

Дэвид Фридман

# В ГМО — это ЛЮ?!

Сторонники распространения генетически модифицированных культур утверждают, что только так можно спасти от голода население земного шара, численность которого непрерывно растет, противники же считают, что тем самым мы проводим рискованные эксперименты с непредсказуемыми последствиями для природы

**Р**оберт Голдберг (Robert Goldberg) в изнеможении откинулся на спинку кресла и воскликнул: «Детища Франкенштейна, выпущенные из стен лаборатории! Есть от чего сойти с ума!»

Голдберг, специалист по молекулярной биологии растений из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе — вполне уравновешенный человек, просто он бесконечно устал от необходимости снова и снова убеждать коллег в необоснованности панического страха перед генетически модифицированными (ГМ) сельскохозяйственными культурами. Особенно удручает его то, что подобные разговоры должны были прекратиться десятки лет назад, когда ученые представили массу реабилитирующих ГМ-продукты доказательств. «Сегодня мы слышим те же возражения, что и 40 лет назад. Ничего нового!» — говорит он.

Дэвид Уильямс (David Williams), клеточный биолог из этого же университета, настроен совсем по-другому. «В продвижении новой технологии участвовали многие ученые, хотя в то время мы еще мало что знали о последствиях, — говорит он. — Тридцать лет назад никому не приходило в голову, что встраивание чужеродного гена сказывается на геноме в целом. Сегодня ни для кого не секрет, что геном — вовсе не статичная система. Встроенный ген может претерпеть разного рода изменения, которые проявятся спустя многие поколения». В результате растение, подвергшееся генетической модификации, может стать ядовитым, а мы и не заметим. Уильямс



ОБ АВТОРЕ

Дэвид Фридман (David Freedman) пишет на темы науки, бизнеса и технологий уже более 30 лет. Его последняя книга под названием «Неправильно» (*Wrong*) поднимает один очень серьезный вопрос: почему ученые иногда вводят нас в заблуждение?



не отрицает, что находится в меньшинстве. Но, по его мнению, связано это только с тем, что у молекулярных генетиков растений есть свой интерес: большинство из них получают финансирование от компаний, занимающихся продажей ГМ-продуктов. Тех биологов, которые приводят экспериментальные данные о потенциальных рисках потребления ГМ-продуктов, тут же обвиняют в недостоверности их выводов, и это заставляет замолчать других, тоже видящих здесь проблему.

Независимо от того, прав Уильямс или нет, одно остается несомненным: несмотря на ширящийся объем данных о безопасности ГМ-продуктов, споры о них не затихают, а в некоторых частях света разгораются еще больше. Противники генных технологий не видят в этом ничего плохого: когда речь идет об устранении дефицита продуктов с помощью генетики, не помешает еще раз взвесить все за и против. Что касается Голдберга и его единомышленников, то, по их мнению, постоянный страх перед ГМ-продуктами — не более чем раздражающий фактор. «За многие тысячелетия природа провела сотни миллионов генетических экспериментов с участием самых разных живых организмов, и люди потребляют миллионы видов пищевых ГМ-продуктов безо всяких проблем. Разве можно все это игнорировать?» — говорит он.

Итак, кто же прав: сторонники применения ГМ-технологий в сельском хозяйстве или противники? Тщательно проанализировав доводы обеих сторон, мы нашли на удивление простой путь решения данной дилеммы.

**Надежды и опасения**

Большинство исследований по проверке безопасности ГМ-продуктов приходят к одинаковым выводам. Возьмем, например, работы Дэвида Зильбермана (David Zilberman) из Калифорнийского университета в Беркли,

занимающегося экономическими проблемами сельского хозяйства и окружающей среды и одного из немногих, кто сотрудничал как с химическими компаниями, выпускающими продукцию сельскохозяйственного назначения, так и с противниками применения химикатов. Зильберман уверен, что преимущества, которые дают ГМ-продукты, с лихвой окупают риски, до сих пор остающиеся чисто гипотетическими. «Применение ГМ-технологий приводит к снижению стоимости продуктов питания, позволяет использовать меньше пестицидов, повышает урожайность зерновых, хлопчатника и сои на 20–30%. Если бы ГМ-растения получили большее распространение, цены на продукты снижались бы и дальше и все меньше людей страдали от голода», — говорит ученый.

В будущем, по утверждению Зильбермана, преимущества проявятся в еще большей степени. Согласно оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, к 2050 г. потребность населения земного шара в продуктах питания повысится на 70%, при этом в результате глобальных климатических изменений площади сельскохозяйственных угодий сократятся. ГМ-культуры же отличаются от обычных большей урожайностью, хорошо переносят засуху, растут на засоленных почвах, устойчивы к высоким и низким температурам, насекомым-вредителям, болезням и гербицидам.

Несмотря на такие радужные перспективы, большинство стран всячески ограничивают применение ГМ-продуктов и даже запрещают их. В США почти все зерновые и соя генетически модифицированы, но в странах Евросоюза разрешены к выращиванию только два таких вида: кукуруза *MON810* компании *Monsanto* и картофель *Amflora*. В девяти странах ЕС ГМ-культуры вообще запрещены. В то же время в Азии, в том числе

**! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Подавляющее большинство исследований, посвященных ГМ-культурам, свидетельствуют о том, что они безопасны для человека и позволяют решить проблему дефицита продуктов.
- Однако не все возражения противников применения ГМ-технологий в сельском хозяйстве так легко опровергнуть, и часто настроенные положительно в отношении ГМ-продуктов биологи не обращают на них внимания или прибегают в дискуссиях к некорректным методам.
- Тщательный анализ всех преимуществ и потенциальных рисков потребления в пищу ГМ-продуктов указывает на необходимость более глубоких исследований в этой области и ужесточения требований к тестированию на безопасность.

## КАК ПОЛУЧАЮТ УЛУЧШЕННЫЕ СОРТА РАСТЕНИЙ

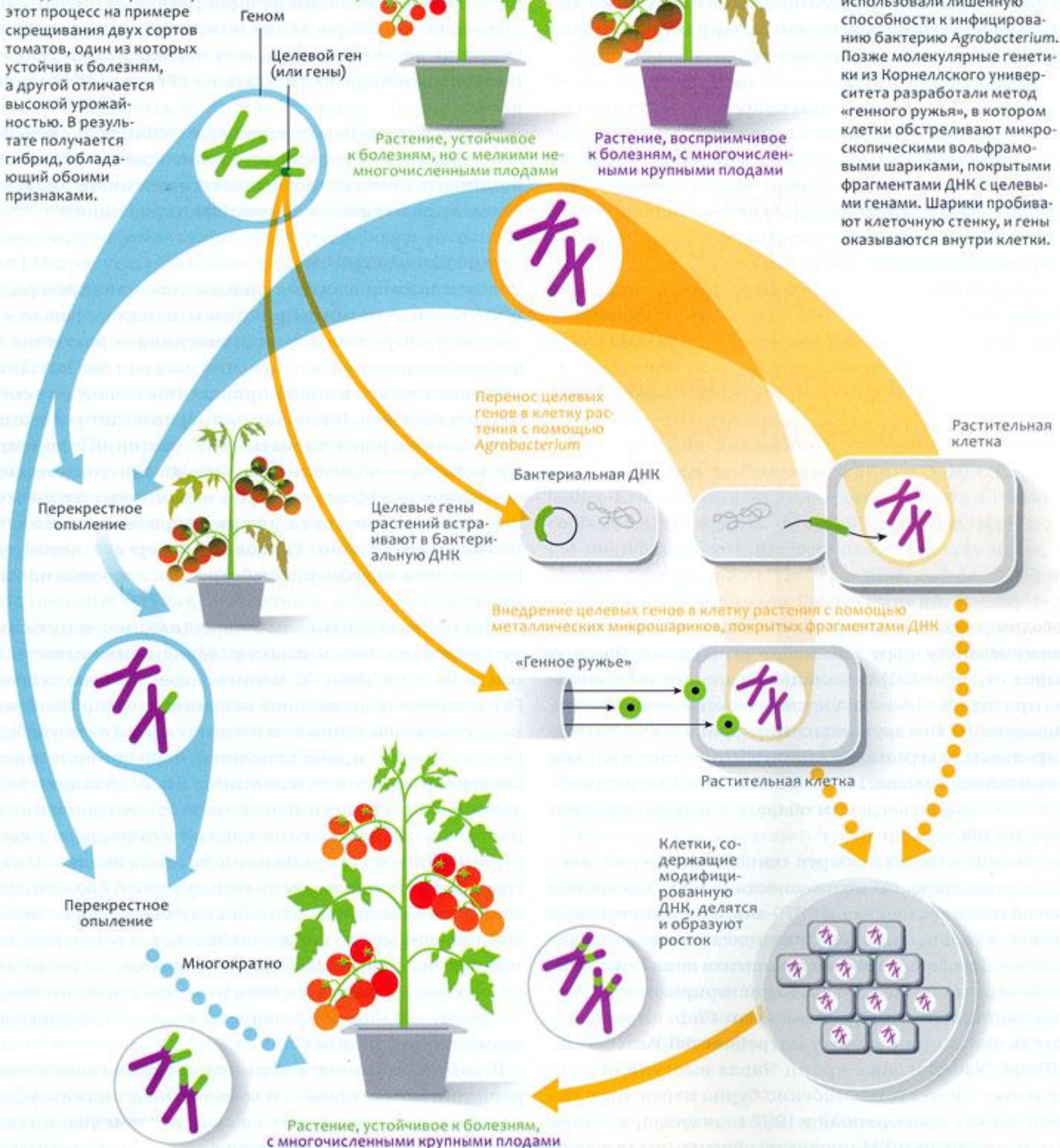
Генетическая модификация и селективное скрещивание растений — повседневная практика; оба способа позволяют получать новые сорта растений путем изменения их генома. Различие между ними касается используемых для этого приемов, числа вовлеченных в процесс генов и восприятия получаемого продукта потребителями.

### Селективное скрещивание

С незапамятных времен человек занимался отбором растений с оптимальными свойствами, скрещивая их и получая новые, лучшие разновидности. Мы рассмотрим этот процесс на примере скрещивания двух сортов томатов, один из которых устойчив к болезням, а другой отличается высокой урожайностью. В результате получается гибрид, обладающий обоими признаками.

### Генетическая модификация

В 1970-х гг. начались работы по созданию методов быстрого встраивания специфичных генов одного растения в геном другого — так, как это происходит при скрещивании. Вначале для доставки целевых генов в растительные клетки использовали лишенную способность к инфицированию бактерию *Agrobacterium*. Позже молекулярные генетики из Корнеллского университета разработали метод «генного ружья», в котором клетки обстреливают микроскопическими вольфрамовыми шариками, покрытыми фрагментами ДНК с целевыми генами. Шарики пробивают клеточную стенку, и гены оказываются внутри клетки.



в Индии и Китае, большинство их широко распространены, в их числе — рис, устойчивый к насекомым-вредителям: он более продуктивен и не требует обработки пестицидами в таких объемах, как обычный рис. В Африке, где голодают миллионы жителей, некоторые страны тем не менее отказались от импорта ГМ-продуктов несмотря на их низкую стоимость. Кения запретила их вообще, хотя голод в стране ужасающий. Ни у одной страны нет четких планов относительно выращивания золотого риса, созданного специально для выработки витамина А в больших количествах, чем шпинат (в обычном рисе витамин А не содержится). Между тем дефицит витамина А становится причиной смерти миллиона людей ежегодно, а полмиллиона жителей в развивающихся странах необратимо теряют зрение.

**Человек занимался селективным скрещиванием растений тысячелетиями и при этом изменял их геном, сам того не подозревая. Обычная пшеница — результат такого долговременного изменения; как вид она не способна существовать в дикой природе, поскольку ее семена не рассеиваются**

Сегодня только десятая часть посевных площадей по всему земному шару занята ГМ-культурами. На долю четырех стран — США, Канады, Бразилии и Аргентины — приходится 90% получаемой на всем земном шаре ГМ-продукции. Все другие латиноамериканские страны эти продукты отвергают. И даже в США их противников становится все больше. По крайней мере в 20 штатах обсуждается закон о введении обязательной маркировки ГМ-продуктов.

Раздувание страстей вокруг генной инженерии имеет долгую историю. Общественность начала проявлять беспокойство с тех пор, как в 1970-х гг. в Вашингтонском университете впервые получили генетически модифицированный табак. В 1990-е гг. на рынке появились первые ГМ-зерновые, и сразу же такие природоохранные организации, как *Greenpeace* и *Sierra Club*, а также основатель движения в защиту потребителей Ральф Нейдер (Ralph Nader) и даже принц Чарлз выступили с решительным протестом. Особенно бурно отреагировала Европа: опрос, проведенный в 1997 г., показал, что 69% австрийцев считают ГМ-продукты опасными для здоровья, в то время как в США таких было всего 14%.

Настороженность европейцев по отношению к ГМ-продуктам имела и другие причины, чисто экономические: они опасались массового поступления на рынок американской сельскохозяйственной продукции. Так или иначе, тревога распространилась и на другие регионы, повлияв на политику тех стран, для которых ГМ-культуры могли стать спасением. По словам Зильбермана, «африканцы ориентируются в основном на Европу, а не на Америку. Они видят, что многие европейские страны отвергают ГМ-продукты, и поступают точно так же». Те, кто противится применению генной инженерии в сельском хозяйстве, утверждают, что пока существует опасность бесконтрольного распространения потенциально токсичных ГМ-растений по всему земному шару, все попытки их культивирования необходимо пресекать. Вначале необходимо доказать их абсолютную безвредность.

Но, как хорошо известно медикам, «абсолютно безвредного» вообще не существует. Можно только максимально снизить риск употребления того или иного продукта, в том числе и генетически модифицированного.

#### Свидетельства в пользу

Человек занимался селективным скрещиванием растений тысячелетиями и при этом изменял их геном, сам того не подозревая. Обычная пшеница — результат такого долговременного изменения; как вид она не способна существовать в дикой природе, поскольку ее семена не рассеиваются. В течение примерно 60 лет ученые пытались «усовершенствовать» ДНК растений с помощью мутагенеза — облучения или обработки химическими веществами, надеясь получить новые, более жизнестойкие и урожайные сорта пшеницы, риса, арахиса и т.д. Но такой опыт в конце концов был отвергнут, потому что последствия подобной обработки для здоровья не были известны.

Опыты по селективному скрещиванию и мутагенезу высветили очень важную вещь: изменчивость генов и их способность менять свое местоположение. ГМ-технологии позволяют встраивать в определенный сайт генома растения всего один ген (или очень небольшое их число), принадлежащий другому виду и даже бактерии, вирусу или животному. Их сторонники заявляют, что благодаря высокой точности встраивания вероятность возникновения каких-то сюрпризов в связи с применением ГМ-технологий не столь велика. С этим согласны и специалисты по молекулярной биологии растений: они полагают, что если случится что-то неожиданное, они могут тут же вмешаться и устранить возможную опасность. «Мы знаем, где находится ген и какова активность его и всех близлежащих генов, — говорит Голдберг, — и можем предвидеть, какие изменения в них возможны, а какие нет».

И хотя намеренное введение вирусных генов в геном растений может привести кого-то в ужас, на самом деле в природе это происходит сплошь и рядом уже миллионы лет. Вирусы давно внедрились в геномы растений, так же как в геномы человека и других животных.

Часто они передают различным живым существам гены, полученные ранее от других видов: вот почему геном человека буквально напичкан разнообразными пестрыми нуклеотидными последовательностями. «Когда наши оппоненты говорят, что в природе межвидового переноса генов не происходит, они либо недостаточно осведомлены, либо просто говорят неправду», — заявляет Алан Макхьюен (Alan McHughen), специалист по генетике растений из Калифорнийского университета в Риверсайде. Тля гороховая содержит гены грибов. Тритикале — гибридам ржи и пшеницы — уже более 100 лет. Сама пшеница — тоже гибрид. «Матушка Природа проделывает подобные трюки непрерывно, создавая все новые и новые, более приспособленные виды», — говорит Макхьюен.

Может ли употребление в пищу растений с чужеродными генами привести к тому, что в организме человека они станут жить по другим законам? Теоретически возможно, но крайне маловероятно. Пока не было случая, чтобы чужеродный генетический материал выжил во время путешествия через желудочно-кишечный тракт. К тому же мы постоянно подвергаемся воздействию вирусов и бактерий, чьи гены биологи встраивают в ГМ-продукты. Так, бактерия *B. thuringiensis*, синтезирующая белки, смертельно опасные для насекомых, иногда используется как природный инсектицид. «Мы едим эти микроорганизмы уже тысячи лет!» — восклицает Голдберг.

Так или иначе, за последние несколько десятков лет люди проглотили миллионы разных видов продуктов, содержащих ГМ-ингредиенты, и мы не знаем ни одного достоверного случая заболевания, связанного с генетическими манипуляциями. Марк Линас (Mark Lynas), известный активист движения за запрет ГМ-продуктов, в прошлом году публично заявил о переходе в число их сторонников, указав на то, что все до единого зарегистрированные случаи необычных заболеваний желудочно-кишечного тракта ассоциированы вовсе не с употреблением в пищу ГМ-продуктов. Так, виновником вспышки такого заболевания в 2011 г., унесшей жизни 53 человек, стало заражение бобовых проростков, которые едят некоторые страстные поклонники экопродуктов, патогенным штаммом *E. coli*.

Критики генной инженерии часто ссылаются на то, что тестирование ГМ-продуктов на безопасность финансируют компании-производители, например *Monsanto*. Но большое число исследований проводится по заказу Европейской комиссии, органа под эгидой ЕС, который трудно заподозрить в какой-либо корысти. Еврокомиссия спонсировала уже 130 проектов, в которых участвовали более 500 независимых групп ученых. Ни в одном случае никакого вреда от употребления ГМ-продуктов не обнаружено.

Такие же результаты получили и многие другие заслуживающие доверия исследовательские группы. Грегори Джаффе (Gregory Jaffe), директор биологического отдела Центра по применению достижений науки в интересах общества, находящегося в Вашингтоне, в результате тщательного анализа пришел к заключению, что на данный

момент центр не сформулировал официального заключения относительно генетически модифицированных сельскохозяйственных растений. Тем не менее сам Джаффе настаивает на том, что полученные научные результаты достоверны. «Выращиваемые сегодня ГМ-культуры безвредны и не приносят никакого ущерба окружающей среде», — говорит он. Американская ассоциация содействия науке, Американская медицинская ассоциация и Национальная академия наук однозначно высказались за применение ГМ-культур. Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов США (FDA) совместно со своими партнерами из некоторых других стран многократно проверило огромный объем данных по ГМ-культурам и пришло к выводу, что они не несут угрозы здоровью потребителей. Такое же заключение вынесли и более десятка академических институтов.

Оппоненты пока могут предъявить лишь горстку данных в защиту своей точки зрения, и почти все они при тщательном анализе сочтены недостоверными. В качестве примера можно привести работу биохимика растений Арпада Пустая (Árpád Pusztai) за 1998 г., который в то время работал в Институте Роуэтта в Шотландии. Он обнаружил, что у крыс, питавшихся ГМ-картофелем, отмечались замедленный рост и нарушения в работе иммунной системы. Но тот картофель, который скормили грызунам, вовсе не предназначался в пищу людям, его получили в исследовательских целях, и он был токсичен. Позже Институт Роуэтта признал некорректность опытов своего сотрудника.

Вот еще одна аналогичная история. Недавно группа ученых под руководством Жилия-Эрика Сералини (Gilles-Eric Seralini) из Университета Кана во Франции сообщила, что крысы, питающиеся одним из обычных ГМ-модифицированных зерновых, гораздо чаще, чем другие, болеют раком. Но Сералини, долгое время бывший ярким противником ГМ-технологий, почему-то выбрал в качестве подопытных животных вид крыс, частота рака у которых гораздо выше, чем у других их сородичей. Кроме того, грызунов было слишком мало, никаких контрольных опытов не проводилось, были опущены многие детали эксперимента, в частности не указано, как проводились анализы. Рецензенты из Европейской ассоциации по контролю безопасности пищевых продуктов сочли работу некорректной.

Многие ученые полагают, что неприятие ГМ-продуктов связано не с наукой, а с политикой. Большое влияние на общественное мнение оказывают крупные международные корпорации — основные поставщики сельскохозяйственной продукции, которые опасаются конкуренции. «Это не имеет ничего общего с наукой», — говорит Голдберг. — Чистая идеология». С ним полностью согласен Линас, совсем недавно бывший активистом движения против ГМ-продуктов.

### Сомнения остаются

Не все представленные противниками ГМ-продуктов возражения так легко опровергнуть. Отсроченные вредные для человека последствия могут быть едва

заметными, и связать их с какими-то конкретными изменениями среды почти невозможно. Уже давно считается, что среди причин развития болезни Альцгеймера и некоторых видов рака есть средовые компоненты, но никто не может утверждать, что все они выявлены.

И оппоненты уверены, что вряд ли ГМ-процесс в этом отношении создаст меньше проблем просто потому, что в нем задействовано меньше генов и все они четко заданы. Дэвид Шуберт (David Schubert), заведующий лабораторией клеточной нейробиологии в Институте биологических исследований им. Солка в Сан-Диего (штат Калифорния) и занимающийся изучением патогенеза болезни Альцгеймера, заявляет, что единичный хорошо охарактеризованный ген, встроенный в геном растения-реципиента, может вести себя по-разному: «сместиться вперед или назад, вообще менять локализацию, многократно дублироваться — и все это будет по-разному сказываться на признаках растений». Уильямс из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе обращает внимание на то, что сам геном претерпевает

**Хотя на сегодня нет никаких свидетельств того, что генетический материал ГМ-растений включается в геном поедающего их человека, нельзя утверждать, что этого не произойдет никогда или что это уже не произошло**

изменения от поколения к поколению и его организация может отличаться от таковой в момент встраивания чужеродного гена и тестирования растения. Есть и такое явление, как инсерционный мутагенез, при котором встроенный ген «включает» близлежащие гены.

Правда, число генов, участвующих в ГМ-процессе, несоизмеримо меньше по сравнению с таковыми при скрещивании. Тем не менее оппоненты указывают на то, что, поскольку в большинстве случаев изменение генов и упаковка геномов — естественный процесс, протекающий в растениях уже полмиллиарда лет, ожидать здесь каких-то сюрпризов не приходится. В отличие от этого, направленное изменение единственного гена может привести к непредсказуемым последствиям, например к выработке токсичных или аллергенных белков.

Кроме того, характер изменений в геноме, связанных со встраиванием чужеродного гена, может быть более серьезным, сложным и изощренным, чем при внутривидовом обмене генами при скрещивании. И хотя на сегодня нет никаких свидетельств того, что генетический материал ГМ-растений включается в геном поедающего

их человека, нельзя утверждать, что этого не произойдет никогда или что это уже не произошло, но мы об этом не знаем. Такие события крайне трудно уловить; их влияние на синтез белков можно не заметить даже при тестировании. «Последствия становятся явными, если ГМ-растение плохо растет, — говорит Уильямс. — Но как заметить изменение, если оно проявляется в синтезе белков, чье действие на здоровье человека скажется только спустя долгое время?»

Следует отметить также, что многие выступающие за ГМ-технологии биологи, работающие в данной области, слишком резко — иногда неподобающим для ученых образом — реагируют на критику. Часто они обрушиваются на любого исследователя, кто, поднимая вопросы безопасности, хоть как-то сотрудничает с активистами движения против ГМ-продуктов или с дискредитировавшим себя ученым. И в связи с этим даже у Сералини, так неудачно выступившего со своими данными по высокой частоте рака у крыс, питавшихся ГМ-продуктами, появились защитники. Правда, в большинстве своем они не ученые, по крайней мере не биологи. Однако Шуберт из Института Солка тоже настаивает, что с Сералини обошлись слишком жестоко. Он говорит, что, как всякий, кто занимается проверкой на безопасность лекарственных препаратов, Сералини хорошо знает все необходимые предпосылки качественного тестирования, и он их не нарушил: скрещивание крыс рутинно используется при проверке лекарственных веществ, и число испытуемых не превышает того, что было у Сералини; методология была стандартной; детали данных не важны, поскольку результаты слишком очевидны.

Шуберт связался с Уильямсом как с одним из немногих заслуживающих доверия компетентных биологов и в то же время противником внедрения ГМ-культур. Оба они сходятся на том, что любые публичные дискуссии относительно безопасности ГМ-технологий невыгодны их сторонникам. По словам Уильямса, «последние заинтересованы в развитии новой отрасли и увеличении ее финансирования, а потому не могут быть объективными».

И Шуберт, и Уильямс говорят, что после появления в солидных научных журналах их комментариев относительно статуса ГМ-продуктов они стали объектами скоординированных нападков. Шуберт сетует, что исследователи, результаты работ которых хоть как-то затрагивают вопросы безопасности, опасаются их публиковать. «Если так будет продолжаться, мы никогда не дойдем до истины», — говорит Уильямс.

Вот тому свидетельство. В 2009 г. журнал *Nature* обнародовал подробный анализ результатов одного обстоятельного исследования, опубликованных в *Proceedings of the National Academy of Science USA*. Его провели биологи из Университета им. Лойолы в Чикаго и Университета Нотр-Дам в Париже. В статье говорилось, что ГМ-растения проникают на прилегающие к полям территории и распространяются вдоль ручьев, что угрожает жизни некоторых обитающих там насекомых. Так, лабораторные исследования показали, что личинки

ручейников, которых кормили пылью ГМ-зерновых, были менее активными и погибали раньше. На авторов публикации немедленно обрушилась волна критики. Некоторые даже обвинили их в недобросовестности.

### Где же выход?

Сейчас в дебатах наступило затишье. Многие умеренные участники дискуссий призывают продолжать распространение ГМ-продуктов, но советуют более тщательно проверять на безопасность новые ГМ-растения и пристально следить за тем, как влияют на здоровье и окружающую среду старые. Но они рекомендуют не ограничиваться только ГМ-растениями. Грегори Джаффе из Центра по применению достижений науки в интересах общества отмечает: «Тщательную проверку должны проходить все сельскохозяйственные растения и продукты».

С таким заявлением согласен даже Шуберт. Он полагает, что в будущем ГМ-культуры можно будет интродуцировать без всяких опасений, если ужесточить меры предшествующего этому контролю. «90% ученых, с которыми я говорил на данную тему, считают, что новые ГМ-растения нужно тестировать так же, как тестируют новые лекарственные препараты FDA», — заявляет Шуберт.

Усиление мер контроля ляжет тяжким бременем на плечи ГМ-исследователей, и не исключено, что внедрение новых разновидностей сельскохозяйственных

культур замедлится. «Даже при сегодняшнем положении дел большинство гибридов, полученных без всяких отклонений от стандартов, не доходят до рынка, — говорит Макхьюен. — Что же будет, если тестирование ужесточить еще больше?»

Законный вопрос. Но другого выхода нет: только дополнительное тестирование поможет достичь компромисса, при котором человечество сможет без опаски использовать все преимущества, предоставляемые культивированием ГМ-растений. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Food, Inc.: Mendel to Monsanto — The Promises and Perils of the Biotech Harvest. Peter Pringle. Simon & Schuster, 2003.
- Tough Lessons from Golden Rice. Martin Enserink in Science, Vol. 320, pages 468–471; April 25, 2008.
- Case Studies: A Hard Look at GM Crops. Natasha Gilbert in Nature, Vol. 497, pages 24–26; May 2, 2013. [www.nature.com/news/case-studies-a-hard-look-at-gm-crops-1.12907](http://www.nature.com/news/case-studies-a-hard-look-at-gm-crops-1.12907)
- Видео о том, как создают ГМ-культуры, см. по адресу: [ScientificAmerican.com/sep2013/gmo](http://ScientificAmerican.com/sep2013/gmo)