassium ferrate on the mechanism of their sorption by the product of ferrates degradation. In non-toxic natural water samples investigated under addition of potassium ferrate were probably formed complexes with the toxic organic compounds contained in water. These are oriented to further study the properties of potassium ferrate complexes with organic compounds. The bioassay based on the bacterial luminescence is a promising method for the rapid evaluation of the properties of various water sources (and their putative integral toxicity of the chemical composition), and cleaning them of new reagents (effective concentrations of bactericidal and mechanisms of action in connection with heavy metals and organic substances of the water).

**Keywords:** bioassay, bacterial luminescence, water purification agent, potassium ferrate, water toxicity.

#### Сведения об авторах

*Зарубина Алевтина Петровна* — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры микробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-56-03; e-mail: al-zarl@yandex.ru

*Перфильев Юрий Дмитриевич* — докт. хим. наук, вед. науч. сотр., проф. кафедры радиохимии химического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-34-68; e-mail: perf@radio.chem.msu.ru

*Сорокина Елена Владимировна* — канд. биол. наук, науч. сотр. кафедры микробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-59-36; e-mail: sorokina\_ev77@mail.ru

*Нетрусов Александр Иванович* — докт. биол. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии МГУ. Тел.: 8-495-939-27-63; e-mail: anetrusov@mail.ru