



# МАТЕРИАЛЫ

## Международной научно-практической конференции

# ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: проблемы и пути их решения

КНИГА 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Вятский государственный университет»  
(Киров, Россия)

Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук  
(Сыктывкар, Россия)

Ляонинский институт науки и технологии  
(Бэньси, провинция Ляонин, КНР)

# **ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Материалы  
Международной научно-практической конференции  
23–24 апреля 2024 г.

Книга 1

Киров, 2024

УДК 504.06(470.342)(082)  
ББК 20.1+74.200.57  
Э 400

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

**Ответственный редактор:**

**Т. Я. Ашихмина**, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного университета

**Редакционная коллегия:**

**И. Ф. Чадин**, директор, канд. биол. наук, **С. Г. Литвинец**, проректор, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. геогр. наук, **Е. В. Береснева**, профессор, канд. пед. наук, **Е. В. Дабах**, с. н. с., канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **М. А. Зайцев**, доцент, канд. пед. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Е. А. Клековкина**, доцент, канд. геогр. наук, **В. А. Козвонин**, с. н. с., канд. мед. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, м. н. с., **В. М. Рябов**, старший преподаватель, **Е. В. Рябова**, доцент, канд. биол. наук, **М. Л. Сазанова**, н. с., канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **Е. В. Товстик**, доцент, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **О. В. Чернова**, доцент, канд. хим. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы Международной научно-практической конференции. Книга 1. (г. Киров, 23–24 апреля 2024 г.). – Киров : Вятский государственный университет, 2024. – 306 с.

ISBN 978-5-98228-277-4 (Книга 1)

ISBN 978-5-98228-279-8

В книгу вошли материалы Международной научно-практической конференции «Экология родного края: проблемы и пути их решения». Представлены экологические проблемы регионов России и других стран и возможные пути их решения. Значительное место в сборнике занимают материалы по результатам и методам экологического мониторинга, рациональному использованию природных ресурсов. Рассмотрены экологические аспекты обращения с отходами производства и потребления, а также научные исследования и разработки в сфере экологии. Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в материалах конференции, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Благодарим руководство Кировского отделения ПАО Сбербанк России и филиала «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Кирово-Чепецке за партнерство и сотрудничество.

УДК 504.06(470.342)(082)  
ББК 20.1+74.200.57

ISBN 978-5-98228-277-4 (Книга 1)  
ISBN 978-5-98228-279-8

© Вятский государственный университет  
(ВятГУ), 2024

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education  
Vyatka State University  
(Kirov, Russia)

Institute of Biology of Komi Scientific Center  
of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
(Syktyvkar, Russia)

Liaoning Institute of Science and Technology  
(Benshi, Liaoning Province, PRC)

# **HOME COUNTRY ECOLOGY: PROBLEMS AND SOLUTIONS**

Proceedings  
of the International Scientific and Practical Conference  
April 23–24, 2024

Chapter 1

Kirov, 2024

УДК 504.06(470.342)(082)  
ББК 20.1+74.200.57  
H 76

Printed on the recommendation of the Scientific Council of VyatSU

**Responsible editor:**

**T. Ya. Ashikhmina**, Dr. Sci., Professor, Head of Biomonitoring Research Laboratory of the Institute of Biology of Komi Scientific Center of Ural branch of RAS and Vyatka State University.

**Editorial Board:**

**I. F. Chadin**, Director, Ph.D. in Biology, **S. G. Litvinets**, Vice-Rector, Ph.D. in Agricultural Sciences, **L. I. Domracheva**, Professor, Dr. of Biology, **L. V. Kondakova**, Professor, Dr. of Biology, **I. G. Shirokikh**, Leading Researcher, Dr. of Biology, **T. A. Adamovich**, Associate Professor, Ph.D. in Geography, **E. V. Beresneva**, Professor, Ph.D. in Pedagogic, **O. V. Chernova**, Associate Professor, Ph.D. in Chemistry, **E. V. Dabakh**, Senior Scientist, Ph.D. in Biology, **E. A. Domnina**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **A. I. Fokina**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **G. Y. Kantor**, Senior Researcher, Ph.D. in Techniques, **E. A. Klekovkina**, Associate Professor, Ph.D. in Geography, **T. I. Kut'yavina**, Senior Scientist, Ph.D. in Biology, **S. V. Pestov**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **V. V. Rutman**, Junior Researcher, **V. M. Ryabov**, Senior Lecturer, **E. V. Ryabova**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **M. L. Sazanova**, Researcher, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **S. V. Shabalkina**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **N. V. Syrchina**, Associate Professor, Ph.D. in Chemistry, **E. V. Tovstik**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **M. A. Zaitsev**, Associate Professor, Ph.D. in Pedagogic.

H 76 Home Country Ecology: Problems and Solutions : Proceedings of the International Scientific & Practical Conference. Chapter 1. (Kirov, April 23–24, 2024). – Kirov : Vyatka State University, 2024. – 306 c.

ISBN 978-5-98228-277-4 (Chapter 1)

ISBN 978-5-98228-279-8

The book includes proceedings of the International Scientific & Practical Conference “Home Country Ecology: Problems and Solutions”. Environmental problems of the Russian regions and other countries and their possible solutions are presented. A significant place is occupied by proceedings on the results and methods of environmental monitoring, rational use of natural resources. Ecological aspects of production and consumption waste management, as well as scientific research and development in the field of ecology are considered. The conference proceedings are intended for researchers, teachers, specialists of environmental protection services and departments, postgraduates, students of higher educational institutions.

The authors are responsible for the accuracy of the information presented in the conference proceedings. The opinion of the editorial board may not coincide with the opinion of the authors.

We would like to thank the management of the Kirov Branch of PJSC Sberbank of Russia and KCChK Branch of JSC URALCHEM in Kirovo-Chepetsk for partnership and cooperation.

УДК 504.06(470.342)(082)  
ББК 20.1+74.200.57

ISBN 978-5-98228-277-4 (Chapter 1)  
ISBN 978-5-98228-279-8

© Vyatka State University (VyatSU), 2024

## СИНТЕЗ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТОБЕРМОРИТА ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

*С. Б. Ярусова*<sup>1,2</sup>, *А. С. Авраменко*<sup>3</sup>, *А. Е. Панасенко*<sup>1</sup>,  
*Д. В. Достовалов*<sup>1</sup>, *П. В. Гриценко*<sup>1,2</sup>, *М. В. Черепанова*<sup>3</sup>,  
*П. С. Гордиенко*<sup>1</sup>, *Ю. В. Сушков*<sup>1</sup>, *Д. Х. Шлык*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт химии ДВО РАН,

г. Владивосток, Россия, *yarusova\_10@mail.ru*,

<sup>2</sup> Владивостокский государственный университет,

г. Владивосток, Россия,

<sup>3</sup> ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН,

г. Владивосток, Россия, *avramenko@biosoil.ru*

Проведен автоклавный синтез материала на основе тоберморита из природного сырья: диатомита и морских раковин. Получена зависимость степени прохождения реакции от времени. Исследована кинетика сорбции метиленового синего полученным материалом при температурах 20, 40 и 60 °С.

Ключевые слова: тоберморит, диатомит, морские раковины, автоклавный синтез, сорбция, метиленовый синий.

Тоберморит  $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$  представляет собой гидросиликат кальция, встречающийся в природе, где образовался в щелочной среде в гидротермальных условиях. Этот минерал может быть синтезирован путем гидротермальной реакции в системе  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  [1]. В качестве исходных соединений для его получения (преимущественно гидротермальным методом в интервале температур 90–230 °С и временных интервалах от 2 ч до 14 суток) используют широкий спектр природного сырья и отходов.

Примеры описываемых в литературе способов синтеза тоберморита из различного сырья приведены в таблице.

В данной работе проведен автоклавный синтез материала на основе тоберморита из диатомита и морских раковин. В качестве модельного органического красителя для исследования сорбционных свойств материала использовали метиленовый синий (МС).

Диатомит Пионерского месторождения (Приморский край) представляет собой высокодисперсный диоксид кремния природного происхождения с содержанием  $\text{SiO}_2 > 80\%$ . Морские раковины спизулы сахалинской (*Spisula sachalinensis*) состоят преимущественно из фазы карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$  в модификации арагонита.

Исходное сырье предварительно измельчали и сушили до постоянного веса. Морские раковины подвергались измельчению в шаровой мельнице. Мольное соотношение исходных компонентов  $\text{CaO} : \text{SiO}_2 = 1 : 1$ .

## Способы синтеза тоберморита из различного сырья

Исходное сырье	Методика синтеза	Ссылка
Микрокремнезем (силикатная пыль), кварцевый песок, карбонат кальция $\text{CaCO}_3$	Гидротермальная обработка при 170–190 °С, автогенном давлении (0,8–1,2 МПа), от 1 до 10 сут.	[1]
Высокоглиноземистая летучая зола (49,50% $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 42,25% $\text{SiO}_2$ ); гидроксид натрия, гидроксид алюминия и гидроксид кальция	1. Обработка золы в концентрированном щелочном растворе в присутствии гидроксида кальция для извлечения глинозема (концентрация $\text{NaOH}$ 45%, при 280 °С, 60 мин). 2. Перемешивание деалюминационного шлака в разбавленном щелочном растворе и последующий нагрев при 90–230 °С в течение 2, 3, 4, 7 ч.	[2]
Каолинит (состав 46,44% $\text{SiO}_2$ , 38,80% $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,03% $\text{TiO}_2$ , 0,52% $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,08% $\text{MgO}$ , 0,33% $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,69% $\text{K}_2\text{O}$ ); метакаолинит (получен путем прокаливании каолинита при 600 °С в течение 2 ч); реагенты $\text{CaCO}_3$ , $\text{Al}(\text{OH})_3$ , осажденный $\text{SiO}_2$	Химическая трансформация каолинита и метакаолинита в гидротермальных условиях при температуре 175 °С в течение 0,5–24 ч.	[3]
Кварцевая мука, портландит (99,9% чистоты) и два вида метакаолина – коммерческий образец и образец – побочный продукт при производстве пеностекла	Автоклавная обработка при 180 °С от 2 до 12 ч, давление автогенного давления пара 1,1–1,2 МПа. Сушка при 60 °С в течение 12 ч.	[4]
Раствор $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ и эмульсия $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Выдержка исходной смеси в течение 30 мин при магнитном перемешивании. Добавление 10 масс.% раствора цетилтриметиламмония бромида. Автоклавная обработка смеси при 220 °С в течение 3 ч.	[5]
Остатки от переработки газетной бумаги, 4 М гидроксид натрия	Измельчение остатков утилизации газетной бумаги, щелочная обработка при 100 °С в течение 48 ч.	[6]
Цементная пыль и отбракованная содово-кремнеземная стеклянная тара.	Обработка смеси при 100 °С в воде в герметичных сосудах из ПТФЭ под давлением в течение 2, 7 и 14 сут.	[7]
Доменный шлак, силикат натрия, гидроксид натрия.	Приготовление суспензии на основе порошка шлака, $\text{NaOH}$ и силиката натрия в деионизированной воде. Обработка суспензии в автоклаве при 180 °С в течение 2–48 ч.	[8]

Гидротермальную обработку измельченной реакционной смеси диатомиита и морских раковин проводили в лабораторном автоклаве в водной щелочной среде (гидроксид натрия) при температуре 200 °С в течение 6 ч. После окончания заданного временного интервала осадки отделяли от раствора фильтрованием, промывали дистиллированной водой и сушили при температуре 85–90 °С в течение нескольких часов. Степень прохождения реакции

контролировали по остаточной концентрации гидроксида натрия в растворе, которую определяли методом кислотно-основного титрования, используя в качестве титранта 0,1 н. раствор HCl, приготовленный из фиксаля.

Рентгенограммы образцов снимали на автоматическом дифрактометре D8 ADVANCE (Германия) с вращением образца в Cu  $K_{\alpha}$ -излучении. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с использованием программы поиска EVA с банком порошковых данных PDF-2. Морфологию тоберморита изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Merlin при увеличении до 15000.

Для изучения адсорбционных свойств тоберморита использовали метиленовый синий  $C_{16}H_{18}N_3SCl$  («ч.д.а.», М 319,85 г·моль<sup>-1</sup>). Исследование сорбции МС из водных растворов проводили в статических условиях при температурах 20, 40 и 60 °С. Для получения кинетических кривых адсорбции навески тоберморита массой 0,01 г вносили в пробирки, прибавляли 10 мл исходного водного раствора метиленового синего ( $C_0(МС) = 2,7$  ммоль·л<sup>-1</sup>) и перемешивали в течение 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60 мин. После перемешивания суспензию центрифугировали, оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре ЗОМЗ КФК-3-01 (Россия) при длине волны 657 нм.

Сорбционную емкость ( $A_c$ , ммоль·г<sup>-1</sup>) исследуемых образцов рассчитывали по формуле 1:

$$A_c = \frac{(C_{исх} - C_p)}{m} \cdot V, \quad (1)$$

где  $C_{исх}$  – исходная концентрация МС в растворе, ммоль·л<sup>-1</sup>;  $C_p$  – равновесная концентрация МС в растворе, ммоль·л<sup>-1</sup>;  $V$  – объем раствора, л;  $m$  – масса сорбента, г.

Согласно данным РФА, в составе продукта гидротермальной обработки реакционной смеси присутствуют кристаллические фазы кальцита  $CaCO_3$ , кварца  $SiO_2$ , анальцима  $Na_{15.76}Al_{15.26}Si_{32.74}O_{96} \cdot 16H_2O$  и тоберморит орторомбической модификации  $Ca_{2.25}Si_3O_{7.5}(OH)_{1.5} \cdot H_2O$ . Морфология полученного продукта гидротермальной обработки представлена частицами преимущественно игольчатой формы длиной до 10 мкм и диаметром от 20 до 200 нм.

Как видно из представленной зависимости (рис. 1), через 12 ч степень прохождения реакции не превышает 35%.

Экспериментальные данные по кинетике анализировали в соответствии с уравнением Колмогорова–Ерофеева (формула 2) после двойного логарифмирования:

$$\ln(-\ln(1-\alpha)) = \ln k + n \ln \tau \quad (2)$$

где  $\alpha$  – доля прореагировавшего вещества к моменту времени  $\tau$ ;  $n$  и  $k$  – постоянные, определяемые графически и характеризующие порядок реакции и константу скорости реакции.



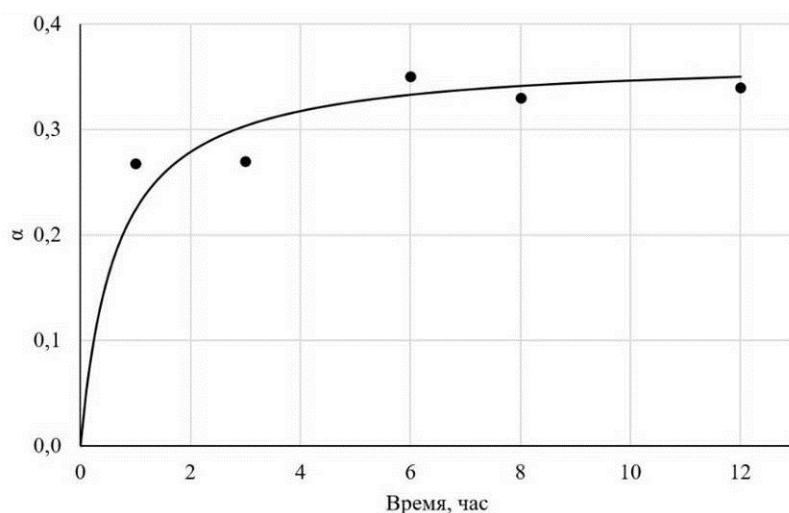


Рис. 1. Зависимости степени прохождения реакции ( $\alpha$ ) от времени при автоклавной обработке реагирующей смеси

При анализе линейной зависимости, наблюдаемой в логарифмических координатах, получены следующие параметры:  $k = 0,298 \text{ мин}^{-n}$ ,  $n = 0,1506$ ,  $R^2 = 0,737$ . Порядок реакции  $n$  меньше единицы, что характерно для реакций, сопровождающихся диффузионными процессами.

На рисунке 2 приведены кинетические кривые сорбции МС тоберморитом при температурах 20, 40 и 60 °С.

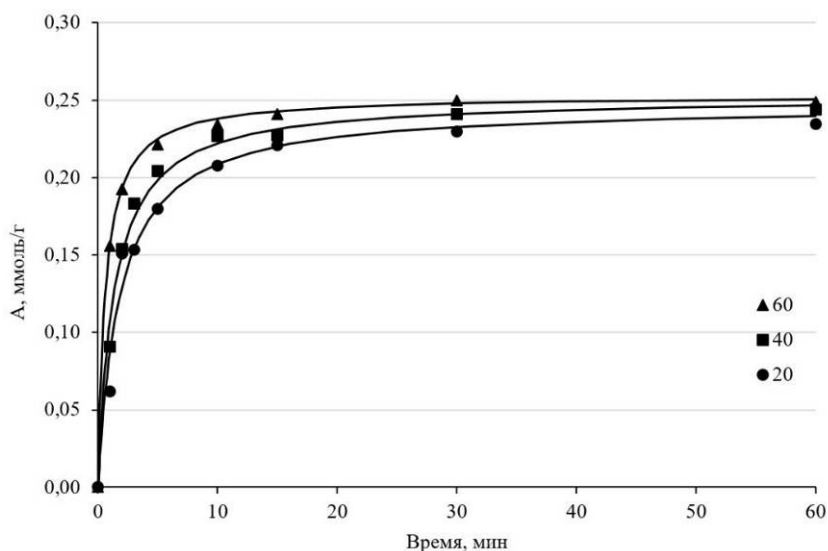


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции МС ( $A$ , ммоль/г) тоберморитом при различных температурах (°С)

Как видно из представленных кинетических кривых, с повышением температуры от 20 до 60 °С сорбционная емкость незначительно увеличивается от  $0,24 \text{ ммоль} \cdot \text{г}^{-1}$  до  $0,25 \text{ ммоль} \cdot \text{г}^{-1}$ .

Продолжаются дальнейшие исследования по оптимизации щелочной обработки природного сырья в гидротермальных условиях, повышению вы-

хода целевого продукта и исследованию функциональных свойств получаемого материала.

*Исследование выполнено в рамках государственных заданий Института химии ДВО РАН (FWFN(0205)-2022-0002, тема 2, разделы 3, 5) и ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (тема № 124012200182-1).*

#### **Библиографический список**

1. Tobermorite synthesis under hydrothermal conditions / L. Galvánková, J. Másilko, T. Solný, E. Štěpánková. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.394 // Procedia Engineering. 2016. Vol. 151. P. 100–107.
2. A novel process for synthesis of tobermorite fiber from high-alumina fly ash / J. Ding, Z. Tang, S. Ma et al. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2015.10.017 // Cem. Concr. Compos. 2016. Vol. 65. P. 11–18.
3. Ríos C. A., Williams C. D., Fullen M. A. Hydrothermal synthesis of hydrogarnet and tobermorite at 175 °C from kaolinite and metakaolinite in the CaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O system: A comparative study. DOI: 10.1016/j.clay.2008.09.014 // Appl. Clay Sci. 2009. Vol. 43. No. 2. P. 228–237.
4. Hydrothermal synthesis of 11 Å tobermorite – Effect of adding metakaolin to the basic compound / J. Schreiner, F. Goetz-Neunhoeffler, J. Neubauer, D. Jansen. DOI: 10.1016/j.clay.2019.105432 // Appl. Clay Sci. 2020. Vol. 185. Article No. 105432.
5. Facile one-pot hydrothermal synthesis of reticulated porous tobermorite for fast phosphorus recovery / M. Han, X. Shen, H. Shao et al. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2023.131349 // Colloids Surf., A. 2023. Vol. 666. Article No. 131349.
6. Sorption of Co<sup>2+</sup> and Sr<sup>2+</sup> by waste-derived 11 Å tobermorite / N. J. Coleman, D. S. Brassington, A. Raza, A. P. Mendham. DOI: 10.1016/j.wasman.2005.01.019 // Waste Manag. 2006. Vol. 26. No. 3. P. 260–267.
7. Coleman N. J., Trice C. J., Nicholson J. W. 11 Å tobermorite from cement bypass dust and waste container glass: A feasibility study. DOI: 10.1016/j.minpro.2009.06.002 // Int. J. Miner. Process. 2009. Vol. 93. P. 73–78.
8. Hydrothermal preparation of tobermorite from blast furnace slag for Cs<sup>+</sup> and Sr<sup>2+</sup> sorption / T. Tsutsumi, S. Nishimoto, Y. Kameshima, M. Miyake. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.12.024 // J. Hazard. Mater. 2014. Vol. 266. P. 174–181.

### **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ В СВИНЫХ НАВОЗНЫХ СТОКАХ**

***Н. В. Сырчина<sup>1</sup>, Л. В. Пилип<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет,  
г. Киров, Россия, nvms1956@mail.ru*

*<sup>2</sup> Вятский государственный агротехнологический университет,  
г. Киров, Россия, pilip\_larisa@mail.ru*

Изучено влияние различных типов поверхностно-активных веществ (ПАВ) на численность бактерий группы кишечной палочки в жидкой фракции (ЖФ) свиных навозных стоков. Установлено, что обработка ЖФ 10% раствором лауретсульфата натрия в норме 100 см<sup>3</sup> раствора на 1 м<sup>3</sup> ЖФ позволяет снизить численность *Escherichia coli* в бактериопланктоне на 3 порядка.