

Биосенсоры — история успеха

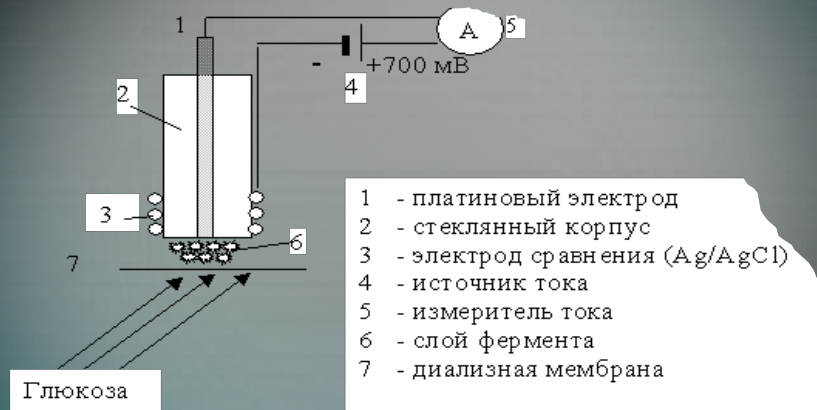
МЕДИЦИНА, ЭКОЛОГИЯ,
БИОТЕХНОЛОГИИ

Биосенсоры

- Мощная интеграция биологических знаний и технологических достижений

Электрохимическое восстановление кислорода было открыто Генрихом Даннелем (Heinrich Danneel) и Вальтером Нернстом (Walther Nernst) в 1897 году.

Полярография с использованием капающей ртути была случайно открыта Ярославом Гейровским в Праге в 1922 году. С помощью этого метода в 1940-х годах были получены первые данные о парциальном давлении кислорода в плазме и крови. Бринк, Дэвис и Бронк имплантировали платиновые электроды в ткани для изучения снабжения кислородом или его доступности примерно с 1940 года, но эти электроды без покрытия отравлялись при погружении в кровь. Лиланд Кларк поместил платиновый катод в стеклянную колбу и сначала покрыл его целлофаном, а затем протестировал силиконовую и полиэтиленовую мембраны.



В 1954 году Кларк разработал и сконструировал первый мембранный кислородный электрод, в котором анод и катод находились за непроводящей полиэтиленовой мембраной. Ограниченная проницаемость полиэтилена для кислорода снизила степень его вымывания из образца, что позволило проводить количественные измерения напряжения кислорода в крови, растворах или газах.

Это изобретение привело к появлению современных аппаратов для анализа газового состава крови.¹

¹История анализа газового состава крови. IV. Кислородный электрод Лиланда Кларка//Журнал клинического мониторинга. 1986. Т 2, Р. 25-139 (History of blood gas analysis. IV. Leland Clark's oxygen electrode/Historical Review/John W. Severinghaus MD, & Poul B. Astrup Dr med/ Journal of Clinical Monitoring/Volume 2, pages 125-139 (1986)



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT[®]

Biosensors and Bioelectronics 21 (2006) 1403–1404

BIOSENSORS
BIOELECTRONICS

www.elsevier.com/locate/bios

Obituary

Leland C. Clark Jr. (1918–2005)[☆]



Leland C. Clark Jr., widely acknowledged as one of the founding fathers of the field of biosensors, passed away at age 86 on September 25, 2005. Born in Rochester, New York, December 4, 1918, and raised in Attica, Clark became interested in chemistry at a young age. He had a passion for experimenting in his home laboratory. On one occasion, Clark read in an old 19th-century chemistry text that hydrogen and chlorine react in the light, but not in the dark. So, the ever-curious Clark made chlorine trans-

qualified him for a fellowship to a college in New York. But, a work study program attracted him to Antioch College in Ohio instead, where he majored in chemistry. There he became interested in hormones because of the large effects caused by low concentrations of these substances in the body, especially in teenagers.

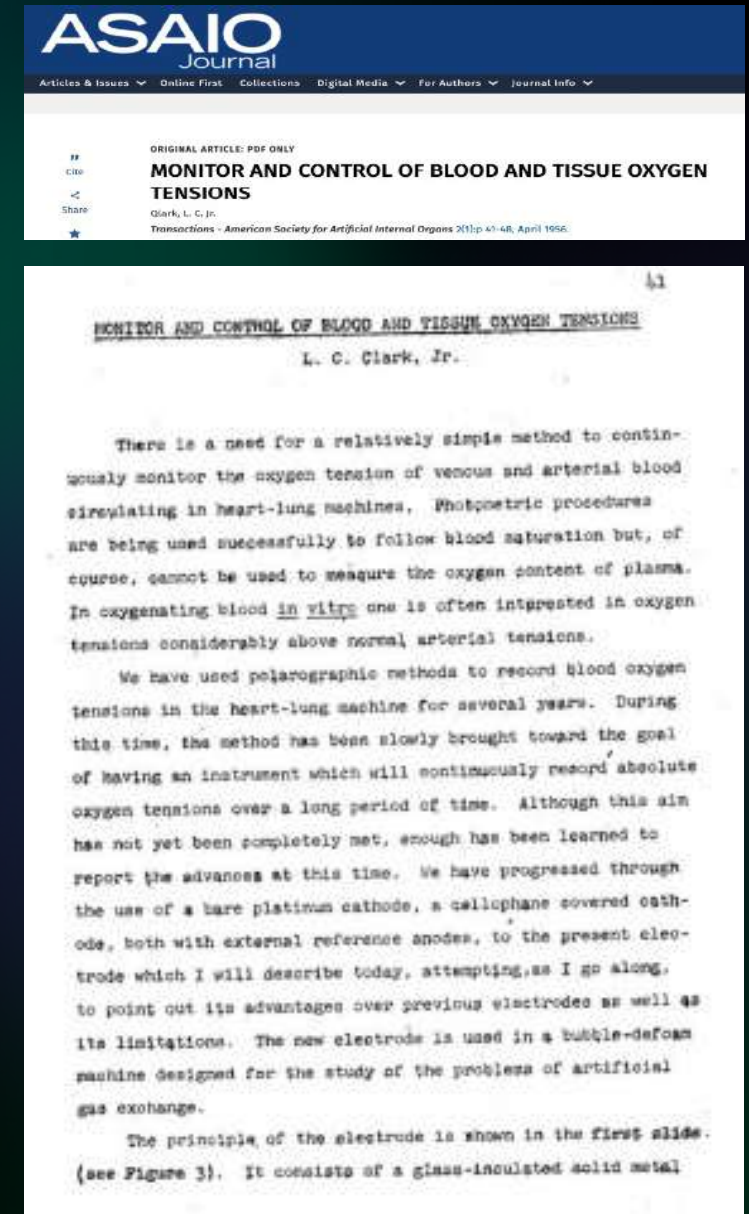
After graduating in 1941 with a B.S. in Chemistry with honors and a newly minted membership in the American Chemical Society, he had planned to take a job. However, fate intervened in the form of his first issue of *Chemical & Engineering News*, which contained an advertisement for a graduate fellowship in the Department of Physiology at the University of Rochester. He successfully applied for the position, which enabled him to follow his interest in hormones with a research project on testosterone metabolism. As part of his work, Clark built apparatus to perfuse the liver and monitor metabolism and also taught surgery techniques to medical students. According to Clark, this experience in physiology and surgery, combined with his strong interest in chemistry, was a critical factor in the inventions he made later in his career.

After receiving a Ph.D. in Physiology with honors from the University of Rochester School of Biochemistry, Medicine and Dentistry in 1946, Clark took positions as Research Associate and Chairman of the Biochemistry Department at the Fels Research Institute in Yellow Springs, Ohio (1944–1958) and as Assistant Professor of Biochemistry (1944–1956) at Antioch College, also in Yellow Springs. At the Fels Institute, he developed micromethods for measuring hormones and vitamins in blood as part of a program to understand their effects on the development of children. During this time Clark heard about attempts by others to develop a heart–lung machine for use in surgical procedures. His experience with liver perfusions in live

- Первый биосенсор, известный как «электрод Кларка», был разработан для обнаружения кислорода американским биохимиком Лиландом Кларком в 1956 году
- Его работа в области биосенсинга принесла ему признание в качестве «Отца биосенсоров»

В 1956 году Лиланд С. Кларк-младший опубликовал основополагающую работу, посвящённую аналитическому применению этого электрода

- В этой исторической статье ученый описал полярографический кислородный датчик (электрод Кларка), изолированный от исследуемой среды полиэтиленовой мембраной. Это изобретение стало первым в мире работающим биосенсором и позволило непрерывно измерять уровень кислорода (pO_2) непосредственно в крови



1962 году Кларк и Лионс представили концепцию ферментного электрода

- Устройство включало платиновый электрод с иммобилизованной на его поверхности глюкозооксидазой (ГОД). Принцип работы основывался на каталитическом действии фермента: глюкозооксидаза катализировала окисление глюкозы с образованием глюконовой кислоты и перекиси водорода.



ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES

ELECTRODE SYSTEMS FOR CONTINUOUS MONITORING IN CARDIOVASCULAR SURGERY

Leland C. Clark, Jr., Champ Lyons

First published: October 1962 | <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1962.tb13623.x>

VIEW METRICS

PDF CITE TOOLS SHARE

ELECTRODE SYSTEMS FOR CONTINUOUS MONITORING IN CARDIOVASCULAR SURGERY

Leland C. Clark, Jr., and Champ Lyons
Medical College of Alabama, Birmingham, Ala.

Volume 102, Issue 1
Automated and Semi-Automated Systems in Clinical Chemistry
October 1962
Pages 29-45

Advertisement

ELECTRODE SYSTEMS FOR CONTINUOUS MONITORING IN CARDIOVASCULAR SURGERY

Leland C. Clark, Jr., and Champ Lyons
Medical College of Alabama, Birmingham, Ala.

Instruments capable of continuously indicating the chemical composition of blood have proved to be useful in controlling heart-lung machines, in regulating operative and postoperative management of patients, and in teaching and research. At first, such instruments were used with sensors mounted directly in the extracorporeal blood circuit that is used for perfusion of open-heart surgery patients.¹ Later, continuous monitoring of both machine and patients was conducted by means of continuous withdrawal of blood pumped into external cuvettes equipped with appropriate sensors.

Improvement in the design and construction of electrode systems and their associated electronic instrumentation, together with the commercial development and availability of stable amplifiers and recorders, has now provided entirely satisfactory systems for the rapid and accurate measurement of blood pH, pCO₂, and pO₂. Electrodes for measurement of blood pO₂ and pCO₂ can also be used for recording these tensions in gases. By mixing blood with certain reagents, these electrodes can be used to record blood gas contents as well as tensions.

Intravascular electrodes are being used to time hydrogen appearance, to detect changes in oxygen tension, and to record ascorbate indicator dilution curves. Such electrodes are proving valuable in cardiac catheterization and in evaluation of the effectiveness of corrective endocardiac surgical procedures. Speed of response, ease of use, autoclavability, smallness of size, and the practicability of using multiple electrodes simultaneously is often sufficient advantage to overcome the present lack of quantitative response of these relatively simple electrodes.

By withdrawing blood through microcatheters, continuous recording of blood composition for many hours, even days, is possible, using only about 10 cc. of blood per hr. Continued development of electrode systems may extend their usefulness to the measurement of blood ions, sugar, and urea and finally result in instruments with which analyses can be performed with a minimum of reagents and with but little delay. Electrode systems readily lend themselves to either intermittent, semiautomatic, or continuous analytical processes.

**ЧТО ТАКОЕ
БИОСЕНСОР?**

- Если вы разделите слово на «био» и «сенсор», это даст лучшее представление о том, что это такое.
- Биосенсоры — это биоаналитические системы, способные воспринимать биологические образцы. Это небольшие, мощные устройства, способные анализировать биологические образцы, чтобы понять их функцию, состав и структуру.
- Первый коммерческий биосенсор был разработан в 1975 году компанией «Yellow Springs Instruments»

Биосенсоры

Биосенсоры состоят из трёх частей:

- ❖ Биоселективного элемента.
- ❖ Преобразователя, который преобразует сигнал, появляющийся в результате взаимодействия аналита с биоселективным элементом, в другой сигнал, который проще измерить;
- ❖ Связанная электроника, которая отвечает в первую очередь за отображение результатов в удобном для пользователя виде.

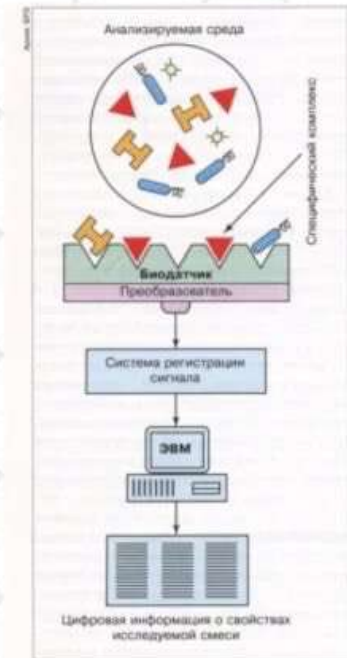


Схема устройства биосенсора.

Электрохимический метод, предложенный Кларком, стал ключевым принципом работы современных глюкометров



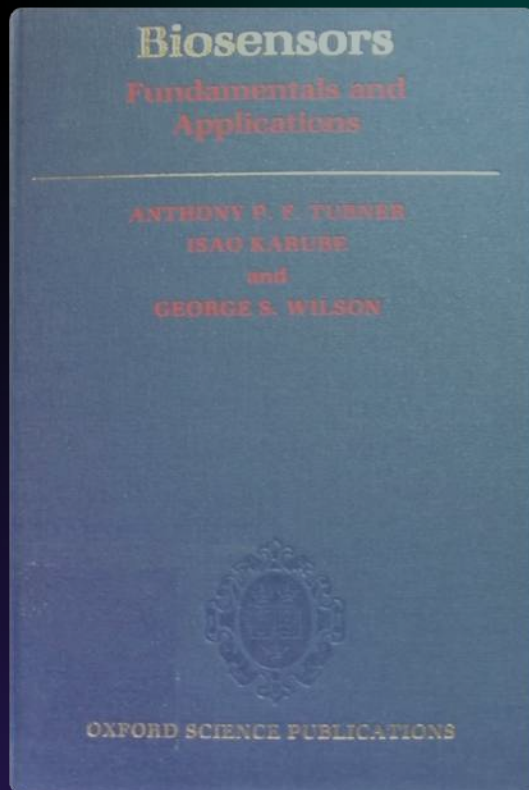
- Эта технология имеет несколько применений, не ограничиваясь медицинской помощью

Комплектование книжного фонда библиотек отдела ПНЦ БЕН РАН по направлению в биотехнологии-биосенсоры строится на междисциплинарном подходе, сочетая классическую профильную литературу

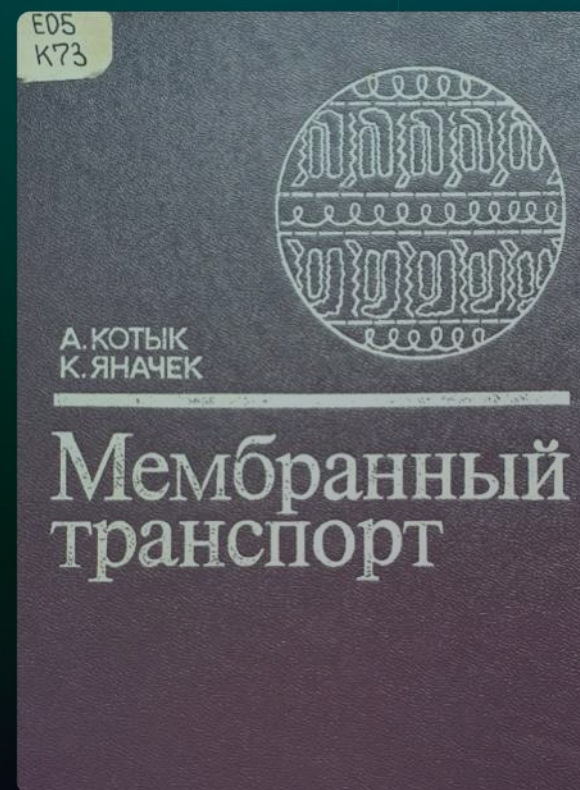
- Коллективная монография посвящена одному из важнейших достижений электрохимии - биосенсорам.
- С помощью биосенсоров становится реальным непрерывный мониторинг *in vivo* метаболитов, ферментов, белков и лекарственных препаратов.



Комплектование книжного фонда библиотек отдела ПНЦ БЕН РАН по направлению в биотехнологии-биосенсоры строится на междисциплинарном подходе, сочетая классическую профильную литературу



Biosensors : Fundamentals and applications / Turner Anthony P.E. et al. (ed.). — Oxford etc. : Oxford univ. press, 1987

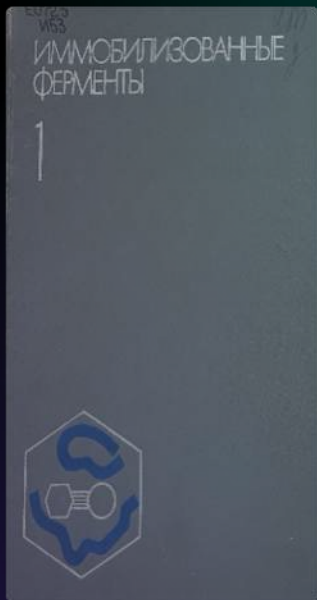


Мембранный транспорт : междисциплинарный подход / А. Котык, К. Яначек ; перевод с английского Ю. А. Ермакова, А. М. Юркевича под редакцией Ю. А. Чизмадзева. — Москва : Мир, 1980.

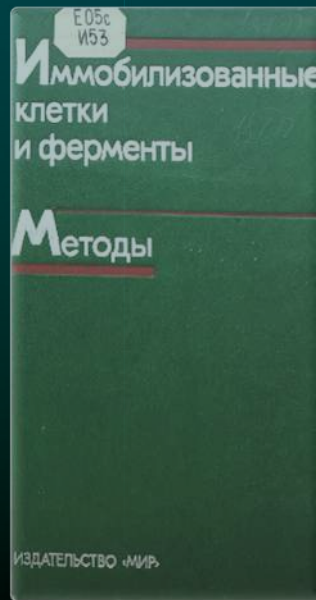
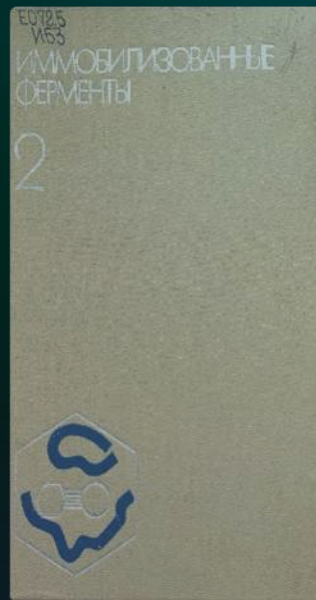


Химическая энзимология : учебник / Варфоломеев С.Д. — Москва : Academia, 2005. — 472 с. : ил. — (Высшее профессиональное образование)

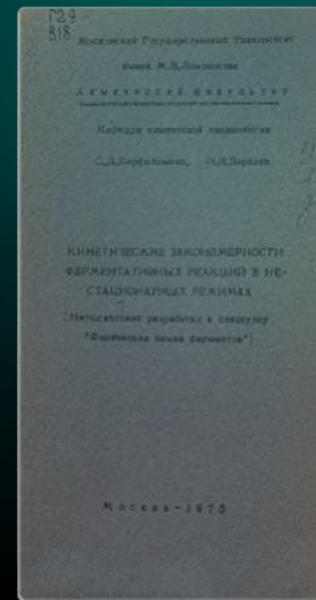
Комплектование книжного фонда библиотек отдела ПНЦ БЕН РАН по направлению в биотехнологии-биосенсоры строится на междисциплинарном подходе, сочетая классическую профильную литературу



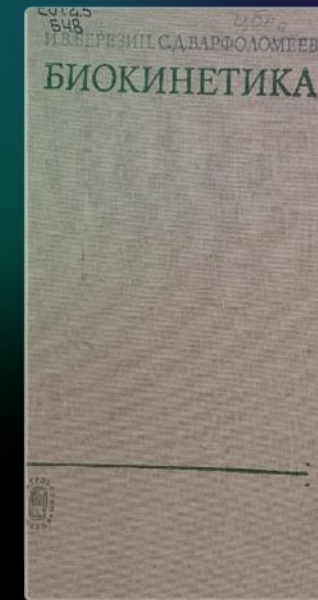
Иммобилизованные ферменты : Современное состояние и перспективы : [В 2 т.]. — 1976



Иммобилизованные клетки и ферменты / Бидей С.П., Броделиус П., Кабрал И.М. и др. Под ред. Д.Дайниченко, Г.П. Самохина, Под редак. Вудворда, Пер. с англ. Е.В. чл.-кор. АН СССР И.В. Березина. — М. : Мир, 1988. — 215 с.



Кинетические закономерности ферментативных реакций в нестационарных режимах : Метод. разраб. к спецкурсу "Физическая химия ферментов" / Березин И.В. (под общ. ред.). — Москва, 1975. — 140 с.

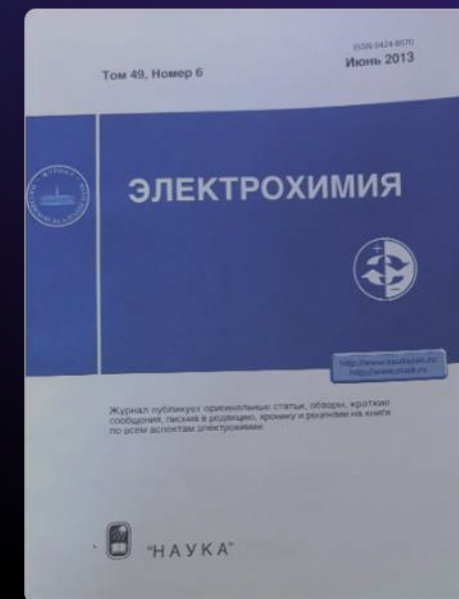
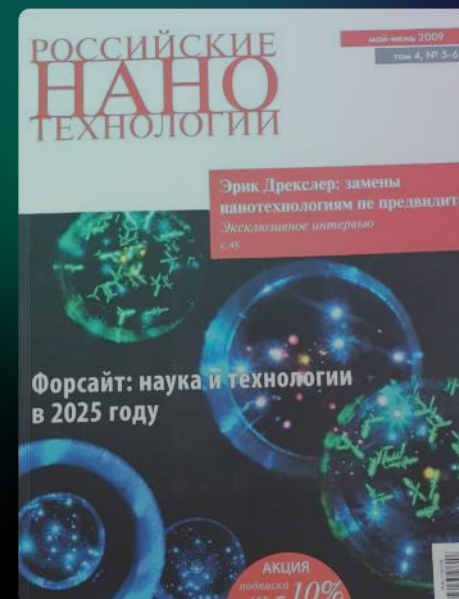
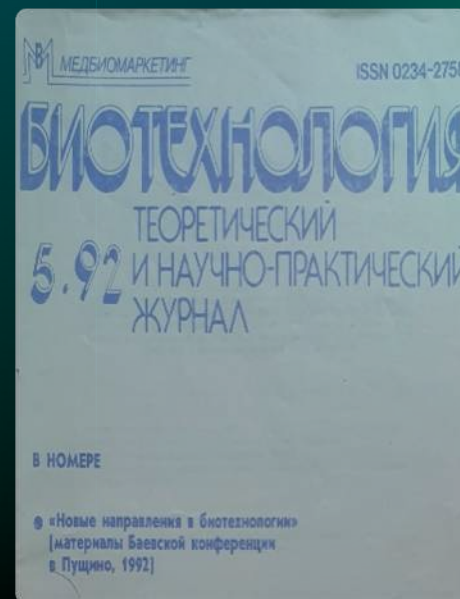


Биокинетика / И.В. Березин, С.Д. Варфоломеев. — Москва : Наука, 1979. — 311 с. : черт.

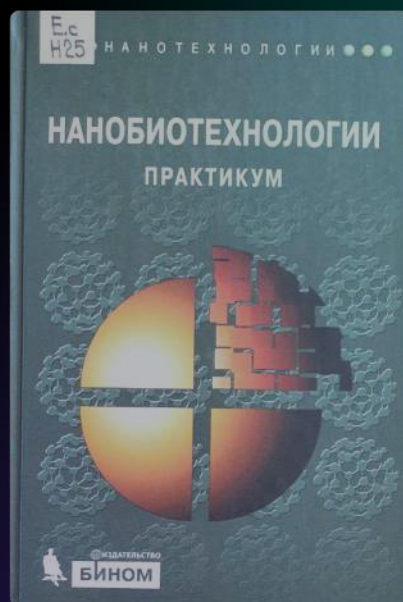


Биокинетика : практический курс : учебное пособие для вузов / Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. — Москва : ФАИР, 1999. — 716 с. :

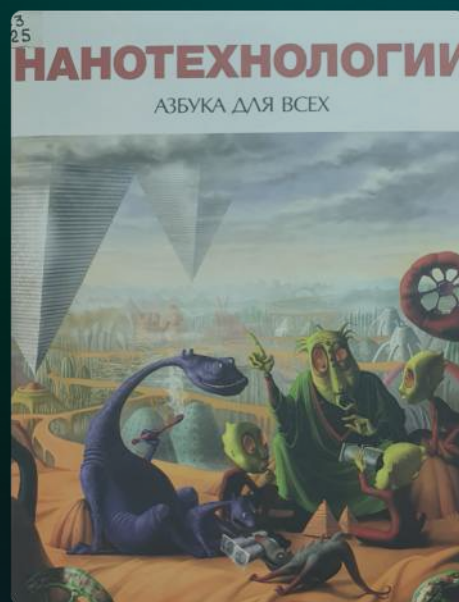
Рецензируемые научные периодические издания



Отраслевые новинки



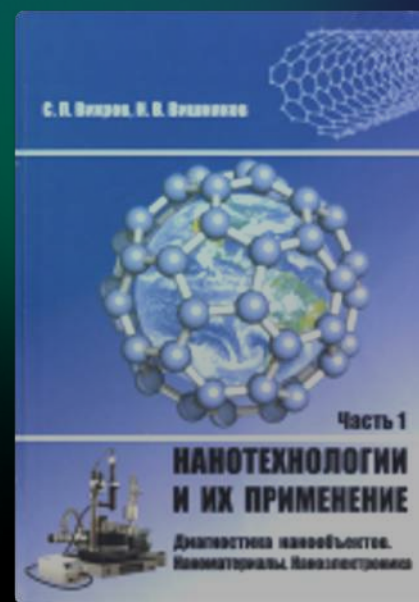
Нанобиотехнологии : практикум / Абатурова А.М. [и др.]; чл.-кор. РАН Рубин А.Б. (ред.). — Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. — 384 с., [4] л. ил. : ил., табл. — (Нанотехнологии). — ISBN 978-5-9963-0627-5.



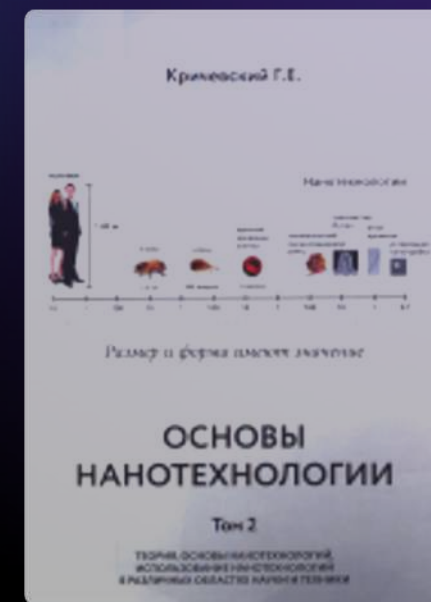
Нанотехнологии. Азбука для всех / Абрамчук Н.С. и др.; акад. Третьяков Ю.Д. (гл. ред.). — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 365 с.



Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника / Мальцев П. П. / М.: Техносфера. — 2008.



Нанотехнологии и их применение Ч. 1 : Диагностика нанообъектов. Наноматериалы. Наноэлектроника. — 2012. — 208 с. : / Вихров С.П., Вишняков Николай Владимирович. — Рязань : Сервис.



Кривчевский, Герман Евсеевич. Основы нанотехнологий. Т. 2 : Теория, основы нанотехнологий. Использование нанотехнологий в различных областях науки и техники. — 2022

Крупнейшая в Российской Федерации электронная библиотека научных публикаций, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ), доступна на русском и английском языках. База данных позволяет искать профильные монографии, диссертации и статьи по запросу «биосенсоры» / «biosensors»

ИНФОРМАЦИЯ О ПУБЛИКАЦИИ

eLIBRARY ID: 84102530 EDN: MQQAWR

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МЫШЬЯКА НА КУЛЬТУРУ *ACIDITHIOILLUS FERROOXIDANS*

КУВИЧКИНА Т.Н.¹, ЯЧКУЛА А.А.¹, АБАШИНА Т.Н.¹, ВАЙНШТЕЙН М.Б.¹, РЕШЕТИЛОВ А.Н.¹

¹ ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН», Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрабина РАН, Пушкино

Тип: тезисы доклада на конференции Язык: русский Год издания: 2025
Страницы: 115-115a

ИСТОЧНИК:
5-й РОССИЙСКИЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС
Сборник тезисов докладов. Волгоград, 2025
Издательство: Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград

ИНФОРМАЦИЯ О ПУБЛИКАЦИИ

eLIBRARY ID: 8692282 EDN: VKNZOG DOI: 10.3390/bios11050250

WHOLE CELLS OF MICROORGANISMS-A POWERFUL BIOANALYTICAL TOOL FOR MEASURING INTEGRAL PARAMETERS OF POLLUTION: A REVIEW

CHELUSKANOV M.¹, GURKIN G.², PERCHESKOV R.³, NEVEDEVA A.¹, LAVROVA T.¹, BELOUSOVA T.¹, TITOVA A.¹, PERKMANOVA YU.⁴, TARASOV S.⁴, KHARKOVA A.⁴, ARLYAPOV V.⁴, NANDIN PH.⁴, NAKAMURA H.⁴, RESHETILOV A.⁴

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Tula State University, Tula 300012, Russia
² Federal Research Center (Pushkino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences), G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Pushchino 142290, Russia
³ IRON LMR CMS 6022, Université de Bourgogne Sud, 56100 Lorieret, France
⁴ Department of Liberal Arts, Tokyo University of Technology, 1404-1, Katahira, Machi of 130-0932, Tokyo, Japan

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: английский
Том: 15 Номер: 5 Год: 2025 Страницы: 236 Опубликовано: 04.05.2025

ЖУРНАЛ:
BIOSCIENCE
ISSN: 2079-9174

АННОТАЦИЯ:
Microbial biosensors are bioanalytical devices that can measure the toxicity of pollutants or detect specific substances. This is the greatest advantage of microbial biosensors which use whole cells of microorganisms as powerful tools for measuring integral parameters of environmental pollution. This review explores the core principles of microbial biosensors including biotrial devices, emphasizing their capacity to evaluate biochemical oxygen demand (BOD), toxicity, heavy metals, surfactants, phenols, pesticides, inorganic pollutants, and microbiological contaminants. However, practical challenges, such as sensitivity to environmental factors like pH, salinity, and the presence of competing microflora, continue to hinder their broader application and long-term stability. The performance of these biosensors is closely tied to both technological advancement and the scientific understanding of biological systems, which influence data interpretation and device optimization...

▼ Показать полностью

ВИДЫ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВА:

- Входит в РИНЦ: да
- Входит в базу РИНЦ: да
- Рецензия: нет данных
- Цитирован в РИНЦ: 13
- Цитирован по базе РИНЦ: 12
- Процитировать журналы в рейтинге ISI

ТЕМАТИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ:

- Рубрика DECO: Оптический сенсор
- Рубрика ASIC: нет
- Рубрика TRITel: нет
- Специальность ВАК: нет
- Процедурный CNTR РИ: нет

Опубликованы презентации докладов на конференции "SCIENCE ANALYTICS 2025: статистика, аналитика и оценка научных исследований"

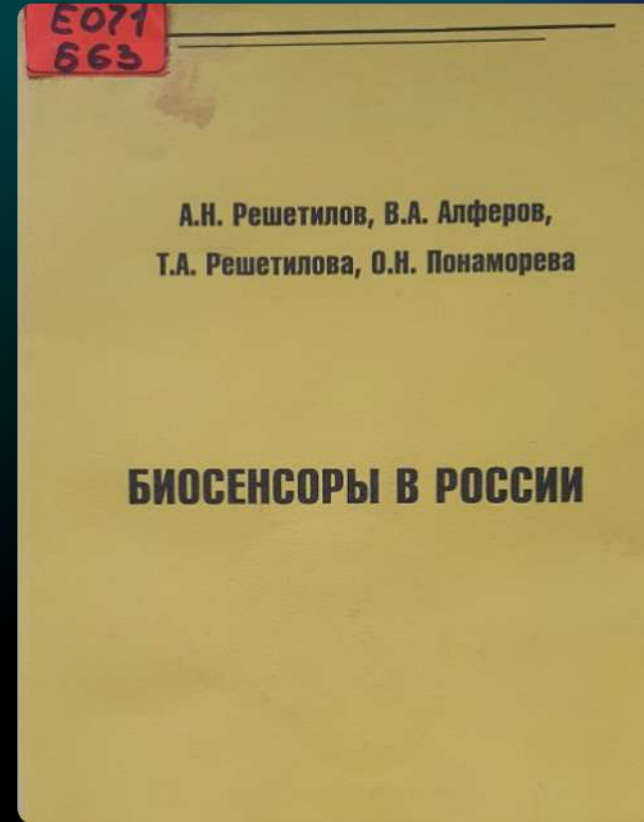
ИНСТРУМЕНТЫ

- Вернуться в список публикаций автора
- Создать новую публикацию
- Продолжить публикацию

Связанные документы:

- Полный текст, на сайте www.tmrj.com
- Добавить публикацию в подборку
- Резюмировать статью полностью и публикацию
- Обсудить эту публикацию с другими читателями
- Найти ссылки по точному названию публикации
- Дата размещения: 15.12.2025

В начале 1990-х годов на основе ВНТК биосенсоров доктор химических наук, профессор Анатолий Николаевич Решетилов выступил инициатором направления по разработке биосенсоров в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрябина (ИБФМ РАН)



В начале 1990-х годов на основе ВНТК биосенсоров доктор химических наук, профессор Анатолий Николаевич Решетиллов выступил инициатором направления по разработке биосенсоров в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скребина (ИБФМ РАН)

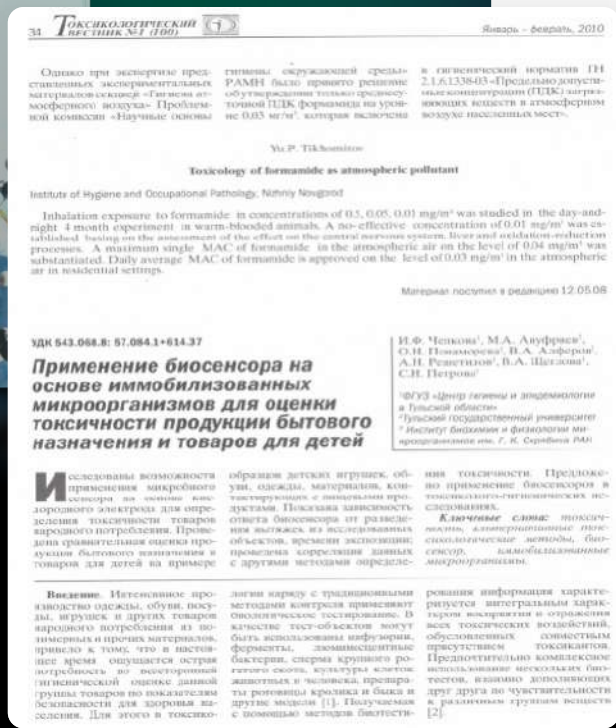




Сотрудники лаборатории биосенсоров

Медицинская биотехнология — направление биотехнологии, направленное на создание диагностических, профилактических и лечебных препаратов

Результатом работы стали выпуски статей в разных отечественных и иностранных журналах, доступных в читальных залах библиотек БЕН РАН и по централизованному межбиблиотечному абонементу БЕН РАН



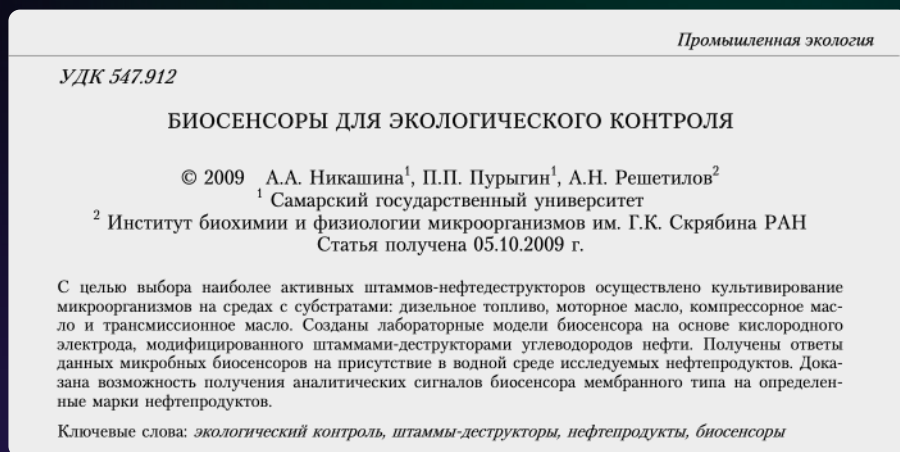
ФЕТ (FET — полевой транзистор) сенсоры для определения аммиака и мочевины — это высокочувствительные твердотельные микроэлектронные устройства

- Они работают на изменении электрической проводимости полупроводника под воздействием целевых молекул.
- В таких датчиках затвор транзистора покрыт специальной полимерной мембраной, которая селективно адсорбирует молекулы аммиака.
- Мочевина напрямую не заряжена, поэтому ее детектируют ферментативным путем с помощью интеграции ФЕТ-технологии, на затвор сенсора или на его покрытие иммобилизируется фермент уреазы

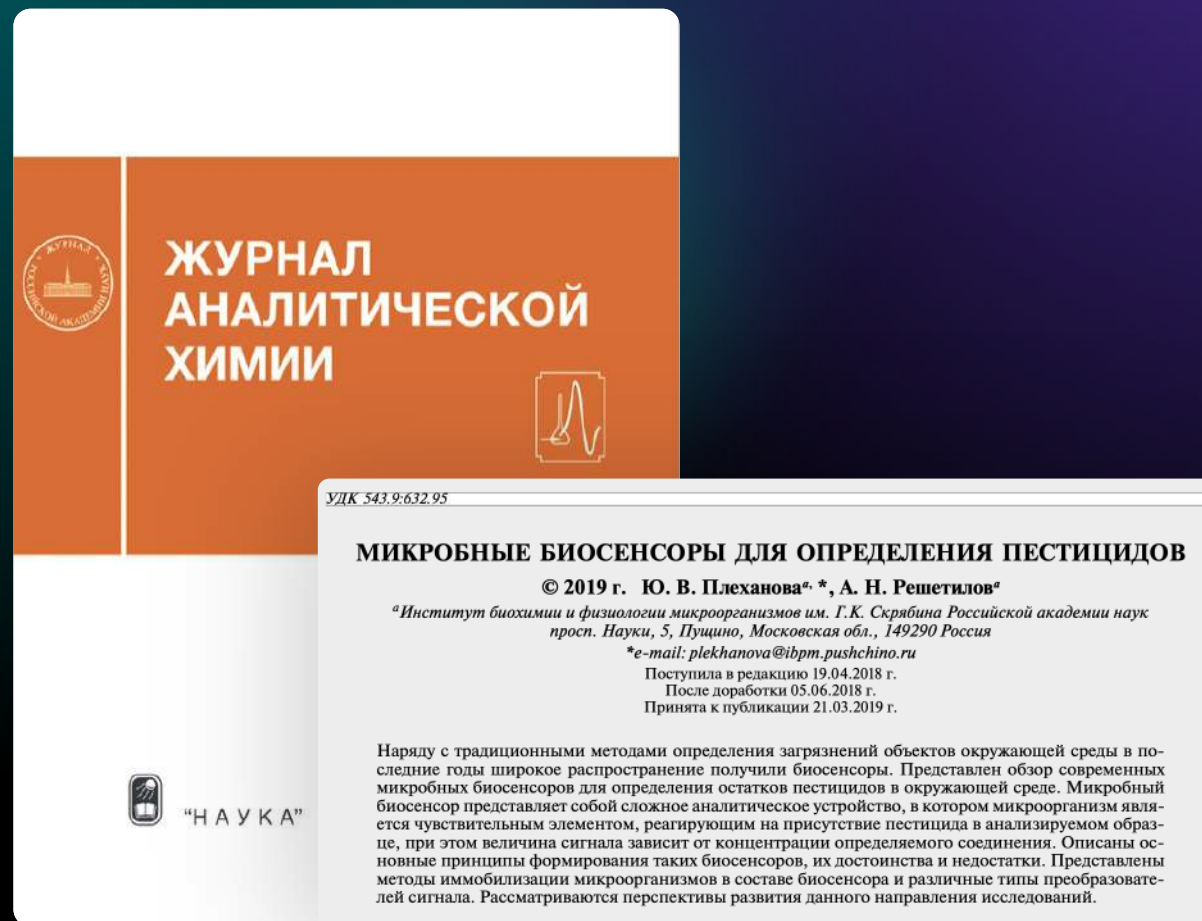
The screenshot shows a ScienceDirect article page. At the top, there is a navigation bar with 'ScienceDirect' on the left and 'Journals & Books' on the right. Below this, there are two buttons: 'Access through your organization' and 'Purchase PDF'. The article title is 'FET-based sensors with robust photosensitive polymer membranes for detection of ammonium ions and urea'. The authors listed are N Kazanskaya, A Kukhtin, and M Manenkova. The journal information is 'Biosensors and Bioelectronics, Volume 11, Issue 3, 1996, Pages 253-261'. There is also a small Elsevier logo and a thumbnail image of the journal cover. The page includes a sidebar with 'Article preview', 'Abstract', 'References (15)', and 'Cited by (45)'. The authors' affiliations are listed below the title: 'Chemical Enzymology Chair, The Lomonosov Moscow University, Moscow, Russia' and 'Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Puschino, Russia'.

Биосенсоры также могут контролировать качество окружающей среды, почвы, воды

- Они также используются в метаболической инженерии, для контроля за правильным функционированием протезов и в биологической защите.



Известия Самарского научного центра Российской академии наук.
2009. Т. 11, № 1 (6)



Журнал аналитической химии,
2019, том 74, №12, с. 883–901



ИБФМ РАН Лаборатория биосенсоров

Биосенсоры имеют повсеместное применение в различных дисциплинах

Этот метод быстр, специфичен, прост, дешев в использовании и обеспечивает более быстрые результаты при меньшем использовании реагентов. За последние 2-3 десятилетия технология биосенсоров претерпела огромные изменения

Прямое безмедиаторное окисление глюкозы мембранными фракциями бактерий



Article

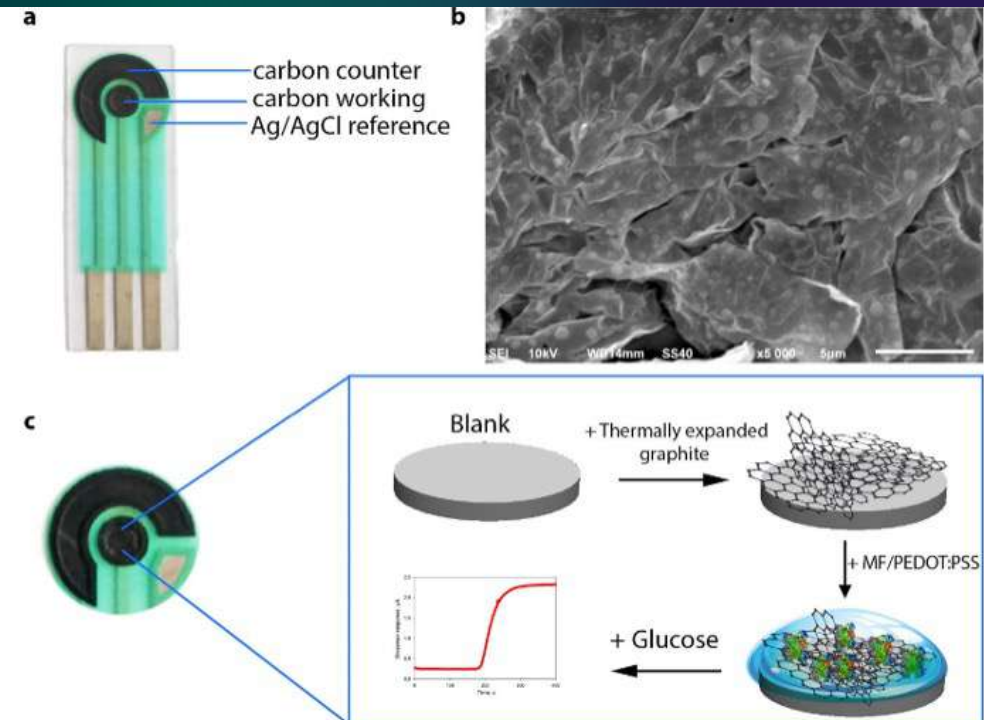
Direct Bioelectrocatalytic Oxidation of Glucose by *Gluconobacter oxydans* Membrane Fractions in PEDOT:PSS/TEG-Modified Biosensors

Anna Kitova, Sergei Tarasov, Yulia Plekhanova *¹, Aleksandr Bykov and Anatoly Reshetilov *²

G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Pushchino Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Nauki 5, Pushchino, 142290 Moscow, Russia; kitova@ibpm.pushchino.ru (A.K.); setar25@gmail.com (S.T.); agbykov@rambler.ru (A.B.)
* Correspondence: plekhanova@ibpm.pushchino.ru (Y.P.); anatol@ibpm.pushchino.ru (A.R.)

Abstract: Recent years have witnessed an ever-increasing interest in developing electrochemical biosensors based on direct electron transfer-type bioelectrocatalysis. This work investigates the bioelectrocatalytic oxidation of glucose by membrane fractions of *Gluconobacter oxydans* cells on screen-printed electrodes modified with thermally expanded graphite and poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS). Electrooxidation of glucose was shown to occur without the presence of electron transport mediators. Chronoamperometric and cyclic voltametric characteristics showed an increase of anodic currents at electrode potentials of 0–500 mV relative to the reference electrode (Ag/AgCl). The direct electron transfer effect was observed for non-modified PEDOT:PSS as well as for PEDOT:PSS linked with crosslinkers and conductive fillers such as polyethylene glycol diglycidyl or dimethyl sulfoxide. Bioelectrodes with this composite can be successfully used in fast reagent-free glucose biosensors.

check for



В развитии биосенсоров важное место заняло комбинирование наноматериалов и биомолекул

Дополнительная модификация поверхности электрода с помощью нанотрубок приводит к дальнейшему увеличению сигналов биосенсора и значительному (до 0,94 мкА/мМ) повышению чувствительности анализа

Будущее видение этой отрасли будет заключаться в создании микро-масштабной технологии, чтобы сделать её меньше и в то же время более эффективной и полезной

РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ, 2020, том 15, № 1, с. 17–24

ОБЗОРЫ

УДК 543.9:57.084:57.033

БИОСЕНСОРЫ – ДВИЖЕНИЕ ОТ МАКРО- К МИКРО- И НАНОРАЗМЕРАМ

© 2020 г. А. Н. Решетилов^{1,2,*}, П. М. Готовцев³, А. К. Сандраморти⁴, Р. Г. Васильев³

¹ Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН – обособленное подразделение ФГБУН «ФИЦ ПИЦБИ РАН», Пушкино, Россия

² Тульский государственный университет, Тула, Россия

³ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

⁴ Институт наук и технологий, Каттанкулатур, Тамил Наду, Индия

*E-mail: anatol@ibpm.pushchino.ru

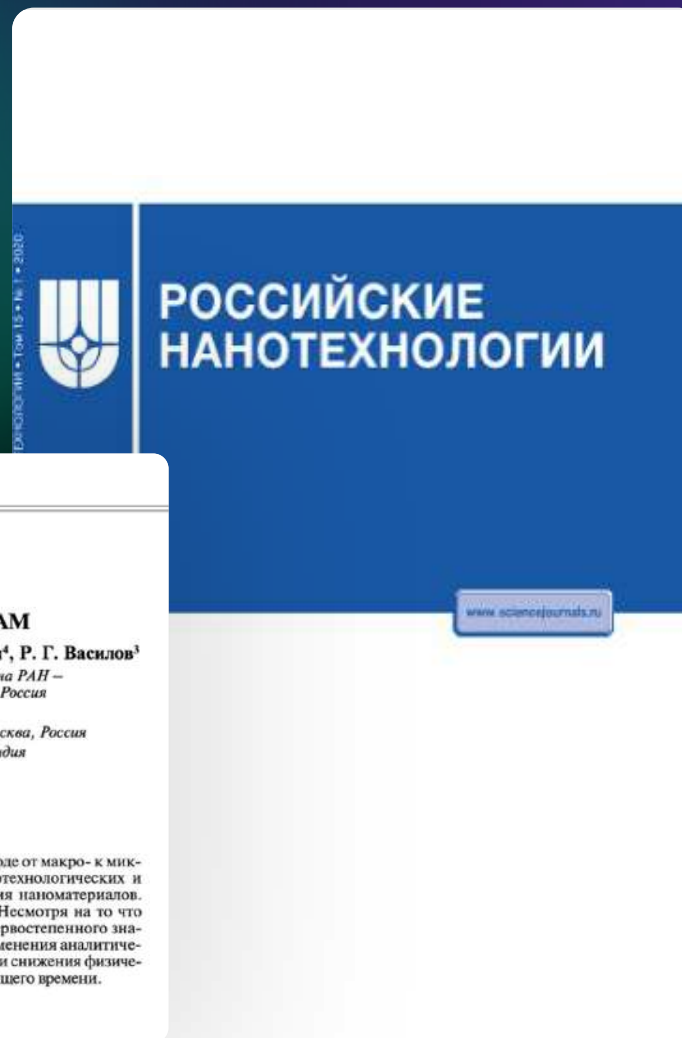
Поступила в редакцию 22.05.2020 г.

После доработки 22.05.2020 г.

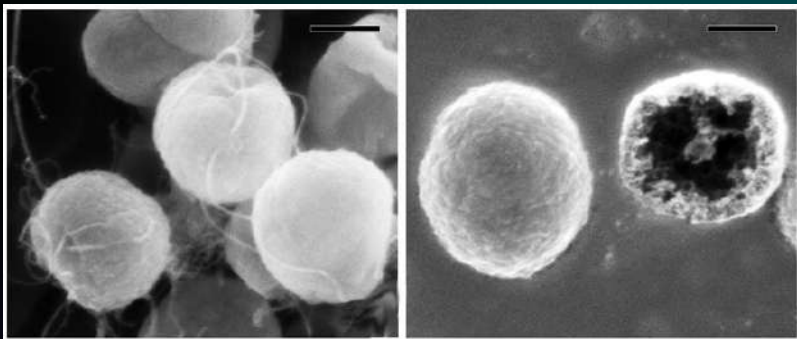
Принята к публикации 25.05.2020 г.

Рассмотрена тенденция в разработке биосенсоров, которая проявляется в переходе от макро- к микро- и наноструктурам. При успешном взаимодействии биохимических/биотехнологических и микроэлектронных технологий этот процесс ускоряется за счет использования наноматериалов. Аналогичная тенденция имеет место в разработке биотопливных элементов. Несмотря на то что размеры биосенсора не подлежат точной количественной оценке и не имеют первостепенного значения, важно обращать на них внимание при планировании практического применения аналитической аппаратуры. Наиболее эффективные примеры использованы для иллюстрации снижения физических размеров биосенсоров от момента их создания в начале 60-х годов и до настоящего времени.

DOI: 10.1134/S1992722320010045



Капсулы с ферментом и встроенными углеродными нанотрубками на поверхности электрода, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии



- Размер одиночной капсулы с ферментом — $2.8 \pm 0.5 \mu\text{m}$
- Толщина многослойной мембраны - 37 ± 3 нм, каждый слой составлял ~ 6 нм
- Размер метки соответствует $1 \mu\text{m}$



Article

Bioelectrochemical Properties of Enzyme-Containing Multilayer Polyelectrolyte Microcapsules Modified with Multiwalled Carbon Nanotubes

Anatoly Reshetilov ^{1,2,*}, Yulia Plekhanova ^{1,*}, Sergei Tarasov ^{1,2}, Sergei Tikhonenko ³, Alexey Dubrovsky ³, Alexander Kim ³, Vadim Kashin ², Andrey Machulin ¹, Gou-Jen Wang ⁴, Vladimir Kolesov ² and Iren Kuznetsova ²

- ¹ FSBIS G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region 142290, Russia; setar25@gmail.com (S.T.); and.machul@gmail.com (A.M.)
 - ² FSBIS V.A. Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Moscow 125009, Russia; vadim_kashin@mail.ru (V.K.); kvv@cplire.ru (V.K.); kuziren@yandex.ru (I.K.)
 - ³ FSBIS Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region 142290, Russia; tikhonenkosa@gmail.com (S.T.); Dav198@mail.ru (A.D.); kimerzent@gmail.com (A.K.)
 - ⁴ Department of Mechanical Engineering, National Chung-Hsing University, Taichung 402, Taiwan; gjwang@dragon.nchu.edu.tw
- * Correspondence: anamol@ibpm.pushchino.ru (A.R.); plekhanova@ibpm.pushchino.ru (Y.P.)

Received: 28 February 2019; Accepted: 11 April 2019; Published: 12 April 2019

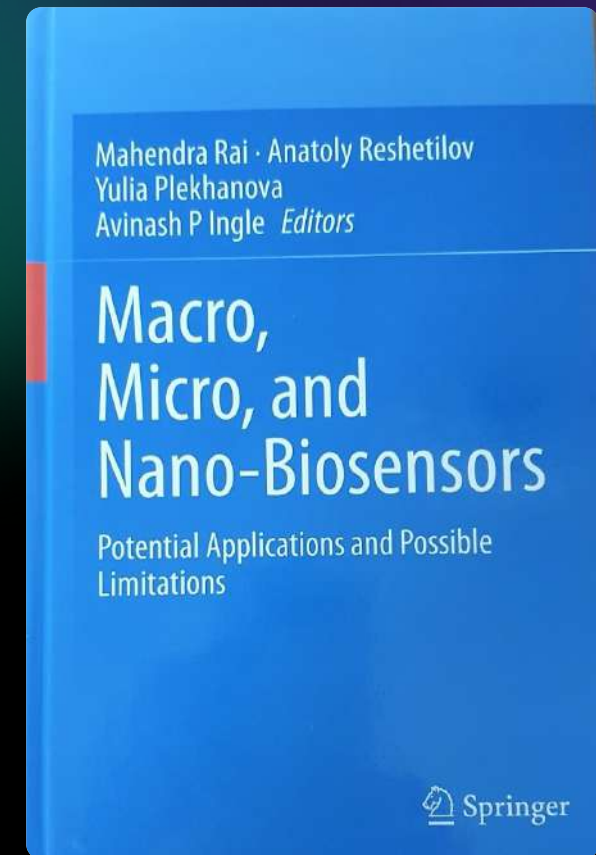




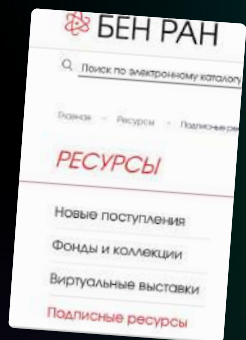
В 2021 при участии сотрудников лаборатории биосенсоров из ИБФМ и зарубежных сотрудников была издана книга на английском языке Macro, Micro, and Nano-Biosensors. Potential Applications and Possible Limitations//Eds. Mahendra Rai, Anatoly Reshetilov, Yulia Plekhanova, Avinash P. Ingle//Springer-Nature Switzerland

В книге освещаются новейшие достижения в области ферментных, иммунных, микробных и нанобиосенсоров, рассматриваются экспериментальные доказательства создания биологических топливных элементов (БТЭ).

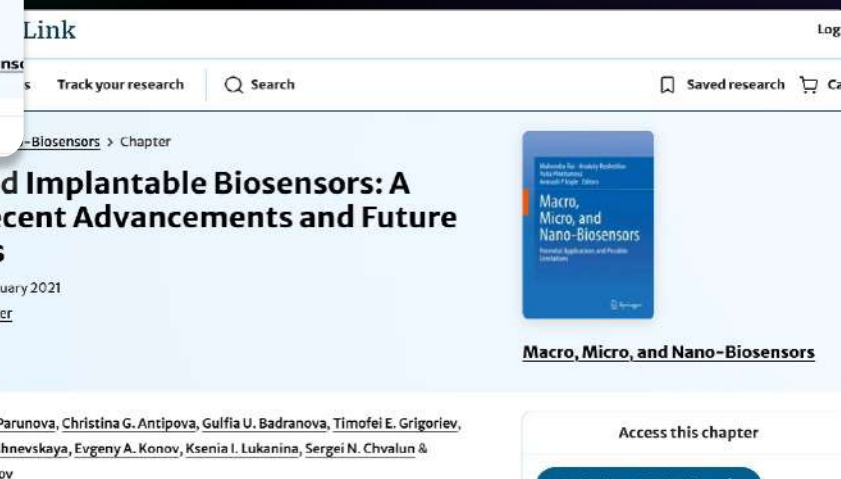
Описанные результаты указывают на возможность использования созданных моделей макро-, микро- и нанобиосенсоров, а также элементов биотоплива в сфере здравоохранения, охраны и восстановления окружающей среды.



В 2021 при участии сотрудников лаборатории биосенсоров из ИБФМ и зарубежных сотрудников была издана книга на английском языке Macro, Micro, and Nano-Biosensors. Potential Applications and Possible Limitations//Eds. Mahendra Rai, Anatoly Reshetilov, Yulia Plekhanova, Avinash P. Ingle//Springer-Nature Switzerland

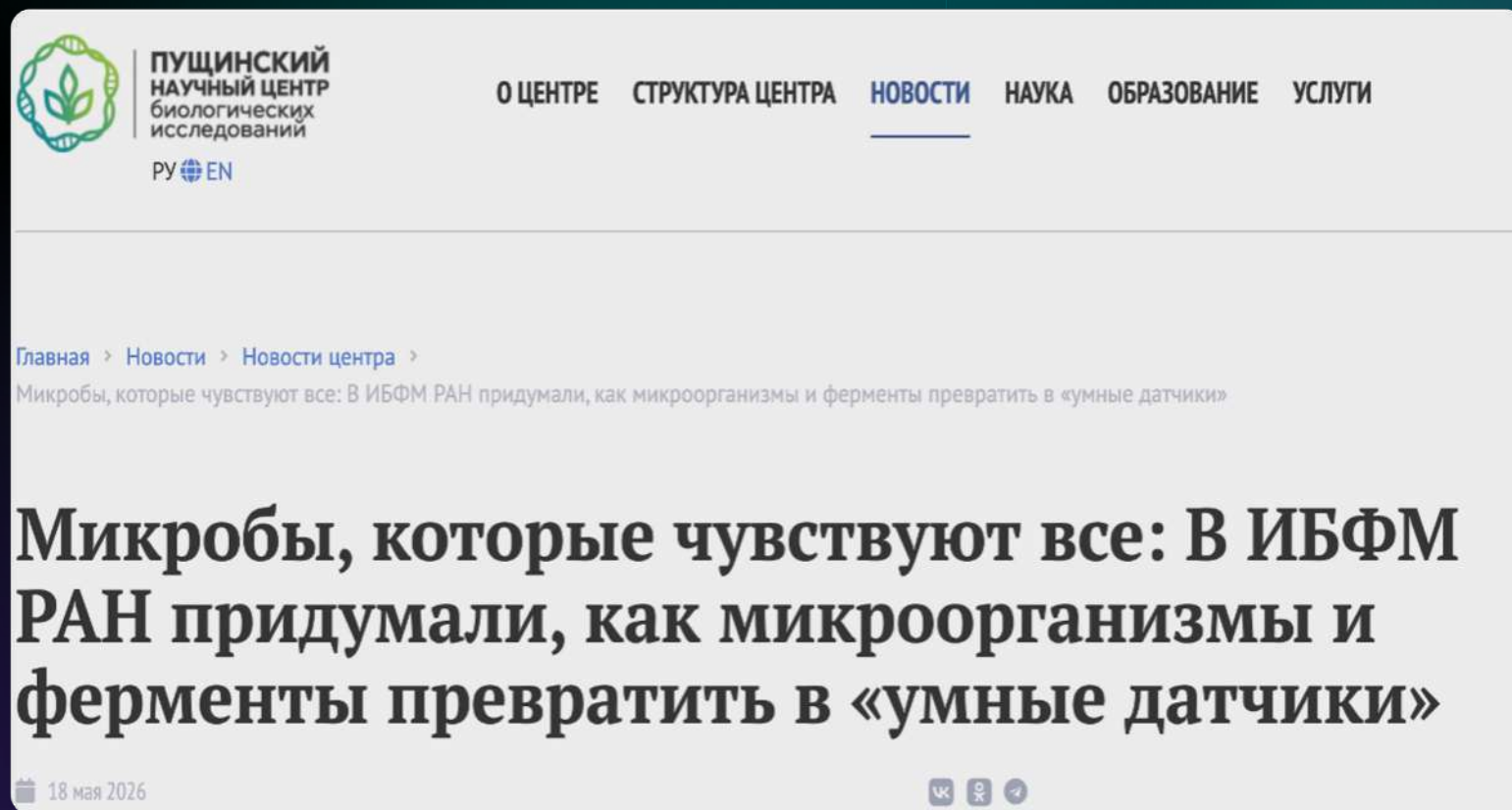



В представленных на портале БЕИ РАН в подписных ресурсах можно найти в свободном доступе главы из этой книги



Экологическая инженерия

Использование биосенсора на очистных сооружениях



 ПУЩИНСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
биологических
исследований
RU EN


[О ЦЕНТРЕ](#) [СТРУКТУРА ЦЕНТРА](#) [НОВОСТИ](#) [НАУКА](#) [ОБРАЗОВАНИЕ](#) [УСЛУГИ](#)

[Главная](#) > [Новости](#) > [Новости центра](#) >

Микробы, которые чувствуют все: В ИБФМ РАН придумали, как микроорганизмы и ферменты превратить в «умные датчики»

Микробы, которые чувствуют все: В ИБФМ РАН придумали, как микроорганизмы и ферменты превратить в «умные датчики»

18 мая 2026



Четырехканальный анализатор и тестирование реальных образцов жидкостей

В Институте биохимии и физиологии микроорганизмов РАН разработали 4-канальный биосенсор, который контролирует качество зерна и концентрацию спирта прямо в процессе производства. Он также может оценить степень очистки сточных вод.

Датчик в реальном времени следит за качеством сырья и готовностью продукта. Это помогает сократить потери и повысить выход.

Если разработки заинтересуют бизнес, в ближайшие годы они могут превратиться из лабораторных прототипов в двигатель биоэкономики.

«Биосенсоры уже становятся частью больших интеллектуальных систем. Например, в сельском хозяйстве такой датчик, встроенный в почву, сам определит нехватку влаги и даст команду на полив», — рассказала руководитель лаборатории Юлия Плеханова.



Определение глюкозы, этанола, мочевины.
Корреляция биосенсорного метода со спектрофотометрическим методом составила 80-97 %

Четырехканальное аналитическое устройство
SmartSense BioEL

Материал опубликован в газете «МК в Серпухове, Протвино, Пущино» от 8-14 апреля 2026

и в электронных СМИ:

- <https://regions.ru/serpuhov/poleznoe/rossijskie-uchenye-sozdali-biosensory-kotorye-nauchili-mikroby-rabotat-kak-analizatory>
- https://smitanka.ru/news/pushchinskie_uchyenyje_prevrashchajut_mikrobov_v_umnye_datchiki_dlya_spirtzavodov/

12 стр. «МК в Серпухове» 8 апреля 2026 года

НАУКА

serp.mk.ru

Микробы, которые чувствуют все

Юлия Николаевна Павлова, биологический инженер, доктор технических наук и профессор кафедры биотехнологии и биомедицины Серпуховского государственного университета



В ИБФН РАН в Пущино придумали, как микроорганизмы и ферменты превратить в «умные датчики»

А для нас, кроме пандемии, стоит, могут предвидеть такие датчики? Мы работаем в направлении — делаем не только сенсоры на уровне ДНК и на уровне биосенсоров, но и биологические сенсоры на уровне клеток и даже животных (рыб). В принципе, можно сделать датчик на уровне человека. Сейчас мы работаем в этом направлении.

Будущее, где датчики управляют миром

— А для нас, кроме пандемии, стоит, могут предвидеть такие датчики? Мы работаем в направлении — делаем не только сенсоры на уровне ДНК и на уровне биосенсоров, но и биологические сенсоры на уровне клеток и даже животных (рыб). В принципе, можно сделать датчик на уровне человека. Сейчас мы работаем в этом направлении.

Заставить микроба работать на вас

В чем главная сложность? Как заставить микроба делать что-то полезное? Это сложная проблема — заставить биологическую систему делать что-то полезное. Мы сейчас работаем в этом направлении. Мы хотим сделать датчик, который будет работать на вас. Мы хотим сделать датчик, который будет работать на вас.

Почему именно бактерии, а не микроскопические животные?

Почему именно бактерии? Это самые простые организмы. Они легко размножаются. Они легко адаптируются к новым условиям. Они легко переносят генетическую информацию. Они легко переносят генетическую информацию.

Вы упомянули про биосенсоры. Расскажите подробнее об этом.

Мы разрабатываем биосенсоры для контроля качества продукции. Мы разрабатываем биосенсоры для контроля качества продукции. Мы разрабатываем биосенсоры для контроля качества продукции.

Александр Блок, научный сотрудник ИБФН РАН, отвечает на вопросы читателей

Александр Блок, научный сотрудник ИБФН РАН, отвечает на вопросы читателей. Александр Блок, научный сотрудник ИБФН РАН, отвечает на вопросы читателей.



Александр Блок, научный сотрудник ИБФН РАН, отвечает на вопросы читателей. Александр Блок, научный сотрудник ИБФН РАН, отвечает на вопросы читателей.

