

# Глава 1. Наше биотехнологическое будущее

Принято говорить, что XX век был веком физики, а XXI будет веком биологии. По двум фактам, характеризующим наступающее столетие, достигнуто почти стопроцентное единодушие. Во-первых, биология переросла физику — у нее больше бюджеты, в ее отраслях трудится больше людей, а результаты ее крупных открытий более грандиозны; поэтому биология наверняка останется самой важной частью научного прогресса в XXI веке. Во-вторых, биология стала важнее физики — это с точки зрения ее экономических последствий, этических особенностей и влияния на благополучие человека.

Эти факты ставят ребром интересный вопрос. Приведет ли одомашнивание высоких технологий, которые на наших глазах маршируют от одной триумфальной победы к другой по мере изобретения персональных компьютеров, GPS-навигации и цифровых камер, к увеличению охвата технологий как таковых — от физических объектов до биотехнологий? Я считаю, что ответ на этот вопрос — «да». Да, я бесцеремонно сейчас делаю такой весьма определенный прогноз. Он заключается в том, что одомашнивание биотехнологий будет преобладать в нашей жизни на протяжении ближайших 50 лет почти в той же степени, в которой одомашнивание компьютеров владело нашими умами и жизнями на протяжении последних 50 лет.

Я вижу близкое сходство между ограниченным восприятием компьютеров как крупных централизованных систем — та-

кими их видел Джон фон Нейман — и сегодняшним общественным восприятием генной инженерии, которую обыватели считают уделом крупных фармацевтических компаний и сельскохозяйственных корпораций вроде «Монсанто». Народ не доверяет «Монсанто», потому что она любит прививать урожайным культурам гены ядовитых пестицидов; мы так же не доверяли фон Нейману, который любил пользоваться компьютером для разработки водородной бомбы — тайком, по ночам. Есть все предпосылки для того, чтобы генная инженерия еще долго оставалась непопулярной и противоречивой научной отраслью — во всяком случае, так и будет, пока она остается занятием для тех самых крупных корпораций.

Я вижу многообещающее будущее индустрии биотехнологий, когда она пойдет по стопам компьютерной индустрии, пойдет дорогой, которую фон Нейман не смог предвидеть, — дорогой небольших и домашних систем, но никак не крупных и централизованных. Первый шаг в этом направлении уже был сделан, когда генетически модифицированные тропические рыбки с новыми яркими расцветками появились в продаже в зоомагазинах. Чтобы можно было сделать биотехнологии полноценной частью домашней обстановки, им нужно стать удобными и понятными в использовании. Недавно я чудесно провел день на цветочной выставке в Филадельфии, куда цветоводы со всего мира привозят плоды своих трудов — похвалиться. Я также побывал на шоу рептилий в Сан-Диего — это не менее впечатляющее зрелище, только заводчики тут совсем другие. Филадельфия преуспевает в разведении орхидей и роз, Сан-Диего — ящериц и змей. Главная задача любых бабушки или дедушки, пришедших на шоу рептилий с внуком или внучкой, — это выбраться с него, не прикупив и не унеся домой ни одной ящерицы или змеи.

Каждая орхидея или роза, ящерица или змея — плод работы целеустремленного и опытного селекционера. Этому бизнесу

посвящают свои жизни тысячи людей, как любителей, так и профессионалов. А теперь представьте себе, что произойдет, когда у них в руках окажутся наборы инструментов генной инженерии. Появятся комплекты «сделай сам» для садовников, которые будут использовать их, чтобы выводить новые виды роз и орхидей. А еще наборы для фанатов голубей и попугаев, ящериц и змей, которые тоже смогут выводить для себя новые виды любимцев. Не забываем и про заводчиков кошек и собак, само собой!

Одомашненные биотехнологии, стоит им попасть в руки к домохозяйкам и детям, подарят нам огромное количество новых живых организмов — в отличие от монокультурных урожайных форм, которые предпочитают крупные корпорации. Новые сорта окажутся жизнестойкими и заменят собой те, что когда-то были уничтожены тем самым монокультурным сельским хозяйством и вырубкой лесов. Разработка и дизайн геномов станут личным делом — новой формой искусства вроде живописи или скульптуры — и притом не менее изобретательным.

Вряд ли многие из новых созданий можно будет назвать шедеврами, однако немалое их количество принесет радость своим создателям и добавит разнообразия в наши флору и фауну. Последним шагом в сторону одомашнивания биотехнологий станут биотехнологические игры, разработанные по аналогии с компьютерными для детей прямо с детского возраста — но играть в них надо будет с настоящими яйцами и семенами, а не с изображениями на экране. Играв в подобные игры, дети будут чувствовать особую близость с теми организмами, которые они выращивают. Победителем в такой игре мог бы становиться ребенок, который вырастит самый колючий кактус, или тот, у кого из яйца вылупится самый симпатичный динозаврик. Это будут неаккуратные и, возможно, опасные игры. Для них потребуются четкие правила

и условия, которые нужно будет соблюдать, чтобы не подвергать опасности себя и окружающих. Да, опасностей в области биотехнологий не занимать.

Если одомашнивание биотехнологий — это веяние будущего, то нам следует задать себе пять важных вопросов и ответить на них. Во-первых, можно ли его остановить? Во-вторых, нужно ли его останавливать? В-третьих, если препятствовать ему невозможно или нежелательно, то какие подходящие ограничения следует наложить на него нашему обществу? В-четвертых, как будут определяться такие ограничения? И в-пятых, как они будут приводиться в исполнение — на национальном и международном уровнях? Я не буду пытаться ответить здесь на эти вопросы. Предоставляю право нашим детям и внукам искать ответы на них.

## Новая биология в новую эпоху

Карл Везе — крупнейший в мире эксперт в области микробной таксономии, классификации и изучения микробов. Он исследовал происхождение микробов, отслеживая сходства и различия в их геномах. Он открыл фундаментальную структуру древа жизни, которое показывает, что все живущие ныне создания произошли от трех его первоосновных ветвей. До Везе у модели древа жизни было всего две ветви — прокариоты и эукариоты; первые состояли из клеток без ядер, а вторые — из клеток с ядрами. Все виды растений и животных, включая человека, относились к эукариотам. В группу прокариотов входили только микробы. Везе же обнаружил, досконально изучая анатомию микробов, что прокариоты делятся на две фундаментально разные подгруппы, которые он назвал бактериями и археями. И он составил новое древо жизни — с тремя ветвями: бактериями, археями

и эукариотами. Большинство хорошо известных нам микробов — это бактерии. Изначально предполагалось, что археи должны встречаться довольно редко и обитать в экстремальных условиях — в горячих источниках, например, — но уже сегодня мы знаем, что их существует великое множество и что живут они по всей планете. Недавно Везе опубликовал две статьи — провокационные и одновременно с тем проливающие новый свет на формы жизни: «Новая биология в новую эпоху» и — в соавторстве с Найджелом Гольденфельдом — «Следующая революция в биологии»<sup>1</sup>.

Основную канву рассуждений Везе составляет идея о том, что редуccionистская биология устарела в том виде, в каком ее практиковали в последнее столетие, пребывая в убеждении, что биологические процессы можно понять, если изучать гены и молекулы. Напротив, сегодня нам нужна новая синтетическая биология, основанная на моделях организации. Помимо основной темы, Везе задает и другой важный вопрос: когда началась дарвиновская эволюция? Под дарвиновской эволюцией он подразумевает именно то, что понимал под этим термином сам Дарвин, основываясь на борьбе за выживание не скрещивающихся между собой видов. Везе предоставляет свидетельства тому, что дарвиновская эволюция не восходит к самому началу жизни на Земле. Когда мы сравниваем геномы древних родов живых существ, мы обнаруживаем свидетельства многочисленных случаев передачи генетической информации от одного рода к другому. В ранние времена горизонтальный перенос генов — когда генами обменивались неродственные друг другу создания — преобладал. И чем глубже и дальше во времени мы заглядываем, тем значи-

---

<sup>1</sup> *Woese Carl. A New Biology for a New Century // Microbiology and Molecular Biology Reviews, June 2004. Goldenfeld Nigel, Woese Carl. Biology's Next Revolution // Nature, January 25, 2007.* Чуть более подробная версия статьи из Nature доступна здесь: <http://arxiv.org/abs/q-bio/0702015v1>.

тельнее доля такого горизонтального переноса в общем геномном обмене.

К тому, что пишет Везе, даже если он и строит абстрактные умозаключения, следует отнестись серьезно. В своей статье «Новая биология» он выдвигает гипотезу существования золотой эпохи додарвиновской жизни, когда горизонтальный перенос генов носил масштабный — вселенский! — характер и отдельных видов как таковых еще не существовало. Жизнь представляла собой сообщество самых разных клеток, которые делились друг с другом генетической информацией. Благодаря этому, стоило одному организму повернуть какой-нибудь хитроумный химический фокус или изобрести новый каталитический процесс, они тут же становились всеобщим достоянием, которое мог унаследовать любой другой организм. Эволюция носила коммунальный характер, и вся коммуна созданий, все это сообщество двигалось вперед вместе, достигая все новых метаболических и репродуктивных высот — по мере того как наиболее успешные клетки делились генами с другими. Эволюция могла быть быстрой, так как новые химические возможности могли создаваться одновременно клетками разного типа, работающими параллельно друг с другом, а затем объединяющимися в отдельную клетку за счет горизонтального переноса генов.

Но затем, в один злополучный день, клетка, отдаленно напоминающая примитивную бактерию, случайно обнаружила, что она на шаг опередила своих соседок в эффективности жизнедеятельности. Клетка, предвосхищающая появление на свет Билла Гейтса три миллиона лет спустя, откололась от сообщества и отказалась делиться своим ноу-хау. Ее потомство стало первым видом бактерий — первым видом какого бы то ни было вида вообще; и оно оставило за собой право на частную эксплуатацию своей интеллектуальной собственности. Благодаря своему превосходству бактерии продолжали

процветать, эволюционируя отдельно от остальных членов сообщества, влачащих все то же коммунальное существование. Прошло сколько-то там миллионов лет, и еще одна клетка отделилась от сообщества и стала прародительницей архей. Еще через какое-то время после этого от коммунальной жизнедеятельности отказалась и третья клетка, которой суждено было основать род эукариотов. И так оно продолжалось еще очень долго, пока гомогенное сообщество не исчезло целиком, разделив всю существующую жизнь на разные виды. И вот тогда началась дарвиновская интерлюдия.

Она продолжалась около двух или трех миллиардов лет. Вероятно, она существенно замедлила собой ход эволюции. Базовая биохимическая механика жизни развивалась очень стремительно в первые несколько сотен миллионов лет додарвиновской эпохи, а микробная эволюция в последующие два миллиарда лет шла на существенно снизившихся оборотах. Дарвиновская эволюция представляет собой медленный процесс, потому что, как только конкретный вид сформирован, изменяется он очень мало. За редким исключением дарвиновская эволюция полагается на вымирание одних видов для того, чтобы им на замену могли образоваться другие.

Сейчас, три миллиарда лет спустя, дарвиновская интерлюдия завершена. Она оказалась промежуточным эпизодом между двумя периодами горизонтального переноса генов. Эпоха дарвиновской эволюции, в основе которой лежит межвидовая конкуренция за место под солнцем, завершилась примерно десять тысяч лет назад, когда один-единственный вид — гомо сапиенс — установил свое господство и начал перекраивать биосферу планеты по своему разумению. Начиная с того времени культурная эволюция пришла на смену биологической, став главной движущей силой перемен. Культурная эволюция не является по сути своей дарвиновской. Культуры распространяются за счет гори-

горизонтального переноса идей в гораздо большем объеме, чем посредством генетического наследования. Скорость культурной революции в тысячу раз превышает скорость дарвиновской, распахивая перед нами двери нового времени культурной взаимозависимости друг от друга, которую мы называем глобализацией. И сегодня, пока гомо сапиенс занят одомашниванием новых биотехнологий, мы возрождаем древний додарвиновский принцип горизонтального переноса генов, с легкостью переселяя гены от микробов растениям и животным, размывая границы между видами. Мы стремительно приближаемся к последарвиновской эпохе, в которой больше не останется никаких видов, кроме нас самих, а правила жизни будут сродни правилам открытого программного обеспечения — мы сможем делить между собой не только его, но и гены. И тогда эволюция жизни снова обретет тот самый коммунальный характер, как в старые добрые времена, еще до того, как были изобретены отдельные виды и интеллектуальная собственность.

Я хотел бы позаимствовать видение будущего биологии у Везе и применить его ко всей науке вообще. Вот как выглядит его собственная метафора будущего науки:

*«Представьте себе ребенка, играющего у лесной речушки, тыкающего палкой в образованный ее течением водоворот и нарушающего тем самым ее структуру. Водоворот быстро образуется снова. Ребенок вновь разбивает его. Он снова восстанавливается — а ребенок снова... в общем, этой увлекательной игре не видно конца и края. Вот вам, пожалуйста! Организмы — это устойчивые формирования в бурном потоке — формирования в потоке энергии... Становится все более очевидно, что, если мы хотим понять какие-либо живые системы хоть сколько-нибудь глубоко, мы должны научиться смотреть на них не как на машины — воплощение материализма, но как на стабильные, сложные и динамичные организации».*