



Казалось бы, за последние 100 лет и наука, и система социального страхования развивались рекордными темпами, но победить старых врагов человечества - голод и болезни - так и не удалось. Более того, на горизонте все яснее вырисовываются новые беды, например энергетический кризис, связанный с сокращением природных запасов нефти и газа.

Решить эти проблемы обяжутся приверженцы относительно недавно возникшего, но быстро набирающего силу направления науки - **СИНТЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ**.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ обещает накормить, обогреть и вылечить весь мир при этом видоизменив до неузнаваемости флору и фауну.

Синтетическая биология - это новое направление *генной инженерии*. Термин **СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ**

(Synthetic Biology) долго использовался для описания подходов в биологии

, стремящихся интегрировать различные области исследования для того, чтобы создать более целостный подход к пониманию концепции жизни. В последнее время термин «

синтетическая биология»

используется в другом значении, сигнализируя о новой области исследования, которая объединяет науку и инженерию с целью проектирования и построения новых (несуществующих в природе) биологических функций и систем.

Первая *синтетическая бактерия*

В конце 2010 года в американском Институте Крейга Вентера была создана первая бактерия с полностью [синтетическим геномом](#). Крейг Вентер потратил 15 лет на то, что бы оживить мертвую материю.

Теперь от ученых, занимающихся конструированием новых видов живых существ, буквально ждут чудес. И сам Крейг Вентер, и его конкуренты подчеркивают, что мир нуждается в принципиально иных методах, позволяющих получать пищу, энергию и лекарства без серьезных затрат и вреда для окружающей среды. Компании и правительства передовых стран готовы вкладывать в исследования сотни миллионов долларов.

Сенсация, которую вызвало появление первой бактерии с *синтетической ДНК*, понятна. Если бы сотрудники Института Крейга Вентера, подобно Левше, подковали блоху, они удивили бы мир куда меньше, ведь им удалось в буквальном смысле слова создать из мертвой материи жизнь. Насколько это было сложно, демонстрирует пример: когда ученые допустили всего одну ошибку в молекуле, состоящей из 1,08 млн. пар нуклеотидных оснований, клетка не ожила. И лишь когда работа была сделана безукоризненно, организм, чье название включает в себе упоминание института и номер версии (как компьютерная программа) - *Mycoplasma mycoides JCVI 1.0*, - получил путевку в жизнь.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ - наиболее перспективное направление *генной инженерии*:

если последняя вмешивается в ДНК существующих в природе видов животных и растений, добавляя им новые, нехарактерные для вида признаки, то первая занимается созданием принципиально новых живых систем.

Ближайшая цель пионеров этого направления - получение организма с минимальным геномом, то есть имеющего только самые необходимые для существования функции: способного питаться, расти и размножаться. Для биологов это возможность увидеть в деталях, как работают живые системы, ведь нет лучшего способа понять принцип действия автомобиля, как его собрать. К тому же здесь открывается обширная перспектива прикладного применения: *бактерия* с минимальным геномом должна стать базой для конструирования любых организмов.

Добавляя в *геном* новые участки, ученые смогут получать микробы с заданными качествами, скажем выделяющие в процессе жизнедеятельности спирт или молекулы полимеров, из которых можно делать пластмассу. Таким образом, **СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ** стирает грань между жизнью и машинами, заранее программируемыми на определенную деятельность.

При высоких рисках и крайне небыстрых темпах работы (на создание первой искусственной бактерии ушло 15 лет) неудивительно, что на **синтетическую биологию** долго смотрели как на блажь, причем чрезвычайно дорогостоящую: такие проекты требуют вложения десятков и сотен миллионов долларов.

Это объясняет, почему сейчас данной наукой в мире занимаются не более 100 исследовательских групп. Но ситуация меняется, и меняется стремительно. **СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ** в последние два-три года стала перспективным направлением, которым заинтересовались крупные компании, в первую очередь энергетические, а также правительственные организации.

Чего же они ждут от **синтетической биологии**?

Биотопливо и электричество из водорослей

Один из основателей Фонда научных технологий Крейга Вентера и постоянный инвестор его программ – Министерство энергетики США. В 2008-2010 годах это ведомство ежегодно вкладывало в разработки фонда по 115 млн. долларов. Такой

интерес неслучаен: **искусственные бактерии** - путь к новым методам [альтернативной энергетики](#), и он может оказаться короче, чем кажется. Эксперты осторожны в оценках, но чаще всего прогнозируют внедрение первых биоинженерных разработок в этой сфере в течение 15-20 лет.

«Уверен, за такое время уже найдется практическое применение результатам, полученным исследователями, - полагает заместитель директора Института цитологии и генетики СО РАН Николай Рубцов. - Сейчас идет поиск новых подходов, на основе которых будут реализовываться идеи **синтетической биологии**».

В 2009 году принадлежащая Крейгу Вентеру коммерческая компания Synthetic Genomics Inc. и нефтегазовый гигант Exxon Mobil заключили партнерское соглашение о разработке дешевого и экологически чистого биотоплива.

Цена вопроса - 600 млн. долларов. Согласно проекту источником биотоплива станут [морские водоросли](#) с измененным геномом

, позволяющим им производить углеводороды, похожие по составу на органические вещества, из которых состоит нефть. О переходе на экологически чистое биотопливо мир говорит уже давно - главная загвоздка в том, что косвенно этот источник энергии едва ли не опаснее для экосистемы планеты, чем бензин.

Так, для производства этанола необходимо создание обширных лесных плантаций, на орошение которых требуется много пресной воды. С водорослями Вентера хлопот куда меньше: все, что им нужно – солнечный свет и морская вода. Их биомасса увеличивается быстро и их можно выращивать практически в неограниченных количествах.

Еще более перспективными представляются *бактерии*, способные выделять водород. Многие микроорганизмы, в частности цианобактерии и зеленые водоросли, могут запасать ионы водорода для удовлетворения своих энергетических потребностей. Между тем в естественных *бактериях* процесс расщепления молекулярного водорода замедляется из-за наличия побочного продукта фотосинтеза – свободного кислорода. Некоторые микроорганизмы все-таки

умеют его изолировать, чтобы он не окислял атомы водорода, но и тут нас ждет разочарование: эти виды не способны расщеплять молекулы воды.

Таким образом, чтобы получить водород, им в качестве питательной среды нужны еще более дорогостоящие водородные соединения. Словом, природа основательно потрндилась, чтобы человек не мог легко получить дешевую и экологичную энергию. Исследователи надеются обойти препятствие, создав новую **бактерию из ДНК** двух разных видов микроорганизмов, комбинируя полезные для дела способности.

Впрочем, ставку на водоросли делает не только Exxon Mobil.

У BP еще в 2007 году появилась собственная многомиллионная исследовательская программа в сотрудничестве с Royal Dutch Shell и Martek Biosciences. Отметим, что получение химических энергоносителей - самый легкий способ «въехать на горбу» *бактерий*

царство дешевой энергии. Но далеко не единственный. К примеру, команде биологов из Йельского университета и Национального института стандартов и технологий (США) удалось разработать прямой метод получения *бактериями*

электричества. В 2010 году ученые представили модель из двух живых клеток, способную превращать энергию химических реакций в электричество с КПД примерно в 10%. Такого рода «живые батарейки» смогут стать источником питания различных нано-электрических устройств.

«Живая батарейка» проста, как все гениальное - плавающая в соляном растворе пара синтетических клеток связана общей мембраной. Внутри каждой из них находится по капле водного раствора с содержанием положительно и отрицательно заряженных ионов. Если растворы в клетках имеют различную степень насыщенности, вживление в клетки тонких металлических электродов, соединенных с микроскопической цепью, приведет к тому, что по этой цепи побежит ток, уравновешенный обратным током ионов через каналы. Концентрация ионов будет выравниваться по мере потери системой заряда.

Но вернемся к проблеме получения тока в промышленных масштабах. Вероятно, в ближайшее время этого не произойдет - пока неясно, как сделать так, чтобы выделяемое колонией микроорганизмов сильное электричество не разрушало органеллы

самих *бактерий*.

И живой компьютер

Одна из интересных возможностей, открытых **синтетической биологией**, заключается в создании из клеток аналогов электронных устройств. В декабре 2010 года ученые из Гетеборгского университета модифицировали клетки дрожжей таким образом, что их можно программировать на решение логических задач. Под влиянием разнообразных раздражителей они способны передавать свое состояние собратьям, выделяя в питательную среду молекулы различных типов, каждый из которых соответствует определенному раздражителю. Комбинируя реакцию на два разных раздражителя, клетки могут производить сигналы, «складывая» и «перемножая» посылки, как это делает процессор.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ - безграничные возможности

В конце XIX века французский химик Марселен Бертло, вдохновленный успехами **органического синтеза**

, предрекал, что уже через несколько десятилетий людям станут не нужны ни каши, ни коржики - довольно будет щепотки различных питательных веществ и солей, которая просто заливается водой. Прогноз, как известно, не сбылся: органическая химия оказалась не в состоянии

синтезировать

сложные белки и углеводы в нужных объемах.

Однако сегодня, похоже, пришло время возродиться дерзкой мечте. Колонии искусственных микроорганизмов смогут *синтезировать* сложные органические молекулы тоннами, а их применение будет самым разнообразным - производство лекарств и пищевых продуктов, промышленная химия и т.д. Поскольку биомасса

бактерий

способна увеличиваться по экспоненте, производство может быть сколь угодно масштабным, а затратность - минимальной. Человечество наконец-то получит «вечный хлеб», о котором мечтали химики.

Однако, не хлебом единым жив человек. «Одна из *idee fixe* биологов, работающих в этой области, - получение различных видов спирта», - говорит замдиректора Института проблем передачи информации РАН Михаил Гельфанд.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ со временем готова дать ответ на самые острые запросы мирового сообщества. В наши дни от малярии только в Африке ежегодно умирает около 2 млн. человек. Наиболее эффективное средство против этой болезни - артемизинин - изготавливают из корня сладкой полыни. К сожалению, его производство обходится недешево, и жителям Черного континента он не по карману. В 2004 году химик из Калифорнийского университета в Беркли Джей Кизлинг провел ряд экспериментов, показавших, что путь к удешевлению артемизинина существует. Ученый убедил Фонд Билла и Мелинды Гейтс выделить ему грант в 42 млн. долларов на проект по исследованию возможности получения артемизинина из ... дрожжей, применяемых в хлебопечении. Вставив в *геном* дрожжей 12 новых участков, Джей Кизлинг действительно сумел создать нужное вещество. Однако снизить стоимость производства лекарства пока не удалось: процессы получения артемизинина из корня полыни и генетически модифицированных дрожжей примерно сопоставимы по затратам. Зато в 2010 году ученому удалось полностью перевести свои исследования на коммерческие рельсы - благодаря контракту с французским фармацевтическим гигантом Sanofi-Aventis, предоставившим в его распоряжение 10 млн. долларов. По мнению исследователя, этого вполне достаточно для «доработки» ДНК дрожжей таким образом, чтобы количество содержавшегося в них артемизинина выросло в 10 раз.

«Одно из направлений **СИНТЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ**, которым мы занимаемся, - конструирование искусственных молекул, обладающих свойствами ДНК, но состоящих из шести нуклеотидов, а не из четырех, как обычная ДНК, - рассказывает заслуженный профессор химии Флоридского университета Стивен Беннер. – Подобные разработки ведутся уже семь лет, а их прикладные результаты, применяемые в диагностике болезней и поддерживающей терапии, ежегодно приносят прибыль примерно в 100 млн. долларов».

По словам г-на Беннера, такой подход более амбициозен, чем то, что делает Крейг Вентер, использующий участки природной ДНК.

Планов у пионеров многообещающей дисциплины хоть отбавляй. Биологи Кристофер Войт из Калифорнийского университета в Сан-Франциско и Кристина Смолке из Стэнфордского отважились на еще более смелое начинание - создание *бактерий*,

которые жили бы в человеческом организме как симбионты, при этом отыскивая в нем раковые клетки по характерному признаку - низкому содержанию кислорода в опухолевых областях. В перспективе – и получение специальных бактерий-убийц, которые смогли бы уничтожать раковые клетки. Сколько лет понадобится медицине, чтобы достичь таких чудес пока неясно.

И все-таки надежды, которые связаны с будущим **синтетической биологии**, находят отражение в стремительном росте объемов нового рынка. Если в 2008 году, когда на Крейга Вентера еще смотрели как на сумасбродного мечтателя, они составляли около 234 млн. долларов, то в 2010 уже перевалили за миллиард. И это лишь начало: как прогнозируется в новом исследовании Global Industry Analysts, к 2013 году объем рынка увеличится до 2,4 млрд., а к 2015 превысит 4,5 млрд. долларов.

Возможен и иной, пессимистичный взгляд на проблему: а не станет ли **синтетическая генетика**, по крайней мере, в ближайшее десятилетие, новым финансовым пузырем?

«Создание *синтетической бактерии*, несомненно, прорыв, но только самый первый, показывающий, что с этими *бактериями* можно делать что угодно, - считает старший научный сотрудник кафедры молекулярной биологии биофака МГУ Петр Каменский. На практике все может оказаться куда сложнее. С научными открытиями в области медицины такое уже бывало: получен удивительный результат, общественность воодушевлена, ожидается невероятный прогресс - но проходят десятилетия, а воз и ныне там».

Новые живые системы

Одна из задач **СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИИ** - создание набора так называемых биокирпичей (BioBricks), заранее подготовленных генетических фрагментов, играющих примерно ту же роль, что радиодетали в электронике. Профессор Гарварда Джордж Черч утверждает, что это позволит собирать нужные организмы с такой же легкостью, с какой ребенок собирает модель самолета.

В ближайших планах конструкторов - получение *бактерий*, способных обнаруживать

ядовитые вещества и взрывчатку по «запаху» (крохотным частицам вещества, распространяющегося в воздухе), микробов, очищающих экосистему от пластикового мусора, и т.п.

Ощущение грядущего всемогущества кружит ученым голову. «Генетическому коду 3,6 млрд. лет. Пора его переписать», - заявляет профессор лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института (МТИ) Том Найт, занимающийся инженерией микробов. А супруг уже упомянутой Кристины Смолке, доктор МТИ Дрю Энди настроен еще радикальнее: «К черту природу! Давайте построим новые живые системы, которые нам будет проще понять, так как мы сами их создали». Это не пустые слова: озабоченный вопросами упрощения природы, несколько лет назад он «переписал» природный вирус T7, выпустив его лайт-версию T7.l, которая, по словам ученого, избавлена от ненужной сложности и при этом обладает главным качеством природного вируса – успешно инфицирует клетки.

Приноравливая жизнь к своим целям, исследователи все дальше отходят от ее «канонических» форм. Так, в декабре 2010 года астробиологи NASA сумели получить *бактерии*, способные функционировать без фосфора - одного из стандартных элементов, на которых держится земная форма жизни. В качестве замены они использовали мышьяк.

«Пока рано говорить о том, что открыта альтернативная биосфера. Но я был шокирован результатом. Понимаете, это же догма: жизнь строится на основе шести элементов. В клеточной структуре должен быть фосфор. Это утверждение уровня «если человек не ест, он умирает», - подчеркивает Петр Каменский.

Даже если полученные *бактерии* смогут жить только в лабораторных условиях, все равно данное открытие является подрывом устоев традиционной биологии.

А Стин Расмуссен из Лос-Аламосской национальной научной лаборатории старается и вовсе отойти от ДНК, заменив ее принципиально новой носителем генного кода - пептидно-нуклеиновой кислотой (ПНК). «Причем эта молекула будет расположена не внутри клетки, как ее природный аналог, а ... на поверхности, - рассказывает директор Института биомедицинских технологий Игорь Артюхов. - Там же будут находиться и все органеллы». Так клетке будет легче дышать и питаться, утверждают ученые, проявляя трогательную заботу о «подопечных».

Само собой, что при подобных успехах и еще большем головокружении от них ученые все чаще становятся мишенью для критики со стороны общественности, особенно религиозной.

Папа Бенедикт XVI уже несколько лет назад порицал исследователей, «изменяющих саму «грамматику жизни», составленную Богом». Более серьезным препятствием могут стать законодательные акты, ограничивающие свободу творчества биологов. «Знание, конечно, сила, мощь и власть. Но знак этой силы зависит как от конкретного применяющего, так и от общества в целом», - замечает старший научный сотрудник Института биохимической физики РАН Александр Халявкин.

Впрочем, американские ученые смотрят в будущее с оптимизмом. «В 1975 году, когда Институт Крейга Вентера представил свою программу, в Асиломаре (Калифорния) была созвана конференция по биологической безопасности с целью разработать процессуальную сторону и оценить риски **СИНТЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ**, - подводит итог Стивен Беннер. - Однако правила, которые тогда приняли, с тех пор многократно ослаблялись, поскольку достижения в этой области показали беспочвенность большинства страхов».