

Мир микробов: новое или не известное?

Публичная лекция

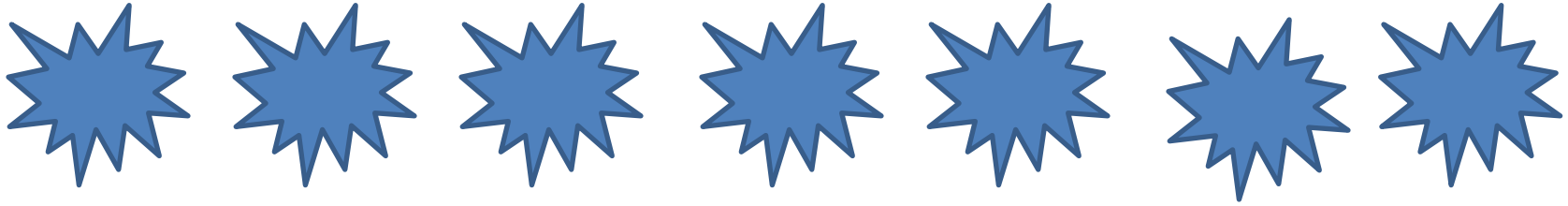
Алла Брянская

Вопросы к теме:

- Что такое «новое» в мире микробов ?
- Где искать?
- Как находить?
-?



Темы:

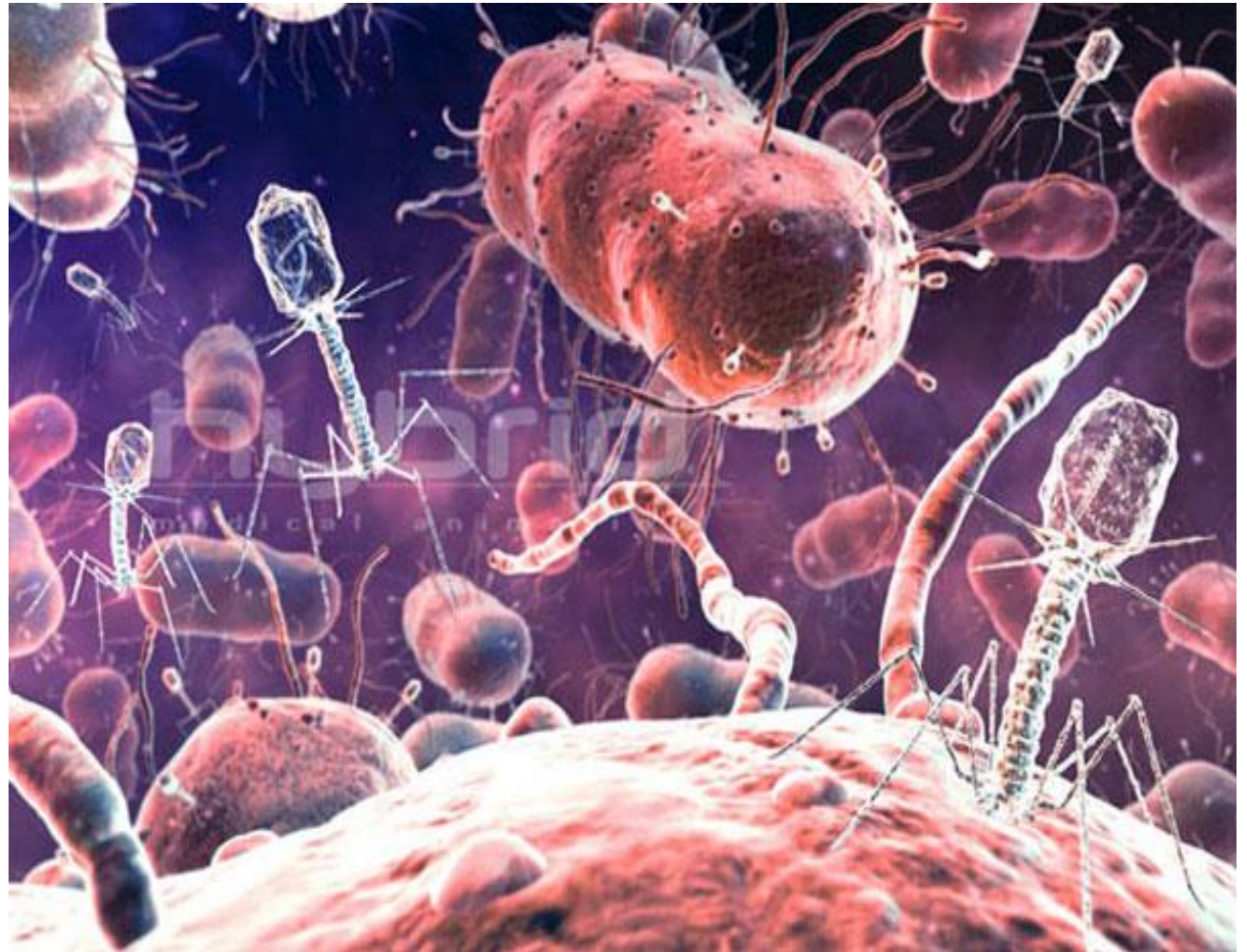


Таксономия прокариот
Многообразие микроорганизмов
«Новое» в СМИ
«Новое» в научной литературе
Микроорганизмы внутри нас
Полезные микроорганизмы
Микроорганизмы в природе

«Микроорганизмы составляют более 95% разнообразия на планете»

50-90% от всей
биомассы
биоты

Из 1 000 000
видов
микроорганизмов
(известно только
0,4%) !!!

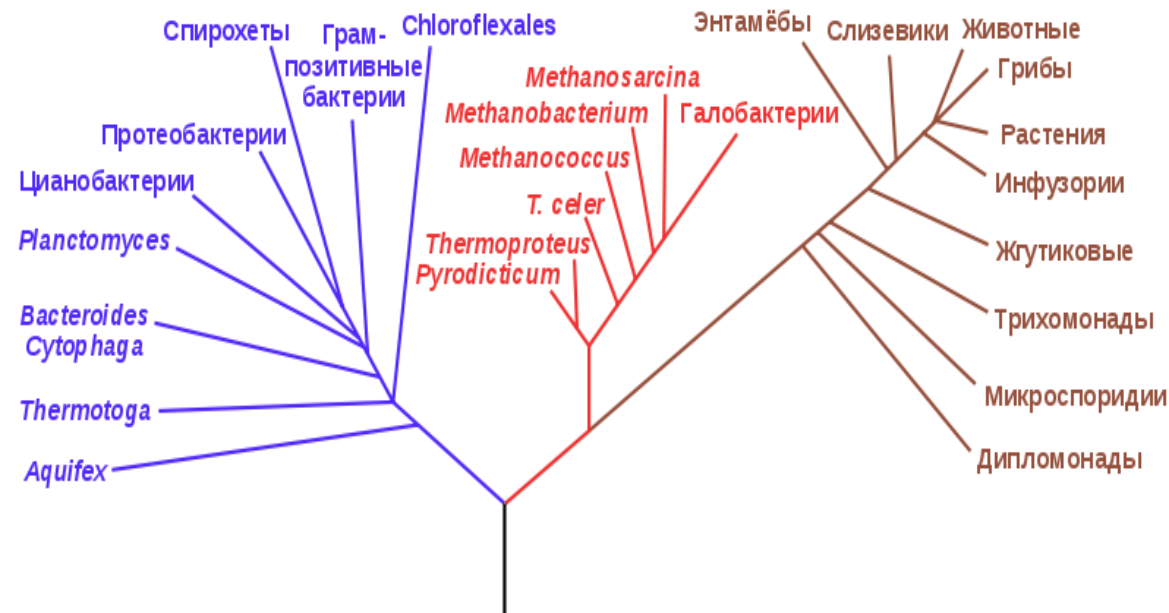


Филогения живых организмов

Бактерии

Археи

Эукариоты



Систематика на основе 16S рРНК

[Acidobacteria](#)
[Actinobacteria](#)

[Aquificae](#)
[Bacteroidetes](#)

[Caldiserica](#)
[Chlamydiae](#)

[Chlorobi](#)
[Chloroflexi](#)
[Chrysiogenetes](#)

[Cyanobacteria](#)
[Deferribacteres](#)

[Deinococcus-Thermus](#)
[Dictyoglomi](#)

[Elusimicrobia](#)
[Fibrobacteres](#)

[Firmicutes](#)
[Fusobacteria](#)

[Gemmatimonadetes](#)
[Lentisphaerae](#)

[Nitrospirae](#)
[Planctomycetes](#)

[Proteobacteria](#)
[Spirochaetes](#)

[Synergistetes](#)
[Tenericutes](#)

[Thermodesulfobacteria](#)
[Thermotogae](#)

[Verrucomicrobia](#)

+ Кандидатные типы

Ренессанс микробиологии



Разработка и применение новых технологий

- Развитие молекулярной биологии и генной инженерии
- Развитие геномики
- Успешное взаимодействие микробиологии с другими науками: биофизика (визуализация основных субклеточных структур и процессов), биоинформатика (предсказание свойств микроорганизмов, поиск и нахождение микроорганизмов с определенными свойствами) и др.
- Новые подходы к секвенированию, в сочетании с улучшенными аналитическими и вычислительными средствами (быстрая идентификация).
- Высокоточное моделирование микробных сред обитания в микро-масштабе и др.



New technologies: methods and applications

Live from under the lens: exploring microbial motility with dynamic imaging and microfluidics

Kwangmin Son, Douglas R. Brumley & Roman Stocker

December 2015 Vol 13 No 12

Twenty years of bacterial genome sequencing

Nicholas J. Loman & Mark J. Pallen

September 2015 Vol 13 No 9

Bacterial protein networks: properties and functions

Athanasios Typas & Victor Sourjik

June 2015 Vol 13 No 6

Advances in molecular genetic systems in malaria

Tania F. de Koning-Ward, Paul R. Gilson & Brendan S. Crabb

March 2015 Vol 13 No 3

Rising to the challenge: accelerated pace of discovery transforms marine virology

Jennifer R. Brum & Matthew B. Sullivan

August 2014 Vol 12 No 8

Adding new dimensions: towards an integrative understanding of HIV-1 spread

Oliver T. Fackler, Thomas T. Murooka, Andrea Imle & Thorsten R. Mempel

January 2014 Vol 12 No 1

Exploring bacterial cell biology with single-molecule tracking and super-resolution imaging

Andreas Gahlmann & W. E. Moerner

July 2013 Vol 11 No 7

Transposon insertion sequencing: a new tool for systems-level analysis of microorganisms

Tim van Opijnen & Andrew Camilli

May 2013 Vol 11 No 5

Bacterial replication, transcription and translation: mechanistic insights from single-molecule biochemical studies

Andrew Robinson & Antoine M. van Oijen

Going local: technologies for exploring bacterial microenvironments

Aimee K. Wessel, Laura Hmelo, Matthew R. Parsek & Marvin Whiteley

Twenty years of bacterial genome sequencing

[Nicholas J. Loman](#), [Mark J. Pallen](#) *Nature Reviews Microbiology* (2015)



- Полногеномное шотган секвенирование
- Высокопроизводительное секвенирование
- Мономолекулярное секвенирование

Science 28 July 1995: Vol. 269 no. 5223 pp. 496-512 DOI: 10.1126/science.7542800

Whole-genome random sequencing and assembly of Haemophilus influenzae Rd

[RD Fleischmann](#), [MD Adams](#), [O White](#), [RA Clayton](#), [EF Kirkness](#), [AR Kerlavage](#), [CJ Bult](#), [JF Tomb](#), [BA Dougherty](#), [JM Merrick](#), [et al.](#)

Sequencing and beyond: integrating molecular 'omics' for microbial community profiling

[Eric A. Franzosa](#), [Tiffany Hsu](#), [Alexandra Sirota-Madi](#), [Afra Shafquat](#), [Galeb Abu-Ali](#), [Xochitl C. Morgan](#), [Curtis Huttenhower](#)

Nature Reviews Microbiology (2015)

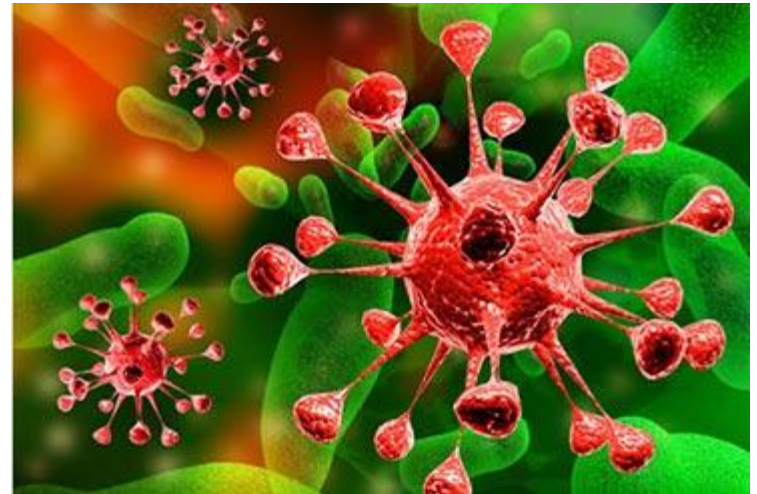


Омиксные технологии для анализа микробных сообществ и их функциональной активности

- Транскриптомика
- Протеомика
- Метаболомика

Что такое «новые» микроорганизмы?

- Не обнаружены ранее
- Возникли в результате природных или человеческих манипуляций
- Обнаружены новые свойства
- Предсказаны



Обнаружены 120-тысячелетние бактерии
[membrana](#), 5 июня 2008

Антарктика: российские ученые нашли неизвестные бактерии
[BBC Русская служба](#) 8 марта 2013



Ученые: в наших домах выявлены новые виды опасных бактерий
[Most.tv](#) 31 марта 2015

Невидимая угроза: плотоядные бактерии заживо пожирают людей
[Вести ФМ](#) 15 июля 2015



Медики начнут подсаживать пациентам новые бактерии
[Деловая столица](#) 24 апреля 2015

Новые бактерии, которые едят пластик слишком быстро
[Новости от d3.ru](#) 23 ноября 2014



Новые разновидности микроорганизмов в жилых домах

«Группа ученых из США, проводивших исследование в обычных жилых строениях, обнаружила неизвестные ранее виды, которые опасны для человеческого организма и представляют серьезную угрозу. В наблюдаемых домах были найдены около восьми тысяч бактерий, являющихся новыми, а также грибы...».



Проект «Геном человека»

размер - 3.3 миллиарда нуклеотидов: ATGCCCGGGTTTAATGCGTCAGTGACTGCACA...

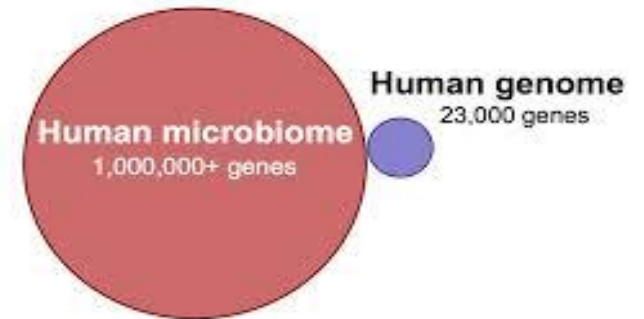
количество генов - 35000:

цитогенетическая карта:

физическая карта:

Локализация генов

Локализация мутаций



Our Human cells are outnumbered!



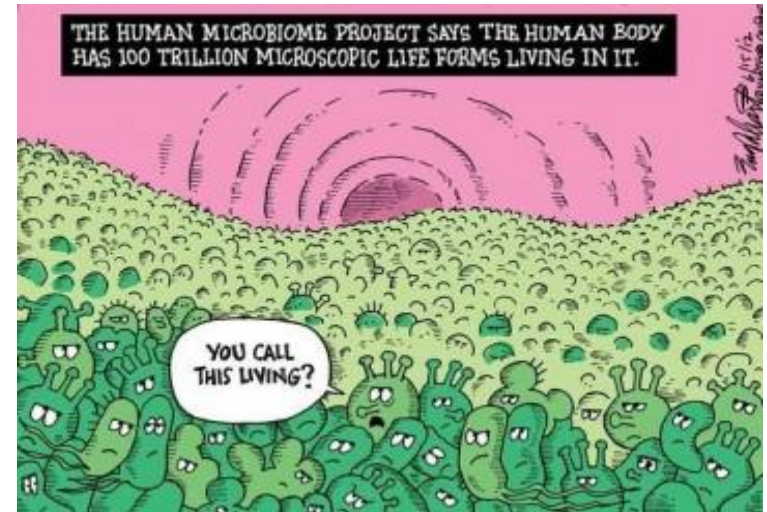
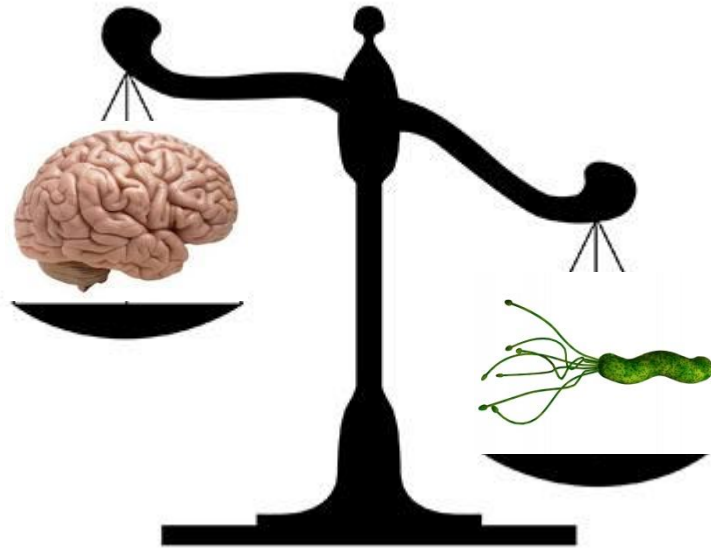
10:1



Soulful Pathways

With Mika Davies CBP

Микробиота – самый большой по весу и по количеству клеток орган человека





Антоний ван Левенгук



Роберт Кох



Theodor Escherich
Discovered *E. coli* bacteria
in the year 1885

1680 → 2015



NIH HUMAN
MICROBIOME
PROJECT

«В конце 2007 года был организован международный консорциум «Микробиом человека», крупнейшими программами которого стали «Human Microbiome Project», реализуемый в США, и европейский проект «MetaHIT».

Микрофлора ЖКТ

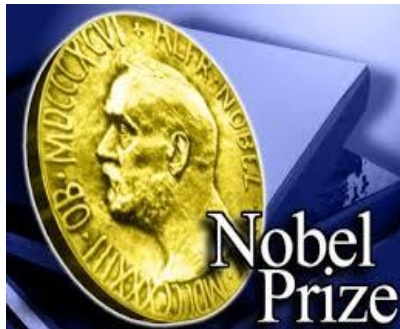
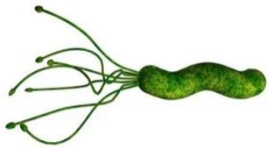
облигатная - 90% от общего числа микроорганизмов (бифидобактерии и бактероиды),

Факультативная- 10% от общего числа микроорганизмов - сапрофитная и условно-патогенная микрофлора (лактобактерии, эшерихии, энтерококки),

остаточная - менее 1% от общего числа микроорганизмов - в том числе случайные микроорганизмы (цитробактер, энтеробактер, протеи, дрожжи, клостридии, стафилококки, аэробные бациллы и др.).





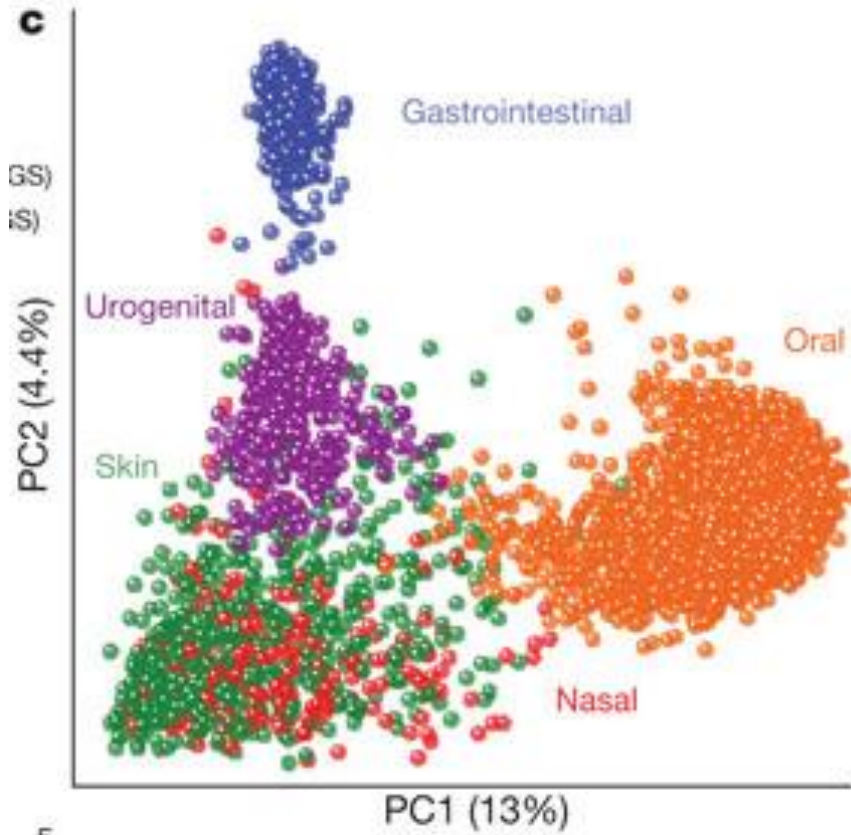


Влияние микрофлоры на здоровье человека:

- Атеросклероз
- Ожирение
- Диабет
- Синдром раздраженного кишечника
- Неспецифические воспалительные заболевания кишечника
- Целиакия
- Колоректальный рак
- Шизофрения
- Ухудшение памяти
- Гастрит
- Язвенная болезнь и др.



Разнообразие человеческих микробиомов



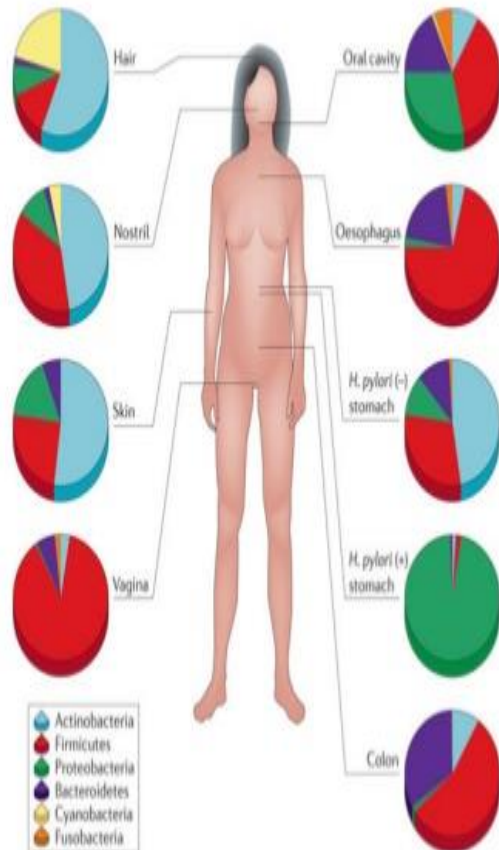
Факты:

- Общее количество видов микроорганизмов - около 1500 видов
- 70% микроорганизмов ранее не были идентифицированы
- 80% новых таксонов относятся к некультивируемым
- Большинство новых микроорганизмов являются представителями Firmicutes и Bacteroides
- ЖКТ, 1 индивид - 17 семейств бактерий, 50 родов, 400-500 видов

C Huttenhower *et al.* *Nature* **486**, 207-214 (2012) doi:10.1038/nature11234

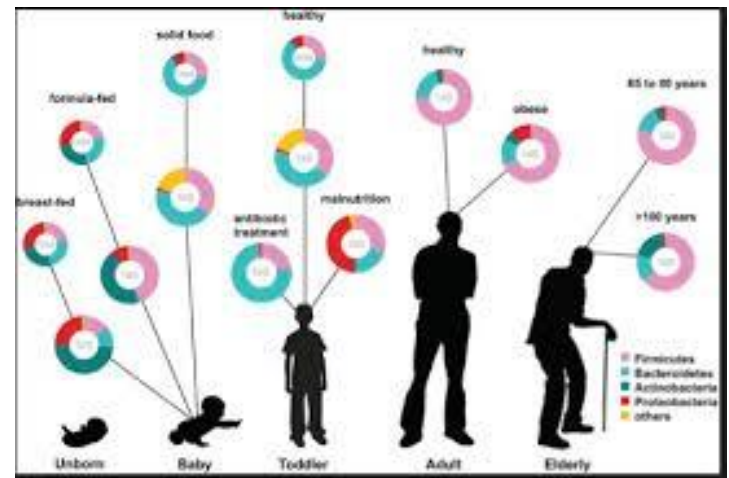


Human biogeography



Cho and Blaser. *Nature Reviews Genetics* **13**, 260-270 (April 2012)

Nature Reviews | Genetics



«Этажность»

- Actinobacteria (Bifidobacterium)
- Firmicutes (Streptococcus, Lactobacillus, Clostridium)
- Proteobacteria (Helicobacter, Escherichia)
- Bacteroidetes (Bacteroides)
- Cyanobacteria
- Fusobacteria (Fusobacterium)



Front Microbiol. 2011; 2: 93. Published online 2011 May 30. doi: [10.3389/fmicb.2011.00093](https://doi.org/10.3389/fmicb.2011.00093)

PMCID: PMC3129010

Environmental and Gut *Bacteroidetes*: The Food Connection [François Thomas](#), [Jan-Hendrik Hehemann](#), [Etienne Rebuffet](#), [Mirjam Czejek](#), [Gurvan Michel](#)

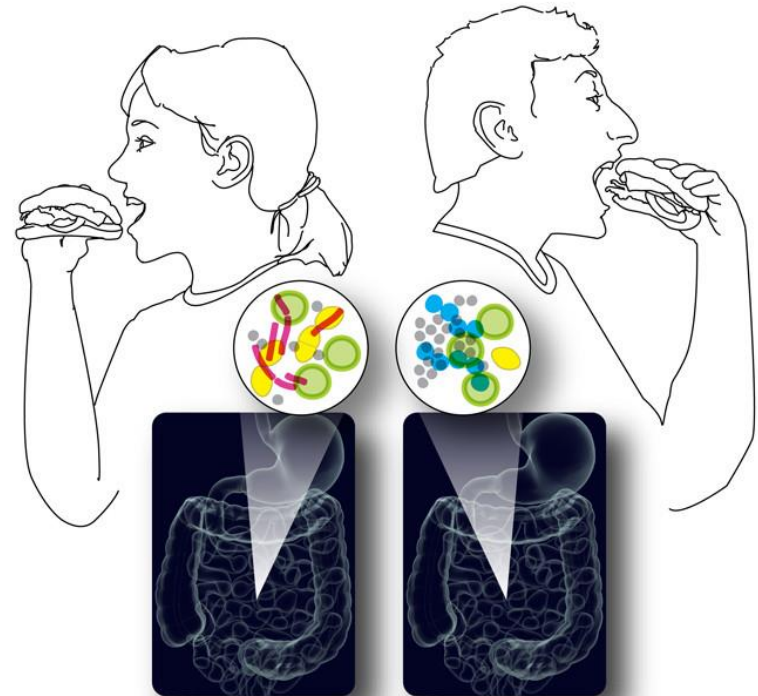
Доминанты среди Bacteroidetes:

[Prevotella](#) (Bacteroidetes) – углеводы, простые сахара – деревенское население



[Bacteroides](#) (Bacteroidetes) - животные белки, аминокислоты, насыщенные жиры – западный тип питания

[Ruminococcus](#) (Firmicutes)- крахмал



«Мы – это то, что мы едим...»





Заманить микробов, чтобы похудеть и выздороветь

Медики начнут подсаживать пациентам новые бактерии

Перепрограммированные кишечные микробы, введенные в организм человека, оказались действенным средством для снижения веса: они эффективно подавляют голод и оказывают положительное влияние на общее состояние здоровья человека. Попадая в кишечник, микроорганизмы синтезируют особые молекулы N-ацил-фосфатидилэтанолламинов (NAPEs). В естественных условиях они образуются в тонком кишечнике после еды, чтобы затем превратиться в молекулы N-ацил-этанолламинов (NAEs) - сильнодействующие органические соединения, подавляющие аппетит. У подопытных животных с повышенным NAPEs улучшился метаболизм глюкозы и работа печени, вес снизился на 15%.

Датские ученые установили, что у стройных людей в кишечнике значительно больше бактерий семейства Christensenellaceae, чем у тех, кто страдает избыточным весом. Поскольку микроорганизмы принимают активное участие в нашем обмене веществ, исследователи предположили, что данный тип бактерий является одним из факторов, отвечающих за хорошую фигуру. В США уже прошли клинические испытания и применяется на практике не очень эстетичный, но весьма действенный метод. Людям с избыточным весом пересаживают содержимое кишечника от стройных доноров. Часть бактерий приживается, часть гибнет, процедуры нужно повторять. Но эффект заметный. Кроме того, эта технология позволяет лечить тяжелые и опасные заболевания: колиты и болезнь Крона.

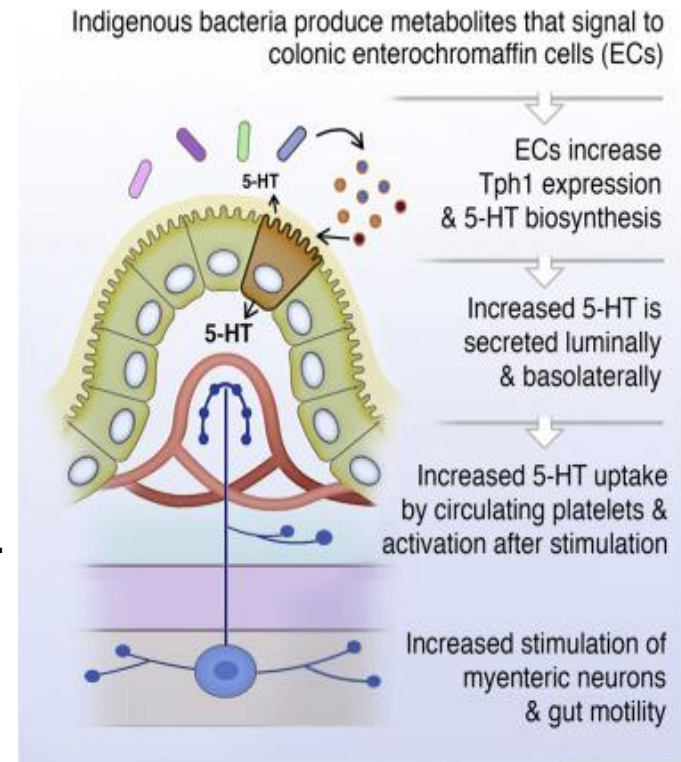


Ученые: бактерии в кишечнике
манипулируют поведением человека

Indigenous Bacteria from the Gut Microbiota Regulate Host Serotonin Biosynthesis

Jessica M. Yano, Kristie Yu, Gregory P.
Donaldson, Gauri G. Shastri, Phoebe Ann, Liang
Ma, Cathryn R. Nagler, Rustem F. Ismagilov, Sarkis K.
Mazmanian, Elaine Y. Hsiao

[Cell, Volume 161, Issue 2](#), p264–276, 9 April 2015



NEW!

90% серотонина вырабатывается энтерохромафинными клетками под влиянием бактерий

МИКРОФЛОРА ЖКТ:

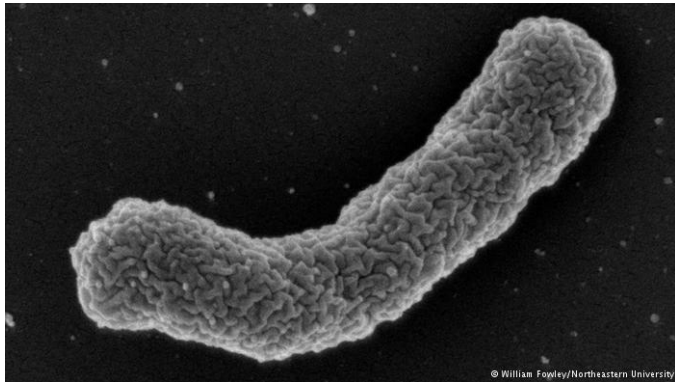
- защищает организм от токсинов, мутагенов, канцерогенов, свободных радикалов;
- является биосорбентом, аккумулирующим множество токсических продуктов: фенолы, металлы, яды, ксенобиотики и т.д.;
- подавляет гнилостные, патогенные и условно патогенные бактерии, возбудителей кишечных инфекций;
- ингибирует (подавляет) активность ферментов, вовлекаемых в образование опухолей;
- укрепляет иммунную систему организма;
- синтезирует антибиотикоподобные вещества;
- синтезирует витамины и незаменимые аминокислоты;
- играет огромную роль в процессе пищеварения, а также в обменных процессах, способствует всасыванию витамина Д, железа и кальция;
- является главным переработчиком пищи;
- восстанавливает моторную и пищеварительную функции желудочно-кишечного тракта, предотвращает метеоризм, нормализует перистальтику;
- нормализует психическое состояние, регулирует сон, циркадные ритмы, аппетит, настроение;
- обеспечивает клетки организма энергией.



Убойный антибиотик

A new antibiotic kills pathogens without detectable resistance

[Losee L. Ling](#) et al. *Nature* **517**, 455–459 (22 January 2015) doi:10.1038/nature14098



Teixobactin

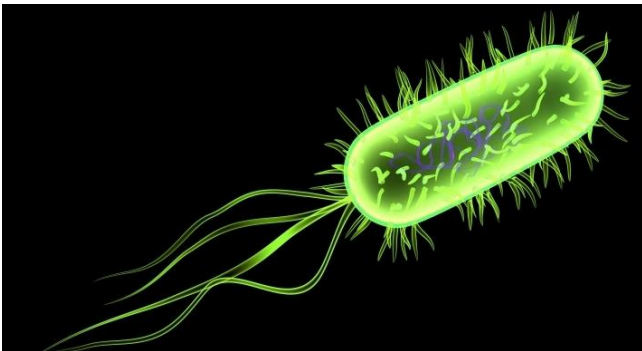


Eleftheria terrae (Proteobacteria)



**Неуязвимые для любых
антибиотиков бактерии начали
распространяться по планете**

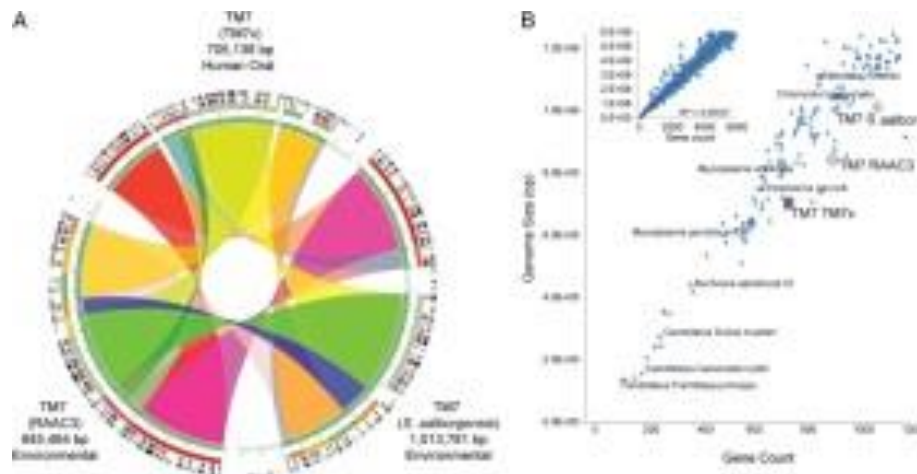
Liu, Yi-Yun, et al. "Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: a microbiological and molecular biological study." *The Lancet Infectious Diseases* (2015).



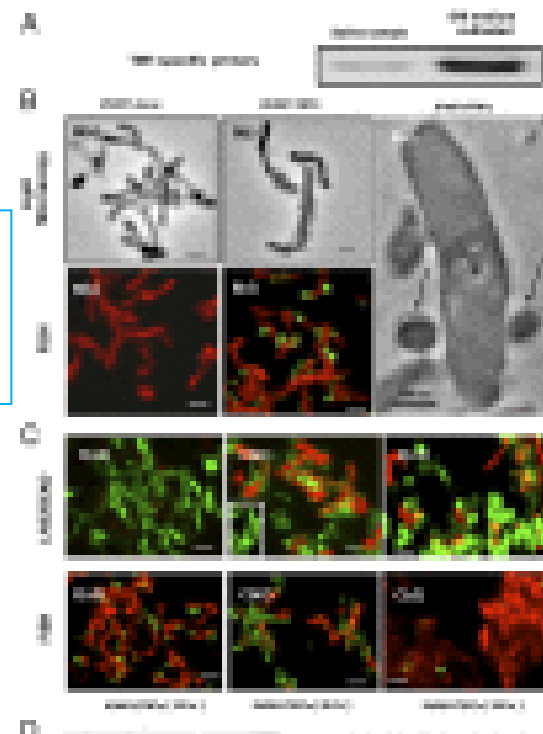
Colistin



Загадочный микроб соглашается расти только в компании



Candidate
phylum
TM7



TM7 (снижение иммунитета
человека)



Actinomyces odontolyticus (рост,
размножение)

Xuesong He, Jeffrey S. McLean, Anna Edlund, Shibu Yooseph, Adam P. Hall, Su-Yang Liu, Pieter C. Dorrestein, Eduardo Esquenazi, Ryan C. Hunter, Genhong Cheng, Karen E. Nelson, Renate Lux, Wenyan Shi. [Cultivation of a human-associated TM7 phylotype reveals a reduced genome and epibiotic paras lifestyle](#) //PNAS. 2014. Early edition. Doi: 10.1073/pnas.1419038112.





[Gittel A et al. Distinct microbial communities associated with buried soils in the Siberian tundra. ISME J 2014, 8:841–853.](#)

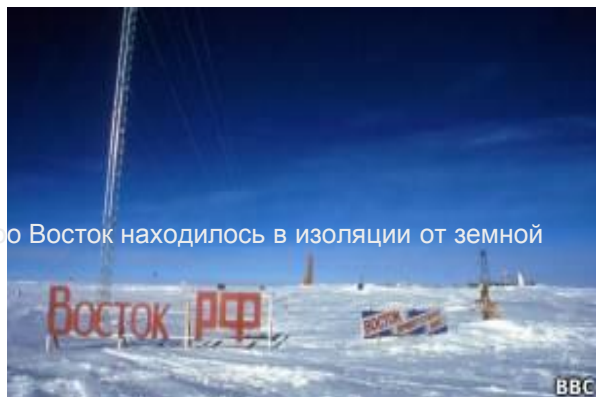
[Scott NM et al. The microbial nitrogen cycling potential is impacted by polycyclic aromatic hydrocarbon pollution of marine sediments. Front Microbiol 2014, 5.](#)

[Mason et al. Metagenomics reveals sediment microbial community response to Deepwater Horizon oil spill. ISME J 2014.](#)

[Gibbons SM, et al. Human and Environmental Impacts on River Sediment Microbial Communities. PLoS ONE 9\(5\): e97435. doi:10.1371/journal.pone.0097435](#)

[Winston ME, et al. Understanding Cultivar-Specificity and Soil Determinants of the *Cannabis* Microbiome. PLoS ONE 9\(6\): e99641. doi:10.1371/journal.pone.0099641](#)

Антарктика: российские ученые нашли неизвестные бактерии



озеро Восток находилось в изоляции от земной

8 марта 2013

«Российские ученые сообщают, что обнаружили в воде из антарктического озера Восток неизвестный науке класс бактерий.

Исследователи сейчас изучают образцы воды, взятые из крупнейшего в Антарктике озера, которое скрыто под толщей льда. В прошлом году команда исследователей пробурила во льду озера скважину глубиной 4 км, чтобы взять пробы воды, в которых и были обнаружены новые бактерии»

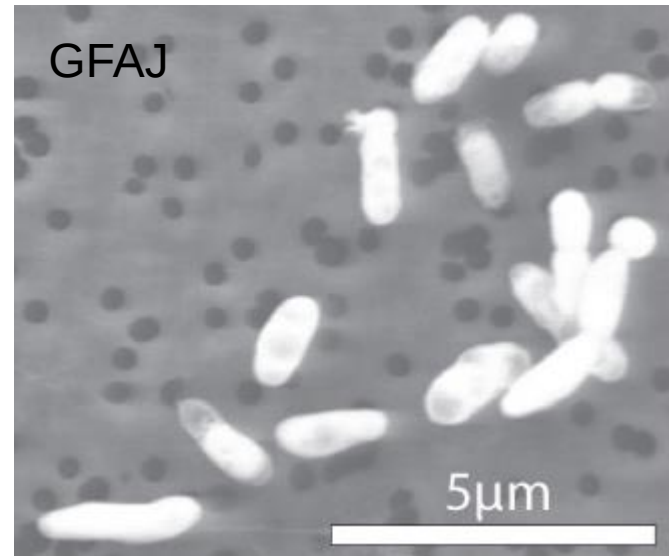
9 окт 2013 — РИА Новости

«Российские ученые пока не обнаружили следов микроорганизмов-"аборигенов" в новых образцах воды из антарктического озера Восток.

Специалисты видят только посторонние микробы, но впереди еще месяцы работы, и они могут принести открытие, сказал РИА Новости сотрудник лаборатории генетики эукариот Петербургского института ядерной физики (ПИЯФ) Сергей Булат»



[Wolfe-Simon, Felisa](#); Blum, Jodi Switzer; Kulp, Thomas R.; Gordon, Gwyneth W.; Hoefft, Shelley E.; Pett-Ridge, Jennifer; Stolz, John F.; Webb, Samuel M.; et al. (2 December 2010). ["A bacterium that can grow by using arsenic instead of phosphorus"](#). *Science* **332** (6034): 1163–1166.[doi:10.1126/science.1197258](#). [PMID 21127214](#). Retrieved 9 June 2011.



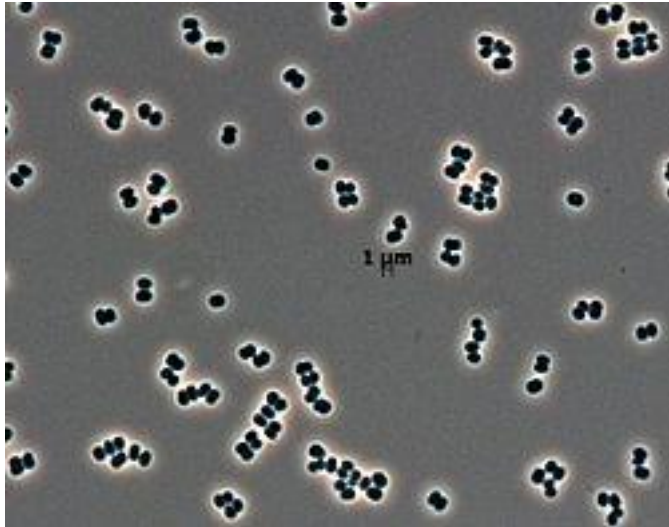
Arsenic-Life Discovery Debunked—But "Alien" Organism Still Odd

An organism that appeared to have rewritten the laws of life has been brought down to Earth by two new studies.

By **Richard A. Lovett**, for [National Geographic News](#)

PUBLISHED JULY 10, 2012

Редкие новые микробы были
обнаружены в двух разных стерильных
камерах



Tersicoccus phoenicis ([Actinobacteria](#))

Description of *Tersicoccus phoenicis* gen. nov., sp. nov. isolated from spacecraft assembly clean room environments

[Parag Vaishampayan](#), [Christine Moissl-Eichinger](#), [Rüdiger Pukall](#), [Peter Schumann](#), [Cathrin Spröer](#), [Angela Augustus](#), [Anne Hayden Roberts](#), [Greg Namba](#), [Jessica Cisneros](#), [Tina Salmassi](#), [Kasthuri Venkateswaran](#)

[Int J Syst Evol Microbiol](#), July 2013 63: 2463-2471, doi: [10.1099/ij.s.0.047134-0](#)

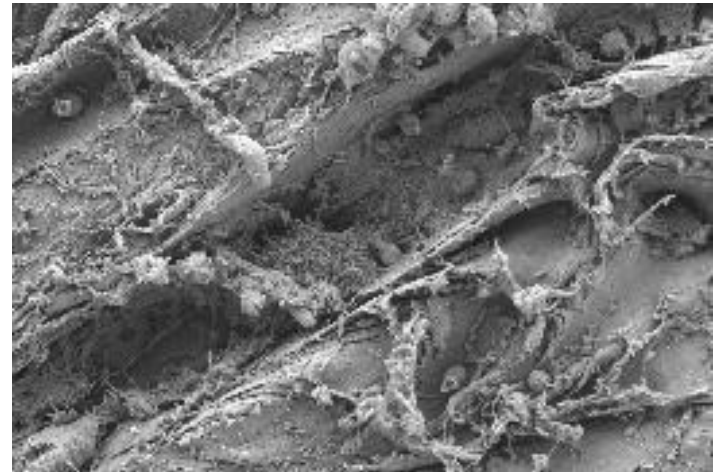


Ученые: Бактерии едят пластик

Zaikab GD. Marine microbes digest plastic Published online 28 March 2011 *Nature*
doi:10.1038/news.2011.191

RELATED ARTICLES

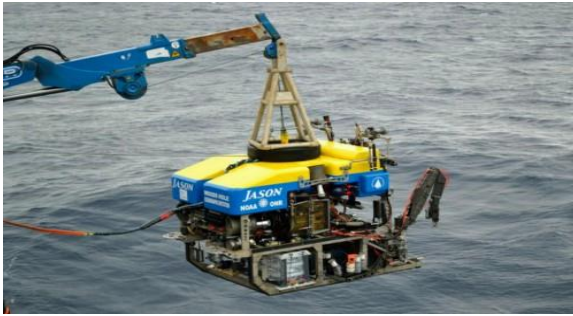
- [Life In The 'Plastisphere': Microbial Communities On Plastic Marine Debris](#)
- [Ocean Plastics Soak Up Pollutants](#)
- [Group Asks EPA To Curb Ocean Pollution](#)
- [Polymers May Chemically Degrade In The Ocean](#)



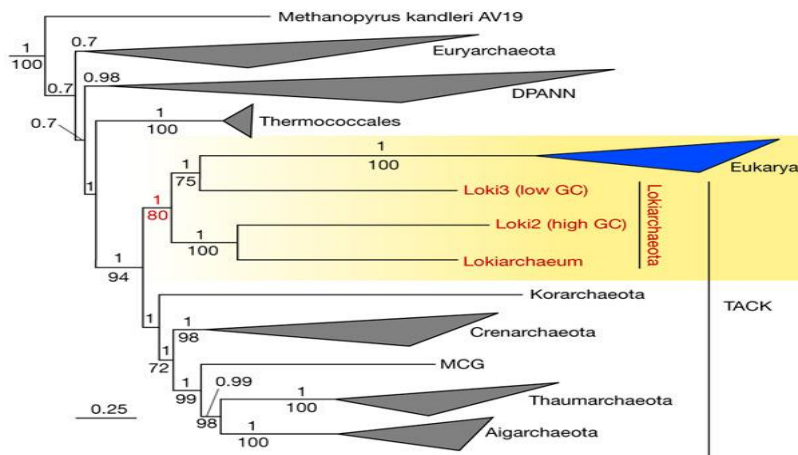
Ученые: Бактерии едят пластик
слишком быстро



Новооткрытый микроб заполняет брешь между прокариотами и эукариотами



Anja Spang, Jimmy H. Saw, Steffen L. Jørgensen, Katarzyna Zaremba-Niedzwiedzka, Joran Martijn, Anders E. Lind, Roel van Eijk, Christa Schleper, Lionel Guy & Thijs J. G. Ettema. [Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes](#) // *Nature*. Published online 06 May 2015.



DSAG (Deep-Sea Archaeal Group)
[Vetriani et al. \(1999\)](#)



«Loki's Castle»
до 10% всех прокариот,
до 70% всех архей



Метагеномный анализ,
компьютерная обработка
данных,
сборка генома



Lokiarchaeum



INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMATIC AND EVOLUTIONARY MICROBIOLOGY



Official publication of the ICSP and the BAM Division of the IUMS

[Streptobacillus notomytis sp. nov.](#)
[isolated from an Australian spinifex](#)
[hopping mouse \(Notomys alexis\)](#)
[THOMAS, 1922 and emended description](#)
[of Streptobacillus Levaditi et al. 1925,](#)
[Eisenberg et al. 2015 emend.](#)

[Spinactinospora alkalitolerans gen. nov.,](#)
[sp. nov., an actinomycete isolated from](#)
[marine sediment](#)
[Wenzheng Liu, Xianbo Chang, Xiao-Hua](#)
[Zhang](#)
[Int J Syst Evol Microbiol, December 2011](#)
[61: 2805-2810, doi: 10.1099/ijms.0.027383-0](#)

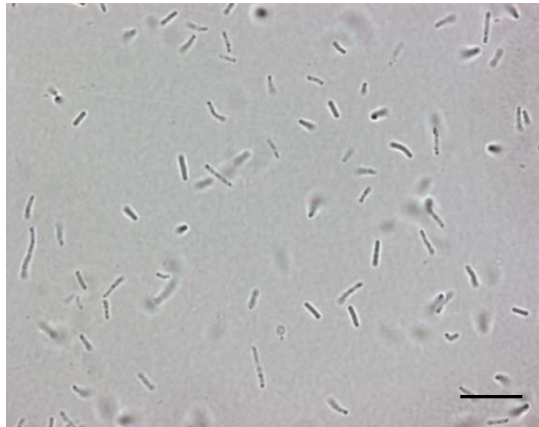
[Egibacter rhizosphaerae gen. nov., sp. nov., an obligately halophilic, facultatively](#)
[alkaliphilic actinobacterium and proposal of Egibacteraceae fam. nov. and](#)
[Egibacterales ord. nov.](#)
[Xiao-Yang Zhi, Yuan-Ming Zhang, Hong-Fei Wang, Yong-Guang Zhang, Yan-Qi](#)
[Xing-Kui Zhou, Wen-Jun Li, Ling-Ling Yang, Min Xiao](#)
[Int J Syst Evol Microbiol, 26 October, 2015 doi: 10.1099/ijsem.0.000713](#)



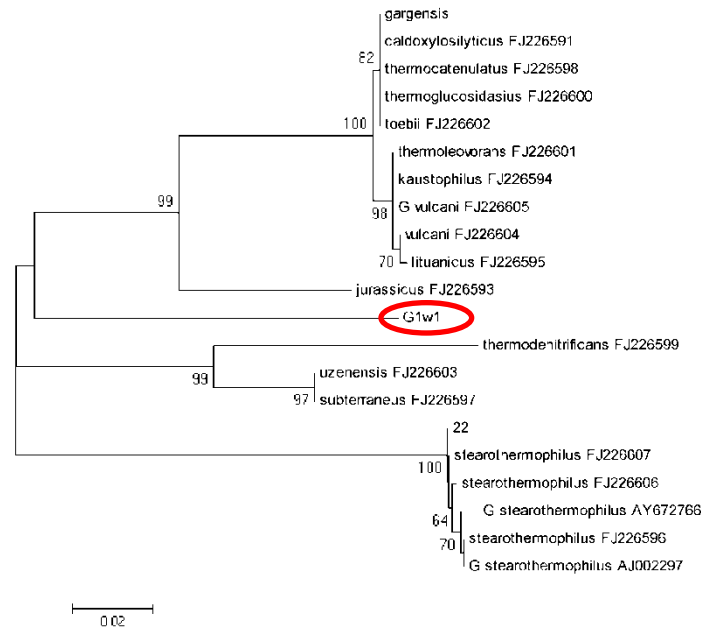
Geobacillus icigianus sp. nov. - новая термофильная бактерия из горячего источника Камчатки



Внешний вид термальных паро-газовых выходов.



Микрофотография клеток штамма.
Масштабный отрезок равен 10 мкм



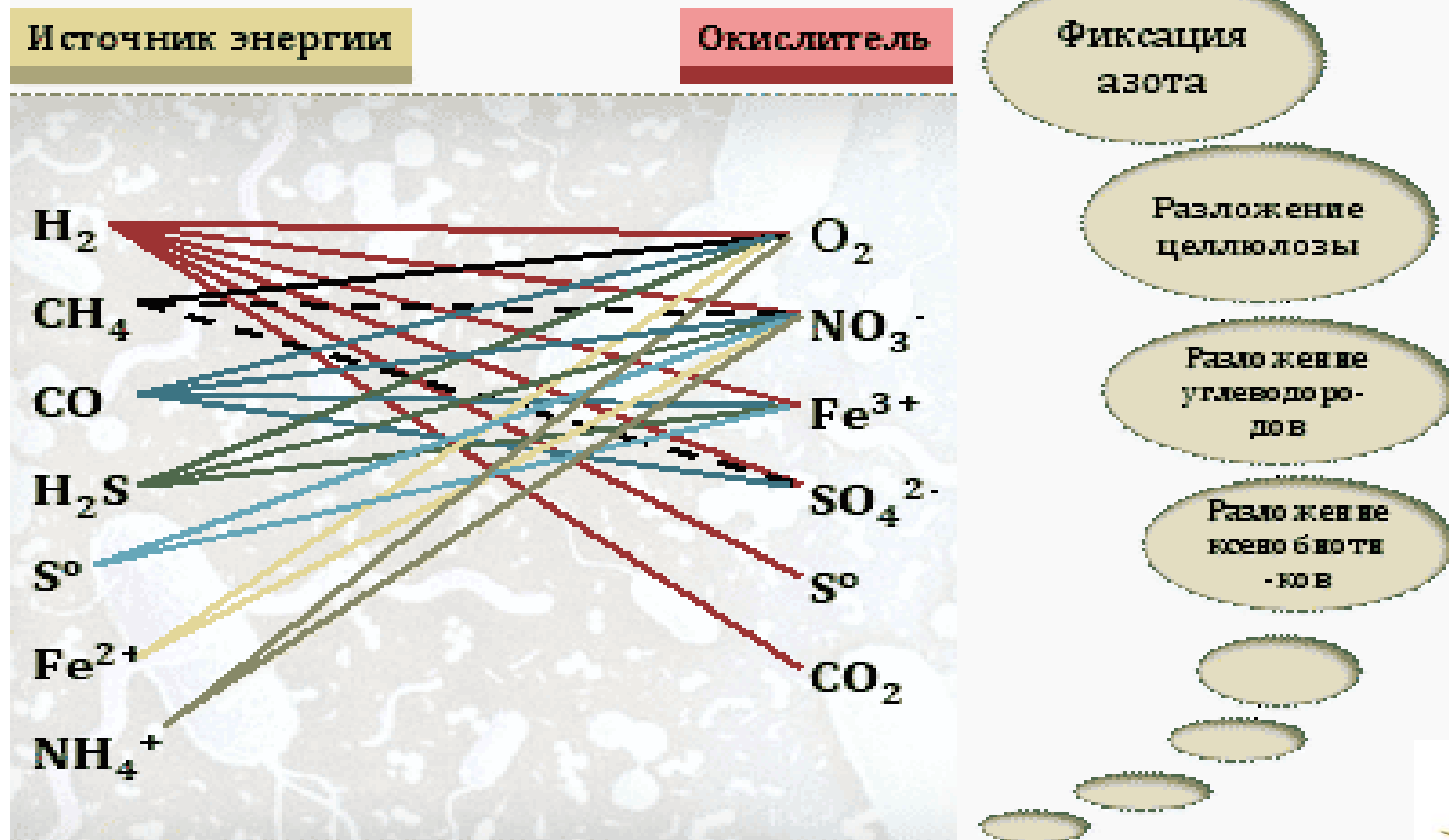
Филогенетическое дерево, построенное на основании последовательностей гена *spo0A* рРНК методом ME. Цифры возле ветвей обозначают Бустрепную поддержку алгоритма ME.

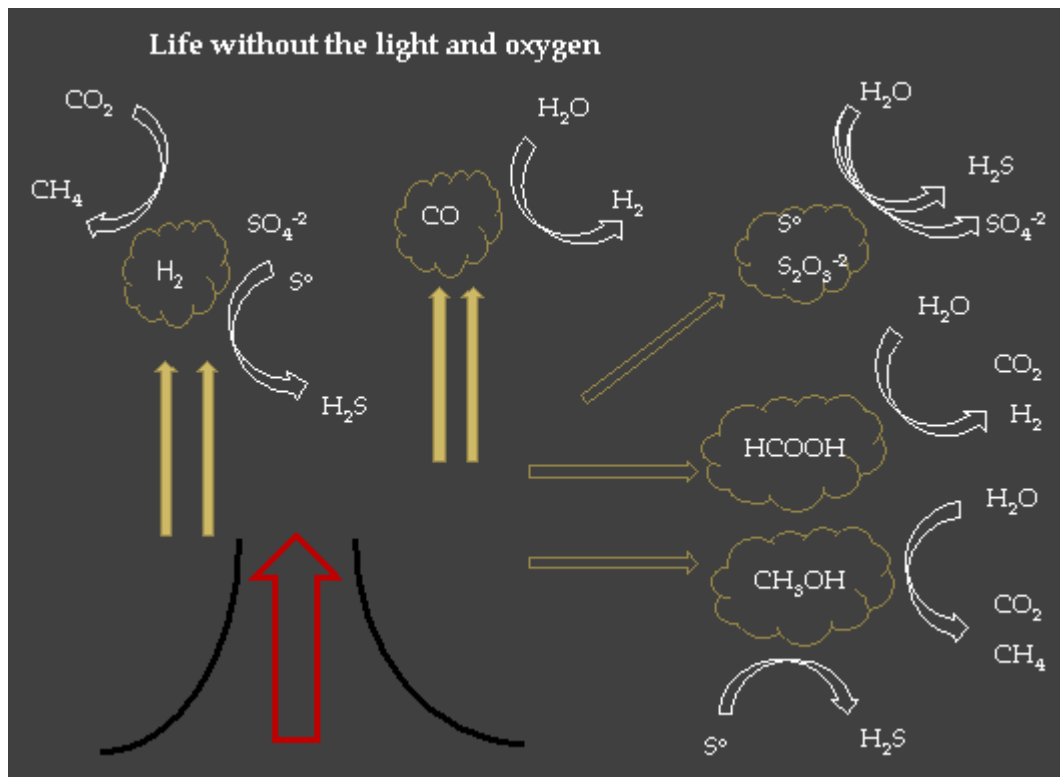
Bryanskaya, A. V., Rozanov, A. S., Slynko, N. M., Shekhovtsov, S. V., & Peltek, S. E. (2015). *Geobacillus icigianus* sp. nov., a thermophilic bacterium isolated from a hot spring. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 65(Pt 3), 864-869.



«... разнообразие микробов состоит в огромном разнообразии внутриклеточных процессов, за счет которых они живут».

Общая микробиология





Гидрогенотрофная
карбоксидотрофия

Анаэробное окисление CO :
 $CO + H_2O = CO_2 + H_2$

Карбоксидотрофы –
фенотипически и
филогенетически очень
разнообразная группа.

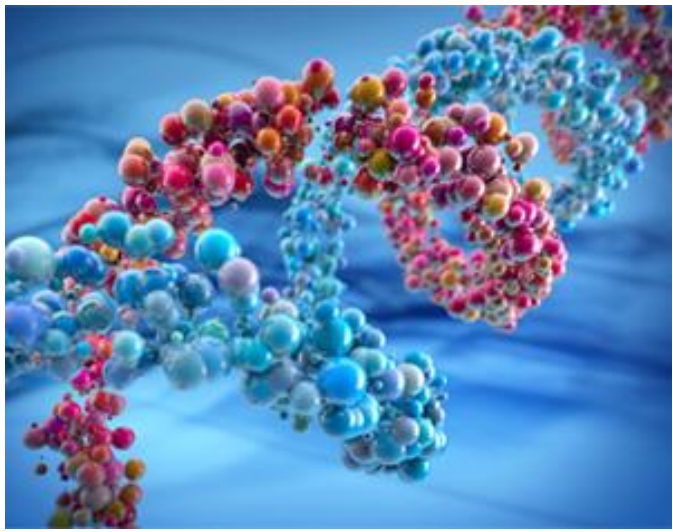
Bacteria, Firmicutes
 Thermolithobacteria class. nov.
 Thermolithobacteriales fam. nov.
 Thermolithobacter gen. nov.
 Carboxydotherrnus gen. nov.
 Thermincola gen. nov.
 Carboxydocella gen. nov.
 Thermosinus gen. nov.

2008 г.

Archaea

«Thermophilum carboxydotrophus» sp. nov





- Что такое «новое» в мире микробов ?
- Где искать?
- Как находить?
-?

