

На правах рукописи

Смирнов Дмитрий Геннадьевич

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
НАНОБАКТЕРИЙ И РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ
КОНТРОЛЯ ИХ КОЛИЧЕСТВА В РАЗЛИЧНЫХ
ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Специальность 25.00.36-Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск, 2007

Работа выполнена в Томском государственном университете
систем управления и радиоэлектроники

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор
Карташев Александр Георгиевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Адам Александр Мартынович

кандидат технических наук, доцент
Бородин Александр Семенович

Ведущая организация:

Томский политехнический университет

Защита состоится «30» мая 2007 года в 14 ч 30 мин
на заседании диссертационного совета Д 212.267.14
при Томском государственном университете
(624050, г. Томск, пр. Ленина, 36).

С диссертацией можно ознакомиться

в Научной библиотеке Томского государственного
университета.

Автореферат разослан «20» апреля 2007 года

Ученый секретарь

диссертационного совета
доктор физико-математических наук,
профессор

Копылова Т.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации Микроорганизмы, к которым относятся бактерии, грибы, актиномицеты являются важным геоэкологическим фактором, оказывают существенное воздействие, как на объекты природной среды, так и на объекты техногенной деятельности человека, в частности, на металлоконструкции, строительные материалы, гидротехнические сооружения и другие материалы и конструкции (В.Ф. Смирнов, 2000; В.А. Баженов, Л.И. Киркин, 1972). При благоприятных условиях некоторые виды микроорганизмов скапливаются в огромной массе (А.А. Горбушина, Н.Н. Ляликова, 2002). В результате воздействия различных биологических факторов на строительные и промышленные материалы, на многие естественные объекты окружающей природы, происходит изменение их физических, механических, химических и других свойств. По литературным данным более 60 % общего объема биоповреждений вызывается микроорганизмами (Л.А. Своркова, Е.Н. Андреюк, 1980; Соломатов, 2001). К таким очень важным геоэкологическим факторам, оказывающих существенное влияние на многие природные объекты, а также на здоровье людей и животных, относятся нанобактерии. Официальной датой открытия этого вида бактерии, названной за ее малые размеры нанобактерией, считается 1988 год. Впервые эту карликовую бациллу обнаружил среди минералов скальных пород, земных карбонатов, вулканического туфа и в водной среде горячих источников в окрестностях Неаполя, американский геолог профессор Техасского Университета Роберт Фольк (Folk R.L. и др. 1988–2002).

Р. Фольк в 1988 году, исследуя горные породы, расположенные вблизи геотермальных источников, предположил, что эти породы – продукт жизнедеятельности обнаруженных им нанобактерий, так как он не мог иначе объяснить столь быстрое производство кальциево-карбонатных породных примесей в источнике с естественной химией процессов, там происходящих. Р. Фольк высказал предположение, что нанобактерии могут не только производить горные породы, но и питаться ими (Folk R.L. и др. 1990). Впоследствии Роберт Фольк установил, что средами обитания нанобактерий, помимо

указанных выше, могут быть также различные металлы, газ и нефтепродукты.

Это открытие, само по себе, может быть, так и осталось незамеченным, если бы ни результаты исследований финских учёных, показавших, что одной из причин камнеобразования в почках является этот вид бактерий.

В немецкой коллекции микроорганизмов (DSM 581 19-DSM 582) открытые Р. Фольком нанобактерии было предложено ввести в качестве нового рода "*Nanobacteria sanguineum*", способного к биоминерализации и отложению минеральных образований не только в объектах природной среды, но и в тканях человека.

Согласно исследованиям финских ученых (Kajander E. O. et al., 1998) она единственная из рода хламидий способна к биоминерализации в природе и в организме человека, что подтверждено и другими исследователями и признано NASA. В настоящее время уже имеется достаточно много зарубежных публикаций, в которых выявляются всё новые аспекты проявления этих бактерий в геоэкологических процессах и в различных недугах человечества (Kajander O. 1998; E.O.Kajander, M. Bjorklund, and N. Ciftcioglu, 1998; B.R. Heywood, N.H.C. Sparks, R.P. Shellis, S. Weiner, and S. Mann, 1990; K.M. Kim, 1995; N. Ben-Omar, J.M. Arias and M.T. Gonzales-Munoz, 1997; S.J. Mojzsis, G. Arrhenius, K.D. McKeegan, T.M. Harrison, A.P. Nutman, and C.R.L. Friend, 1996; N. Ciftcioglu and E.G. Kajander, 1998; K.K. Akennan, J.T. Kuikka, N. Ciftcioglu, J. Parkkinen, K.A. Bergstrom, I. Kuronen and E.G. Kajander, 1997; E.G. Kajander and N. Ciftcioglu, 1998; D.S. McKay, K.G. Everett Jr., K.L. Thomas-Keppta, H. Vali, C.S. Roraanek, S.J. Clemett, X.D.F. Chillier, C.R. Maechling and R.N. Zare, 1996).

В связи с вышесказанным представляет большой интерес проведение дальнейших исследований проявлений нанобактерий в объектах природной среды, разработка и создание методов идентификации и контроля количества нанобактерий в разных минералах, исследование влияние разнообразных факторов на процессы жизнедеятельности и скорость роста колоний нанобактерий, изучение роли нанобактерий в различных заболеваниях человека. Таким образом, выбранная тема диссертации яв-

ляется **актуальной, и направлена на решение важной геоэкологической проблемы.**

Объектом исследования являются нанобактерии, их морфологические и информационные признаки, среды обитания, воздействие на различные объекты природной среды, включая и биообъекты, а также способы их контроля.

Цели исследования. Целью исследования является оценка геоэкологических особенностей нанобактерий, их влияния на объекты природной среды и разработка способов контроля их количества в различных минеральных образованиях.

Задачи исследования. В конкретной постановке задачи исследования можно сформулировать следующим образом:

1. Провести исследования структуры и состава минеральных образований в питьевой воде и других объектах природной среды, в том числе и в биологических объектах, и оценить геоэкологическую роль нанобактерий в их образовании.

2. Исследовать статистические зависимости распределения диаметров нанобактерий, и использовать эти зависимости в качестве одного из информационных признаков при распознавании нанобактерий в различных объектах природной среды.

3. Исследовать и разработать частотный способ контроля количества нанобактерий в твердых минеральных образованиях.

4. Исследовать и разработать импедансный способ подсчета нанобактерий в воде и в минеральных образованиях.

5. Разработать способы активирования воды, и исследовать влияние активирования воды на скорость деления нанобактерий.

Методики исследований. В работе использованы современные методы: оптическая и электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, фотоспектральный инфракрасный Фурье анализ. В исследованиях были использованы разнообразные электронные приборы: анализатор цепей «OBSOR-103», измеритель импеданса Е 7-2, измеритель емкости Е 8-4, универсальная пробивная установка УПУ-1М, аналитические демпферные весы АДВ-200, осциллографы и др. Для обработки статистического материала использовались регрессионный и корреляционный анализы. Математические модели

сопоставлялись с экспериментальными данными. Достоверность измерений обеспечивалась аттестационной метрологической базой санитарно-эпидемиологических и других лабораторий и соответствующей статистической обработкой результатов.

Основные положения выносимые на защиту.

1. В источниках питьевой воды Томска и Томской, в минеральных осадках в ней, в некоторых горных породах, в минеральных образованиях, возникающих при различных заболеваниях в органах человека и животных присутствуют колонии нанобактерий, введенных в немецкой коллекции микроорганизмов (DSM 581 19-DSM 582) в новый род "Nanobacteria sanguineum".

2. Диаметры оболочек нанобактерий изменяются в диапазоне от 50 до 220 нанометров, и распределены по нормальному закону.

3. В водных растворах под воздействием электрического поля нанобактерии приобретают отрицательный электрический заряд и транспортируются в область анода.

4. Щелочная среда стимулирует рост нанобактерий, тогда как кислотная среда угнетает их, при этом изменение рН от 9 до 11 приводит к увеличению скорости деления по сравнению с обычной водой рН=7, от 20 % до 30 %, а изменение рН от 5 до 4 замедляет скорость деления нанобактерий от 20 % до 35 %.

Научная новизна работы

1. Разработан частотный способ контроля количества нанобактерий, относящихся к новому роду "Nanobacteria sanguineum", в твердых минеральных образованиях различных объектов природной среды.

2. Разработан импедансный способ контроля нанобактерий, относящихся новому роду "Nanobacteria sanguineum".

Практическая значимость. Полученные данные имеют следующую практическую важность:

1. Показано, что водозаборы Томска и Томской области насыщены бактериями нового рода "Nanobacteria sanguineum", которые не только являются источником минеральных загрязнений водопроводных систем, но и представляют реальную опасность для человека, принимая участие в образовании мине-

ралов в различных органах и тканях при некоторых заболеваниях человека и животных. Практическая значимость этого заключается в том, что выявленный факт диктует необходимость поиска путей очистки воды от этого вида бактерий и необходимость введения в СанПин контроля источников питьевой воды на наличие этого вида бактерий.

2. Получены сведения о статистических законах распределения размеров нанобактерий. Практическая значимость этих результатов заключается в том, что выявленный интервал возможных значений диаметров нанобактерий, является характерным только для нового рода "*Nanobacteria sanguineum*". Этот новый результат может быть использован в качестве одного из основных информационных признаков для идентификации нанобактерий, обнаруженных в различных минералах, а также для правильного подбора фильтров, используемых для очистки воды от нанобактерий.

3. Разработаны способы контроля воды и минеральных осадков на наличие и оценки количества в этих объектах нанобактерий. Эти разработки и исследования могут быть использованы в СанПин.

4. Разработаны способы и устройства активирования воды, которые могут быть использованы не только для снижения активности нанобактерий, и, следовательно, для снижения скорости минералообразования в различных объектах природной среды, для воздействия на другие виды микроорганизмов, медицине, в сельском хозяйстве для ускорения роста полезных растений, в разнообразных технологических процессах, для повышения их эффективности.

5. Получены результаты, которые показывают, что при воздействия электрическим полем на нанобактерии, находящиеся в воде, они приобретают отрицательный электрический заряд и перемещаются под действием поля к аноду. Этот факт можно использовать для очистки воды от нанобактерий.

6. Результаты исследований и разработок использованы в учебном процессе специальности 020801 «ЭКОЛОГИЯ» по специализации «Мониторинг окружающей среды кафедры радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга Томского университета систем управления и радио-

электроники при выполнении лабораторных и практических работ, в научных исследованиях студентов, в курсовых и дипломных работах.

Апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы были представлены на I Всероссийской научно-практической конференции «Провинциальный город: Экономика, экология, Архитектура, культура» (Пенза, 2003г); на 6-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности» (Томск, 2004); На XIX Международной конференции «Уравнения состояния вещества», (Эльбрус, 2004); на Всероссийской научно-технической конференции студентов и молодых ученых: «Научная сессия ТУСУР 2004» (г. Томск, 2004); на Международной конференции «Сибресурс – 2004», (г. Новосибирск, 2004); на Международной научно-практ. конференции: «Электронные средства и системы управления» (Томск, 2004); на Седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности» (Томск, 2005); на I Международной научно-практической конференции по лесопользованию, экологии и охране лесов: фундаментальные и прикладные аспекты (Томск, 2005); на 5-й Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, Республика Беларусь, 2005); на V Международной биогеохимической школы «Актуальные проблемы геохимической экологии» V-th International biogeochemical school «Topical Problems of Geochemical Ecology» (Семипалатинск – Казахстан 2005); на Международной конференции «Сибресурс 2005», (г. Барнаул, 2005); на Международной конференции «Сибресурс 2006», (г. Тюмень, 2006); на XI Всероссийской конференции студентов и молодых ученых: «Наука и образование» – 2007 г.; На Всероссийской научно-технической конференции студентов и молодых ученых: «Научная сессия ТУСУР-2007», 2007 г.

В процессе работы было опубликовано 21 печатная работа, среди которых 5 статей, 3 заявки на изобретения, по которым

получены положительные решения; а также 13 сообщений в сборниках докладов и тезисов международных и всероссийских конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка. Содержание диссертационной работы изложено на 129 страницах, включая 6 таблиц и 29 рисунков.

Работа выполнена на кафедре радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга Томского государственного университета систем связи и радиоэлектроники под руководством доктора биологических наук, профессора А.Г. Карташева. Считаю своим долгом выразить признательность своему научному руководителю, за его неоценимую помощь в планировании моих исследований, в постоянном обсуждении и корректировке заданий, в формировании моего научного мировоззрения и в написании диссертации.

Хочу поблагодарить кандидата технических наук, руководителя лаборатории электронной микроскопии федерального государственного предприятия «Варион» Миллера А. Н. за квалифицированную помощь в проведении многочисленных микроскопических исследований.

Благодарен многим сотрудникам Томского политехнического университета, академического института сильноточной электроники, сотрудникам Томского государственного университета, коллегам по работе и всем тем, кто помогал завершить эту работу, и оказывал научную и моральную поддержку в возникавших у меня проблемах в процессе работы над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, кратко изложено содержание диссертации и основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проводится обзор научных работ, посвященных исследованию нанобактерий и их геоэкологических проявлений. Проведен анализ объекта исследований – нанобактерий и их геоэкологических особенностей.

В разделе «Питьевая вода и её некоторые экологические характеристики» описывается общая проблема водной среды и методы ее экологического контроля. Особое внимание уделено проблемам питьевой воды г. Томска и районов Томской области. Проведен обзор существующих методов контроля и активации воды. Делается некоторый акцент на работы, посвященные исследованию влияния состава воды на статистику различных заболеваний. Отмечено, что ряд работ направлено на выявление взаимосвязи отдельных заболеваний с химическим составом воды. Подчеркивается, что работ, посвященных анализу взаимосвязи различных заболеваний между собой, которые могли бы указать на общность или различие экологических причин их вызывающих, в доступной нами литературе не обнаружено. Указано, что нет ни одной работы, посвященных исследованию наличия нанобактерий в питьевой воде г. Томска и Томской области. Отсутствуют данные и о геоэкологическим влиянии нанобактерий, находящихся в воде, не только на состав и процесс образования минералов на здоровье людей и животных. Далее проводится обзор, зарубежной и отечественной литературы, посвященной геоэкологическим проблемам открытых нанобактерий. Указано, что их средой обитания являются разнообразные объекты окружающей среды: минеральная вода, горные породы, железо, алюминий, различные минералы и т.д. Затрагивается вопрос об эколого-биологических аспектах проявления нанобактерий, и показано что они могут являться геоэкологическим источником различных заболеваний человека и животных. Приводятся работы финских ученых, во главе с профессором О. Кояндером, работы амери-

канского ученого Н. Линча и др., в которых отмечается высокая агрессивность открытых нанобактерий и причастность их ко многим заболеваниям людей: к желчекаменной и мочекаменной болезням, к склерозу, катаракте и иным заболеваниям. В конце главы сформирована цель работы и задачи, которые необходимо решить для её реализации.

Во второй главе рассмотрены материалы и методы исследований. Глава начинается с подробного анализа объекта исследования. Приводятся методы идентификации нанобактерий. Рассматривается схема исследований нанобактерий. Приводятся методики подготовки образцов и их исследований.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований. В первом разделе главы описаны результаты исследования питьевой воды г. Томска и Томской области. Показано, что питьевая вода г. Томска и районов Томской области насыщена нанобактериями. Причем технологическая обработка воды при подготовке её к потреблению не дает каких либо результатов по её очистке от нанобактерий. Это наглядно подтверждают фотографии (рис. 1) осадков воды, после различных стадий её технологической подготовки, исследованные с помощью сканирующей электронной микроскопии.

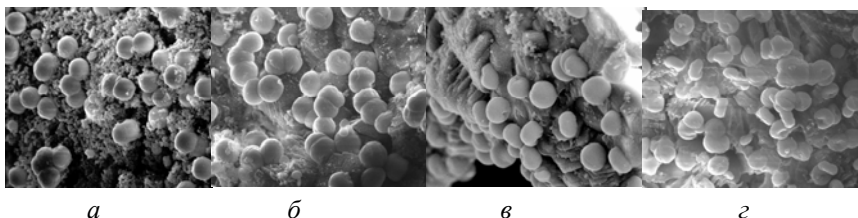


Рис. 1. Фотография со сканирующего электронного микроскопа (а – из скважены; б – после аэрирования; в – после фильтрации; г – после хлорирования). Конденсат питьевой воды $\times 5000$.

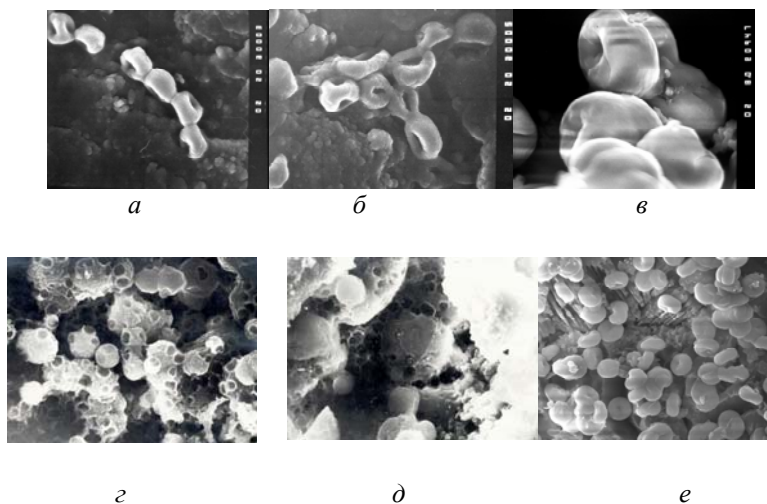
Колонии нанобактерий овоидной формы.

Диаметр нанобактерии 0,2–0,9 мк

Далее приводятся исследования минерального состава питьевой воды с помощью рентгеноструктурного и фотоспектрального инфракрасного Фурье анализа. Показано, что, не смотря на значительное отличие в химическом составе вод, во всех водах

присутствуют элементы, входящие в состав минеральных оболочек нанобактерий и, в частности, карбонатапатит, составляющий основу оболочек нанобактерий. По результатам исследований делается заключение о том, что питьевая вода г. Томска и Томской области – геоэкологической источник возможного заражения человека и животных нанобактериями.

Во втором разделе третьей главы приведены результаты исследований минеральных образований в органах человека и животных. С помощью электронной просвечивающей микроскопии показано, что нанобактерии составляют основу зубных, почечных, мочевых камней и других минеральных образований в больных органах человека и животных, что наглядно демонстрируют фотографии, полученные с использованием электронной микроскопии, приведенные на рис. 2.



*Рис. 2. Сканирующая электронная микроскопия.
 Колонии нанобактерий: а – зубной камень коровы $\times 20000$;
 б – зубной камень свиньи $\times 30000$; в – осадок воды Томского
 водозабора $\times 60000$; г – зубной камень человека $\times 5000$;
 д – желчный камень человека $\times 5000$;
 е – осадок воды из Томского водозабора $\times 5000$*

Состав минеральных камней исследовался нами разнообразными методами, в том числе и с помощью инфракрасного Фурье-фотоспектрометра. Для определения состава того или иного камня мы снимали его спектр на фотоспектрометре, а затем сравнивали его с эталонными спектрами, заложенными в базу фотоспектрометра спектров разнообразных веществ.

Состав вещества определялся по совпадению сравниваемых спектров. В частности, поскольку по данным Р. Фолька и О. Каяндера оболочка нанобактерий состоит в основном из карбонатапатита, мы, в наших исследованиях, при помощи фотоспектрометра Infracum FT-801 сняли спектр карбонатапатита, с которым, как с эталоном, сравнивали спектры всех исследуемых минералов, удаленных из больных органов человека или животных. На рис. 3 приведены спектр карбонатапатита (вверху) и спектр желчного камня (внизу).

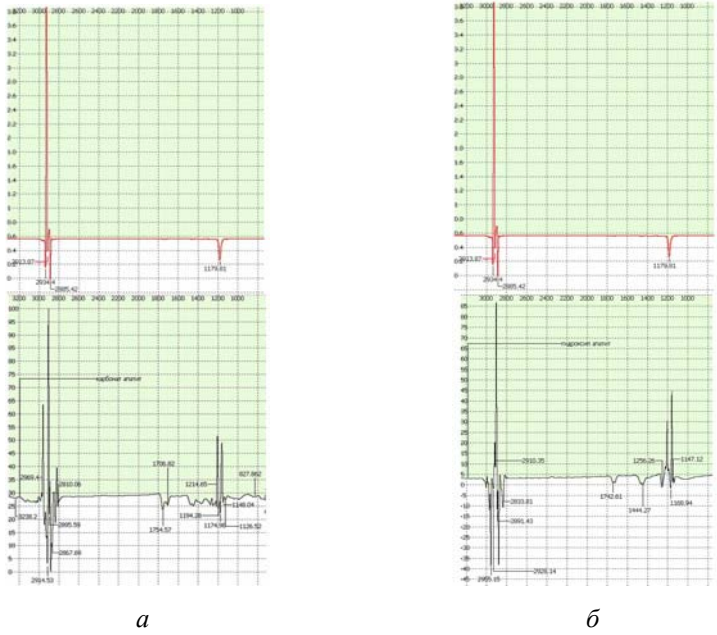


Рис. 3. а, б – спектр желчного камня больной Г. (вверху);
 а – спектр карбонатапатита (внизу);
 б – спектр карбоксилапатита (внизу)

Рис. 3 наглядно показывает, что в основу выявленных нами микроорганизмов составляет карбонатапатит, что также подтверждает идентичность микроорганизмов исследованных нами с нанобактериями открытыми Р. Фольком и О. Каяндером. Этот же факт подтверждает рентгеноструктурный анализ минеральных образований в больных органах человека и животных, результаты которого также освещены в разделах третьей главы.

Далее проводились исследования и анализ статистических законов распределения диаметров нанобактерий. На рис. 4. приведены гистограммы распределения нанобактерий в различных минеральных образованиях, а в табл. 1 приведены экспериментальные данные, на основе которых строились гистограммы.

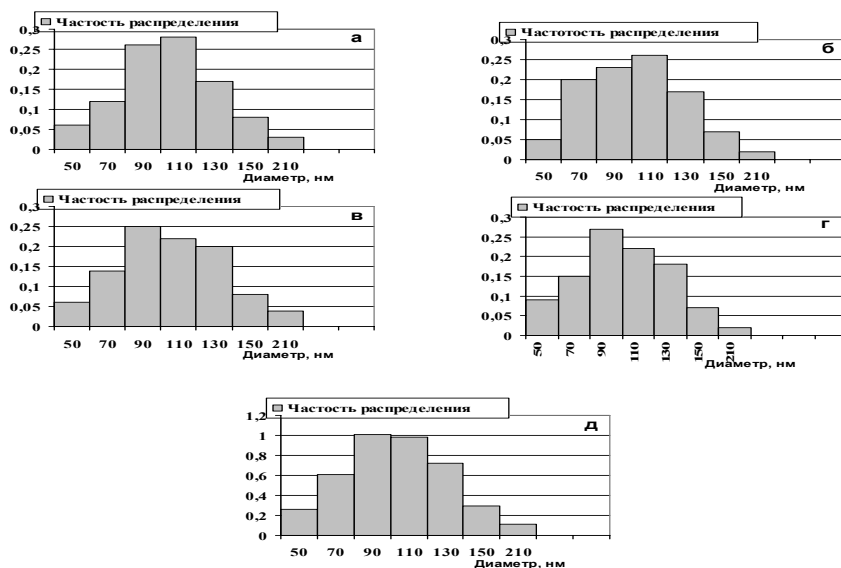


Рис. 4. Частота распределения диаметров хламидий в минеральных образованиях: а – в воде; б – в зубных камнях; с – в почечных камнях; д – в желчных камнях; е – интегральное распределение

Как следует из гистограмм рис. 4 и табл. 1, диаметры нанобактерий, находящиеся в различных минеральных образованиях, лежат в диапазоне от 40 до 220 нм. Среднестатистический

диаметр нанобактерий колеблется от 98 до 105 нм, а дисперсия их диаметров лежит в диапазоне от 769 до 944 нм².

Интервальное распределение размеров нанобактерий в различных минеральных образованиях приведено в таблице.

Таблица 1

Интервальное распределение диаметров нанобактерий

Минеральное образование	Частоты распределения диаметров хламидий по интервалам ΔD_i , нм										\bar{D} , нм	S_i^2 , нм ²
	40...60	60...80	80...100	100...120	120...140	140...160	160...180	180...200	200...220			
В воде	6	12	26	28	17	8		3			103,0	769,1
В зубных камнях	5	20	23	26	17	7		2			100,0	885,0
В желчных камнях	9	15	27	22	18	7		2			98,1	882,3
В почечных камнях	6	14	25	22	20	8		4			105,2	944,0
Совокупный (интегральный) минерал	26	61	101	98	72	30		11			101,5	868,1

На рис. 4,е и в нижней строке таблицы приведены интегральные частоты распределения диаметров нанобактерий, которые были получены суммированием частот распределения диаметров нанобактерий, полученных в различных минеральных образованиях. Анализ интегрального закона распределения по χ^2 критерию показал, что он близок к нормальному с доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Четвертая глава посвящена разработке методов контроля количества нанобактерий в воде и твердых минералах.

В первом разделе четвертой главы изложены основные принципы импедансного метода контроля количества нанобактерий. Импедансная технология в микробиологии является непрямым культуральным методом для определения микроорганизмов с использованием измерения электрического сопротивления. Изменения импеданса происходят в питательной среде по мере

того, как ее химический состав преобразуется в результате роста и метаболической активности микроорганизмов. Под действием микроорганизмов заряженные конечные продукты метаболизма выделяются в ростовую среду. В основном незаряженные или слабозаряженные субстраты превращаются в сильнозаряженные конечные продукты: белки утилизируются до аминокислот, углеводы и жиры – до органических кислот и т.д. Образующиеся метаболиты имеют меньший размер и, таким образом, более подвижны. Эти электрохимические процессы приводят к существенным изменениям импеданса. Когда количество микроорганизмов достигает порога около 10^6 – 10^7 клеток/мл, наблюдаются экспоненциальные изменения импедансного сигнала. Время, необходимое для достижения значимого изменения импеданса, называется временем определения импеданса ($t_{импj}$). Значение $t_{импj}$ обратно пропорционально начальной концентрации микроорганизмов в исследуемой пробе. Ход кривых импедансного сигнала соответствует и отражает кривую роста микроорганизмов в исследуемой пробе.

На рис. 5 приведены графики зависимости времени резкого падения импеданса от первоначальной концентрации n_{0j} в исследуемой пробе воды.

Зависимости, приведенные на рис. 5 строились следующим образом. Исследуемая вода пропускалась через ультрапористый фильтр с диаметром пор, не превышающих 50 нм. Это гарантировало отсутствие в пробах всех видов бактерий, в том числе и изучаемых нами, так как размер всех известных бактерий превышает 50 нм. После этого часть воды активировалась, путем пропускания её вблизи высоковольтного индуцирующего электрода (рис. 6). Значение pH в разных образцах воды было разным и регулировалось изменением величины и знака потенциала на высоковольтном электроде. После подготовки образцов воды с различными значениями pH, из них отливались одинаковые по величине объемы и в каждый из этих объемов высыпался измельченный до порошкообразного состояния минерал, образованный колониями нанобактерий (в нашем случае таким минералом служили желчные камни).

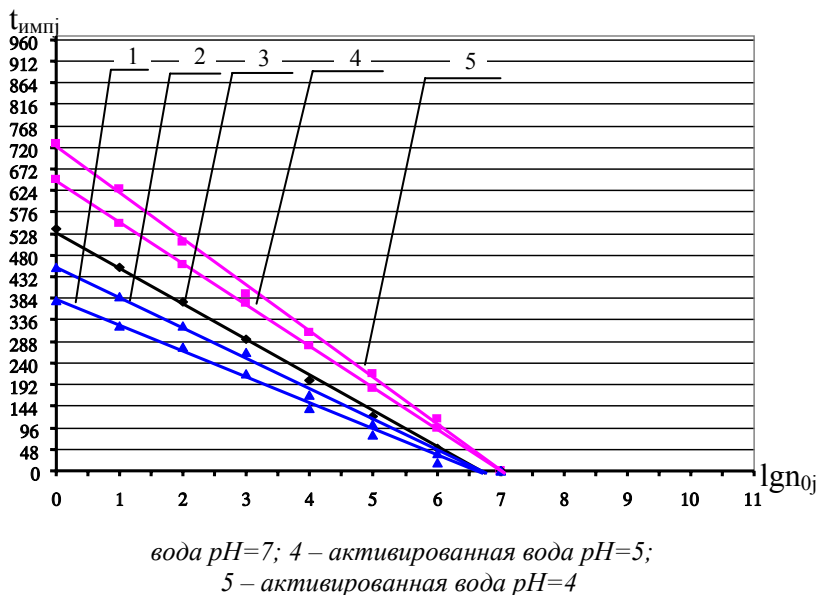
В том, что минерал содержал колонии нанобактерий, убеждались при помощи электронной микроскопии, и при этом од-

новременно определяли их концентрацию. Обеспечив в каждой пробе различную концентрацию нанобактерий n_{0j} , смешивали эти образцы с питательной средой в соотношении 1:9. В качестве питательной среды была взята серийно выпускаемая различными фирмами фетальная сыворотка плодов коровы, Research Grade EU Approved Serum. (Фетальная сыворотка трижды профильтрованная через 0,1 мкм-фильтр. Содержание эндотоксинов менее 10 EU/ml. Сертифицирована по правилам европейского сообщества (Директива 92/118/ЕЕС)). После этого полученную смесь ставили в автоклав, в котором поддерживалась постоянная температура 37⁰С. Периодически через каждый час измерялся импеданс у каждого образца. Эта процедура осуществлялась до момента времени $t_{импj}$, при котором начинало наблюдаться резкое падение импеданса. По полученным результатам строились графики зависимости $t_{импj} = f(n_{0j})$ в полулогарифмическом масштабе.

Из графиков на рис. 5. следует, что щелочная среда (кривые 1,2) стимулирует рост нанобактерий, тогда как кислотная угнетает их (кривые 1,2). Из рис. 5 следует также, что деление нанобактерий существенно продолжительнее, чем деление известных видов бактерий. Эти данные согласуются с результатами, полученными О. Кояндером, который утверждал, что если деление обычных бактерий происходит в течение нескольких часов, то для деления нанобактерий требуется не менее 3-х суток (О. Кояндером, 2001). В третьем разделе четвертой главы изложены основные принципы частотного метода контроля количества нанобактерий в твердых минералах. Суть предложенного нами метода контроля концентрации и количества нанобактерий в твердых минералах заключается в следующем. Минеральное образование, например, осадки, взятые из питьевой воды, зубной, почечный или желчный камень, в которых нужно определить концентрацию нанобактерий, представляют собой пористую структуру. Поскольку оболочки нанобактерий состоят из карбонатапатита, то предварительно берут образец карбонатапатита и измеряют его диэлектрическую проницаемость $\epsilon(f)_a$ на частоте электромагнитного поля f , лежащую в диапазоне от 0,35 МГц до 2,35 МГц. Выбор диапазона частот, в котором измеряют диэлектрическую проницаемость можно пояснить с помощью

рис. 6, на которой приведена зависимость диэлектрической проницаемости карбоната апатита от частоты. На рис. 6 видно, что в диапазоне частот от 0,35 МГц до 2,35 МГц диэлектрическая проницаемость карбоната апатита не зависит от частоты. На частотах менее 0,35 МГц и более 2,4 МГц такая зависимость есть. Поэтому для снижения ошибок контроля целесообразно выбирать частоту электромагнитного поля в диапазоне от 0,35 МГц до 2,35 МГц.

Рис. 5. Графики зависимости времени резкого падения импеданса от первоначальной концентрации n_{0j} в исследуемой пробе воды при разных значениях рН: 1 – активированная вода рН=11; 2 – активированная вода рН=8; 3 – не активированная



Затем, измеряется диэлектрическая проницаемость минерального образования $\epsilon(f)_{обр}$, например, зубного, почечного или желчного камня, в котором нужно определить концентрацию нанобактерий. Измерение производится на той же частоте электромагнитного поля f , лежащей в диапазоне от 0,35 МГц до 2,35 МГц, что и частота, на которой осуществляли

измерение диэлектрической проницаемости образца карбонатапатита $\epsilon(f)_a$.



Рис. 6. Зависимость диэлектрической проницаемости карбонатапатита от частоты электромагнитного поля

Минеральное образование, например, зубной, почечный или желчный камень представляет собой пористую структуру, которую можно представить в виде статистической смеси нанобактерий (сфероидные образования) с воздушными прослойками. Диэлектрическую проницаемость статистической смеси, состоящей из нанобактерий и пузырьков воздуха можно описать уравнением Лихтеннекера-Ротера (см. Тареев Б.М., 1973.)

$$\ln \epsilon(f)_{обр} = \frac{V_H}{V_{обр}} \times \ln \epsilon(f)_a + \frac{V_{обр} - V_H}{V_{обр}} \ln \epsilon(f)_в \quad (1)$$

где V_H – объем, который занимают в образце нанобактерии; $V_{обр}$ – объем минерального образования части, у которой измеряют диэлектрическую проницаемость $\epsilon(f)_{обр}$; $\epsilon(f)_в$ – диэлектрическая проницаемость воздуха на частоте f .

Так как в выбранном диапазоне частот $\epsilon(f)_в = 1$, то выражение 1 можно записать

$$\ln \varepsilon(f)_{\text{обр}} = \frac{V_H}{V_{\text{обр}}} \times \ln \varepsilon(f)_a. \quad (2)$$

С другой стороны концентрация нанобактерий k в минеральном образовании равна

$$k = \frac{V_H}{V_{\text{обр}}}. \quad (3)$$

Используя выражения (2) и (3) получаем, что концентрация нанобактерий в минеральном образовании равна

$$k = \frac{V_H}{V_{\text{обр}}} = \frac{\ln \varepsilon(f)_{\text{обр}}}{\ln \varepsilon(f)_a} \quad (4)$$

$$V_H = N V_{1н} = \frac{4}{3} N \pi R^3 \quad (5)$$

где N – количество нанобактерий в образце; $V_{1н}$ – объем одной нанобактерии R – среднестатистический радиус нанобактерии

$$V_H = k V_{\text{обр}} \quad (6)$$

$$k V_{\text{обр}} = \frac{4}{3} N \pi R^3 \quad (7)$$

$$N = \frac{3k V_{\text{обр}}}{4\pi R^3} \quad (8)$$

Поскольку объем минеральных образований $V_{\text{обр}}$ разный, то целесообразно осуществлять оценку нанобактерий в единице объёма. Для этого формулу восемь, левую и правую часть нужно разделить на $V_{\text{обр}}$

$$n = N / V_{\text{обр}} = \frac{3k}{4\pi R^3} \quad (9)$$

В третьем разделе четвертой главы приведены способы активирования воды с использованием её гидролиза и при помощи оригинального высоковольтного способа, позволяющих в широких диапазонах изменять рН.

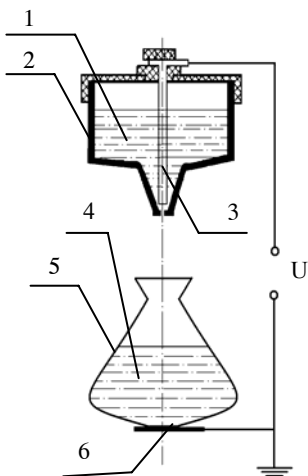


Рис. 7. Индукционная высоковольтная установка для активирования воды: 1 – вода; 2 – диэлектрический сосуд; 3 – высоковольтный электрод; 4 – активированная вода; 5 – диэлектрический сосуд; 6 – заземленный электрод

На рис. 7 приведена индукционная высоковольтная установка для активирования воды, служащая для пояснения сущности технологии активирования.

Вода поступает в диэлектрический сосуд и её частицы, соприкасаясь с высоковольтным электродом, приобретают положительный или отрицательный заряд в зависимости от знака потенциала, приложенного к высоковольтному электроду. Заряженные частицы воды поступают в диэлектрический сосуд 5, стоящий на заземленном электроде 6. В сосуде 6 образуется активированная вода, которая может иметь щелочные или кислотные свойства. Водородный показатель pH можно изменять в широких пределах путем изменения величины и знака потенциала на высоковольтном электроде 3.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертационной работе:

1. Установлено, что в источниках питьевой воды Томска и Томской области, и в минеральных осадках в ней, в некоторых горных породах, в минеральных образованиях, возникающих при различных заболеваниях в органах человека и животных присутствуют колонии нанобактерий, относящихся к новому роду "Nanobacteria sanguineum".

2. Показано, что диаметры оболочек нанобактерий изменяются в диапазоне от 50 до 220 нанометров и подчиняются нормальному закону распределения.

3. Разработан частотный метод контроля количества нанобактерий в твердых минеральных образованиях, в основе которого лежит представление этих образований в виде статистической смеси, описываемой уравнением Лихтеннекера – Ротера, измерение диэлектрической проницаемости карбонатапатита и исследуемого минерального образования на частоте, лежащей в диапазоне частот от 0,15 до 2,3 до мегагерц, и последующее вычисление количества нанобактерий с использованием проведенных измерений максимальная относительная погрешность которого составляет 11,8 %.

4. Разработан импедансный способ контроля количества нанобактерий в воде, являющийся непрямым культуральным методом для определения микроорганизмов, основанный на изменении импеданса, происходящего в питательной среде по мере того, как ее химический состав преобразуется в результате роста и метаболической активности микроорганизмов, максимальная относительная погрешность которого составляет 13,1 %.

5. Предложен и реализован индукционный высоковольтный способ активирования воды, позволяющий изменять значение рН в широком диапазоне и результаты полученные с помощью его применения, которые показывают, что при изменении рН от 6 до 4 в 1,3–1,4 раза снижается скорость деления нанобактерий, и, следовательно, скорость минералообразования, а и изменение рН в диапазоне от 8 до 11,5 в 1,2–1,3 раз повышает её.

6. Показано, что карбонатапатитные оболочки бактерий, относящиеся к новому роду "Nanobacteria sanguineum", при проведении гидролиза воды приобретают отрицательный электрический заряд и транспортируются под действием электрического поля в область анода.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерия – новый гидроэкологический фактор // ЖУРНАЛ «НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ», № 18, 2004. – С. 27–31.

2. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерия – новая экологическая проблема // Сибирский экологический журнал, 5 (2006). – С. 561–565.

3. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Экологический фактор преждевременного старения человека – нанобактерия // Вестник сибирского отделения наук высшей школы, № 1(9), 2005. – С. 26–35.

4. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Эколого-медицинский аспект проблемы нанобактерий // Доклады государственного университета систем управления и радиоэлектроники 3(12), 2006. – С. 124–129.

5. Смирнов Д.Г., Волкова Н.Н. Нанобактерии – как биоиндикатор экологического неблагополучия среды или заболелания человека // Известия ТПУ, том 309, № 8, 2006. – С. 179–182.

6. Заявка на патент РФ №200710029515(000627). Бездиафрагменный электролизер / Пасько О.А., Семенов А.В., Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. / МПК: С 25В9/00,11/03;С 02 F 1/461 / Заявл. 09.01.2007. (Положительное решение).

7. Заявка на патент РФ №2007100597/15(000627). Бытовой диафрагменный электролизер / Пасько О.А., Семенов А.В., Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г./ МПК: С 25В9/00,11/03;С 02 F 1/461 / Заявл. 09.01.2007. (Положительное решение).

8. Заявка на патент РФ №2007100598/15(000627). Способ получения жидкого стимулятора – антиоксиданта / Пасько О.А., Семенов А.В., Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. / МПК: С 25В9/00,11/03;С 02 F 1/461 / Заявл. 09.01.2007. (Положительное решение).

9. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерия и её экологическое проявление // Тезисы XIX Международной конференции «Уравнения состояния вещества», Эльбрус, 2004. – С. 158–160.

10. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерия – опасный экологический фактор // Сборник материалов: 6-я Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности». – Томск, 2004. – С. 43–46.

11. Смирнов Г.В., Волков В.Т., Волкова, Смирнов Д.Г. Исследование питьевой воды Томской области на наличие в ней нанобактерий // «Провинциальный город: экономика, экология, архитектура, культура»: сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2003 г. – С. 88–91.

12. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Статистическая связь между заболеваниями щитовидной железы, сахарным диабетом, желчекаменной и мочекаменной болезнями // Материалы Международной научно-практ. конференции: «Электронные средства и системы управления». – Томск, изд-во института оптики атмосферы СОРАН 2004 г., в трех частях, часть 2. – С. 40–45.

13. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Статистический анализ связи между минеральным составом воды и заболеваниями человека зубом, уролитиазом, сахарной и желчекаменной болезнями // Материалы Международной научно-практ. конференции: «Электронные средства и системы управления». – Томск, изд-во института оптики атмосферы СОРАН 2004 г., в трех частях, часть 2. – С. 45–47.

14. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерии – пусковой фактор некоторых заболеваний // V Международная биогеохимическая школа "Актуальные проблемы геохимической экологии" V-th International biogeochemical school" Topical Problems of Geochemical Ecology "Семипалатинск – Казахстан, Semipalatinsk – Kazakhstan, 2005.

15. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Нанобактерия и статистика некоторых заболеваний // Материалы 5-ой Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века, в 3 частях. г. Минск, Республика Беларусь. Ч. 1. – С. 156–157.

16. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г., Зотова Н.В. Статистика некоторых заболеваний по районам Томской области // Проблемы

информационной безопасности государства, общества и личности: Материалы Седьмой Всероссийской научно-практической конференции. Томск, 16–18 февраля 2005 г. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2005. – С. 127–13018.

17. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Эколого-медицинский аспект проблемы нанобактерий // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: Материалы Седьмой Всероссийской научно-практической конференции. Томск, 16–18 февраля 2005 г. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2005. – С. 130–133.

18. Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г., Зотова Н.В. Корреляционные связи между некоторыми заболеваниями / Материалы I Международной научно-практической конференции по лесопользованию, экологии и охране лесов: фундаментальные и прикладные аспекты. 21–22 марта 2005 г. – Томск. – С. 292–293.

19. Смирнов Д.Г. Жидкие антиоксиданты и бездиафрагменный электролизер для их получения // Сборник материалов XI Всероссийской конференции студентов и молодых ученых: «Наука и образование». – 2007.

20. Смирнов Д.Г. Индукционный высоковольтный способ активации воды // Сборник материалов XI Всероссийской конференции студентов и молодых ученых: «Наука и образование». – 2007.

21. Смирнов Д.Г. Частотный метод контроля количества нанобактерий в твердых минеральных отложениях // Сборник материалов Всероссийской научно технической конференции студентов и молодых ученых: «Научная сессия ТУСУР-2007». – 2007.

22. Смирнов Д.Г. Импедансный метод контроля нанобактерий в воде // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции студентов и молодых ученых: «Научная сессия ТУСУР-2007». – 2007.

Тираж 100. Заказ 457.
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40