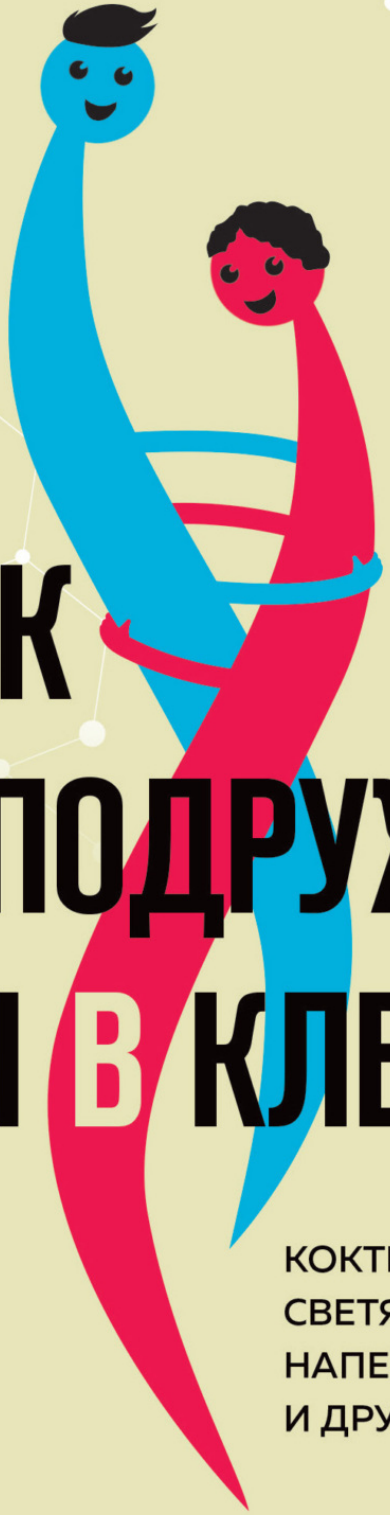
АНГЕЛИНА ПОТАПОВА
автор научно-популярного блога @moleccula



КАК ПОДРУЖИТЬ ГЕНЫ В КЛЕТКАХ

КОКТЕЙЛЬ МОЛОДОСТИ,
СВЕТЯЩИЕСЯ КОТИКИ,
НАПЕЧАТАННЫЕ ОРГАНЫ
И ДРУГИЕ ПРЕЛЕСТИ НАУКИ

БОМБОРА
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Подпишись на науку. Книги
российских популяризаторов науки

Ангелина Потапова

Как подружить гены в клетках. Коктейль молодости, светящиеся котики, напечатанные органы и другие прелести науки

«Эксмо»

2023

УДК 575
ББК 28.04

Потапова А. В.

Как подружить гены в клетках. Коктейль молодости, светящиеся котики, напечатанные органы и другие прелести науки / А. В. Потапова — «Эксмо», 2023 — (Подпишись на науку. Книги российских популяризаторов науки)

ISBN 978-5-04-190207-0

Книга популярного блогера Ангелины Потаповой (Moleccula), кандидата биологических наук, посвящена новейшим достижениях биомедицины, тому, как современные открытия в области генетики и клеточных технологий влияют на нашу жизнь и здоровье. Могут ли генетические ножницы вырезать рак? Что нужно для создания живого организма из стволовых клеток? Как приготовить коктейль молодости, используя определённые гены и клетки? Об этом и многом другом вы узнаете из книги. В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

УДК 575
ББК 28.04

ISBN 978-5-04-190207-0

© Потапова А. В., 2023
© Эксмо, 2023

Содержание

Вступление 6
Глава 1 9
ГМО. Что это за зверь и почему его едят? 11
Не содержит ГМО: тренд и здравый смысл 14
Котики и другие прелести жизни 17
Химеры среди нас 20
Конец ознакомительного фрагмента. 22

Ангелина Потапова
Как подружить гены в клетках: коктейль молодости, светящиеся котики, напечатанные органы и другие прелести науки

© Потапова А.В., текст, 2021
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2023

Вступление

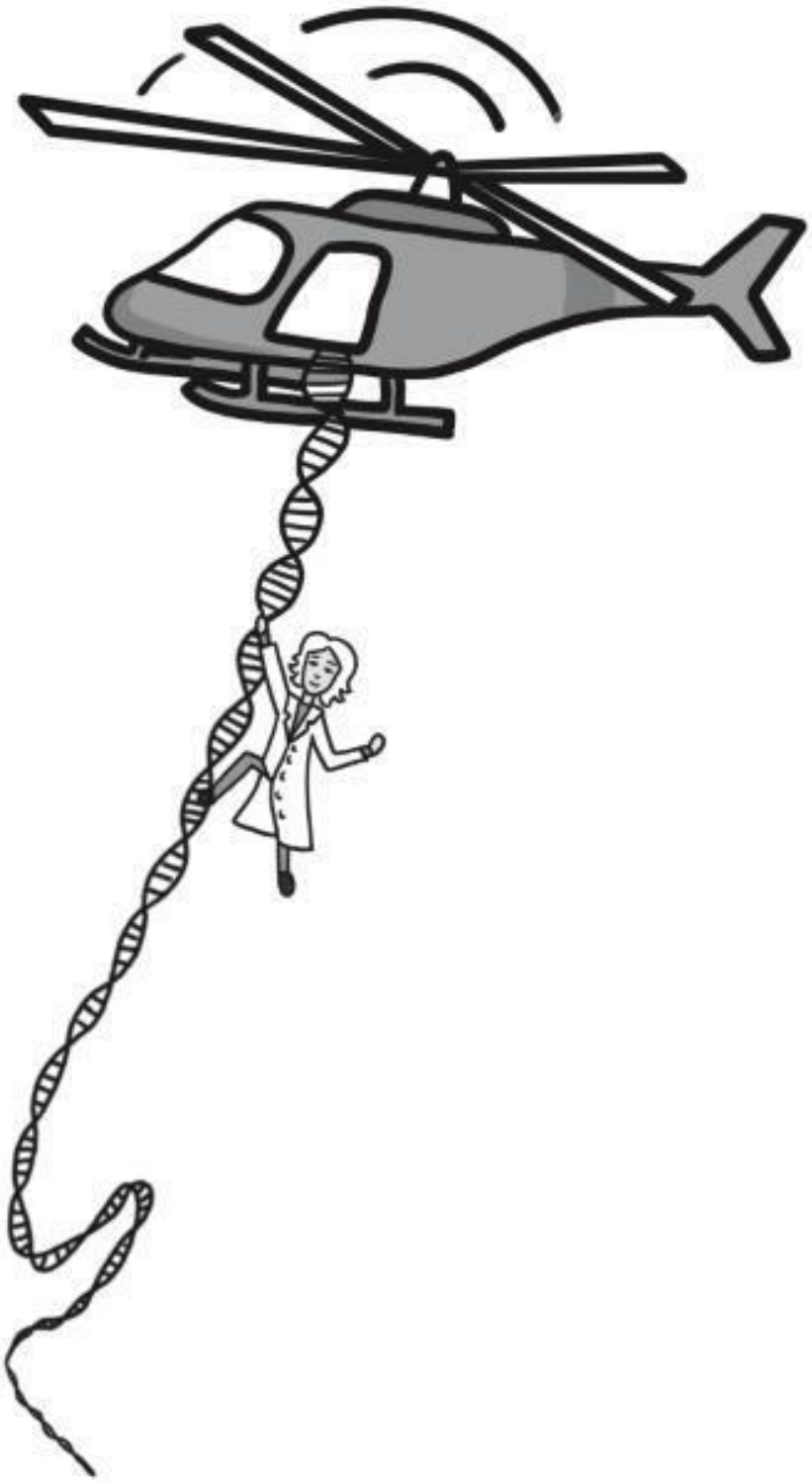
2224 год, Москва. Я записываюсь в медицинский центр, чтобы сделать себе трендовую коррекцию зрения – «кошачий глаз». Я слежу за собой и тем, что происходит в индустрии красоты и здоровья. В прошлом году я сделала курс процедур «Идеальная память» и теперь могу пересказать пролистанную вечером книгу «слово в слово». Так делают многие, нужно лишь получить одобрение по месту работы. Некоторые творческие профессии до сих пор «требуют жертв». Например, актерам нельзя сильно менять внешность, а музыкантам – слух. Девиз нашего времени: «Становись здоровее, но не теряй уникальности!»

Почти 100 лет назад наши предки использовали технологию генетического редактирования для лечения заболеваний, которые еще 200 лет назад считались неизлечимыми. Теперь же мы используем эти технологии для улучшения качества жизни. Если бы не откат в прогрессе из-за неумения людей договариваться и страха всего нового, то такие процедуры были бы доступны и 100 лет назад. Но в любом случае, как говорила моя прабабушка, «лучше поздно, чем никогда»!

Сегодня в любой «приличной» клинике можно сделать генетическую коррекцию своего организма. Например, улучшить остроту зрения, в том числе сумеречного, повысить свою способность к запоминанию, увеличить выносливость организма. С тех пор как люди перестали рождаться с генетическими мутациями, несовместимыми с жизнью и нормальным функционированием, медицина сильно шагнула вперед. Теперь нет задачи поддерживать функции организма, все умирают только по двум причинам: несчастный случай или пожилой возраст, хоть со многими признаками старения нам и удалось справиться. Вакцины от неизвестных ранее вирусов и молекулы, блокирующие патогенное действие бактерий, теперь моделирует квантовый компьютер, – не представляю, как люди жили без него раньше.

Недавно листала в своем «виар-паде» книгу по истории медицины, и меня потрясло, что еще 200 лет назад люди уже пытались печатать подобие органов – органоиды. Правда, у них не всегда выходило. Но эти исследования очень помогли нам сегодня с легкостью выращивать не только органы, но и целые системы органов. Именно поэтому средний возраст людей сегодня – 127 лет, наши предки обзавидовались бы!

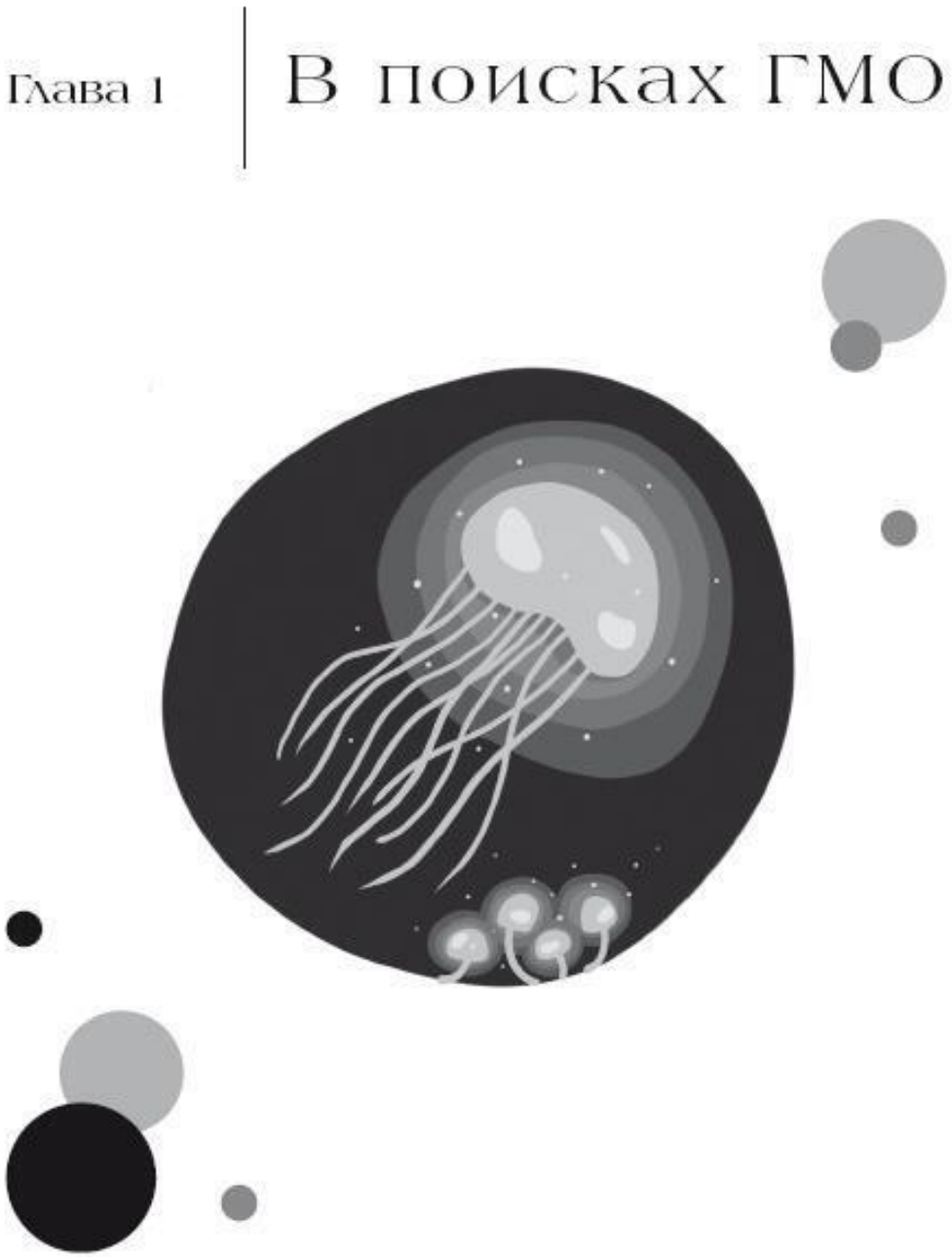
В этой же книге читала о демографическом кризисе, который начался 150 лет назад. К счастью, повсеместное использование искусственной матки привело к тому, что деторождение – это просто. Остается проблемой лишь то, что некоторые люди по старинке предпочитают естественные процессы, а при естественной беременности и родах иногда рождаются дети, которых сразу же приходится редактировать: мутации предков все еще проявляются.



Иногда будущее гораздо ближе, чем кажется. То, что кажется бредом или фантастикой, уже через несколько десятилетий может стать реальностью. Как вы думаете, насколько сейчас биомедицинские технологии приблизились к тому, чтобы наше будущее стало таким, каким я описала его?

В этой книге я хочу познакомить вас с теми технологиями и научными исследованиями, которые дадут нам возможность приблизиться к, казалось бы, утопическому будущему без заболеваний, от которых человечество до сих пор не может найти лекарство, а также рассказать о тех мифах и опасениях, которые существуют вокруг генетики и биомедицины. Генетические технологии – это то, что меня восхищает, вдохновляет и заставляет думать и работать. Клеточные технологии – та область, которой частично была посвящена моя кандидатская диссертация. Их гармоничный тандем – это возможность приблизить будущее, используя те наработки, которые есть уже сегодня. А какие именно наработки в области генетики и клеточной биологии лягут в основу картины будущего, вы узнаете из этой книги.

Глава 1
В поисках ГМО



Весной 2014-го я прошла на очное собеседование в аспирантуру Сколтеха.

Тогда я познакомилась с технологией геномного редактирования (ей будет посвящена целая глава этой книги), читая публикации Константина Северинова. Он начал заниматься темой редактирования генома одним из первых в России. Профессор тогда набирал себе аспирантов, и мне очень хотелось с ним работать, но финальное собеседование я провалила. Одним из заданий было прочесть статью о редактировании генов, чтобы суметь ответить на любые вопросы по ней. Я очень упорно готовилась, но в самый ответственный момент растерялась и несла полную чушь, еще и на английском. До сих пор помню тот позор. А эта статья потом еще

несколько месяцев сидела у меня в голове: подсмотрели у бактерий? Редактирование генома? Как же это круто! Будущее так близко!

ГМО. Что это за зверь и почему его едят?

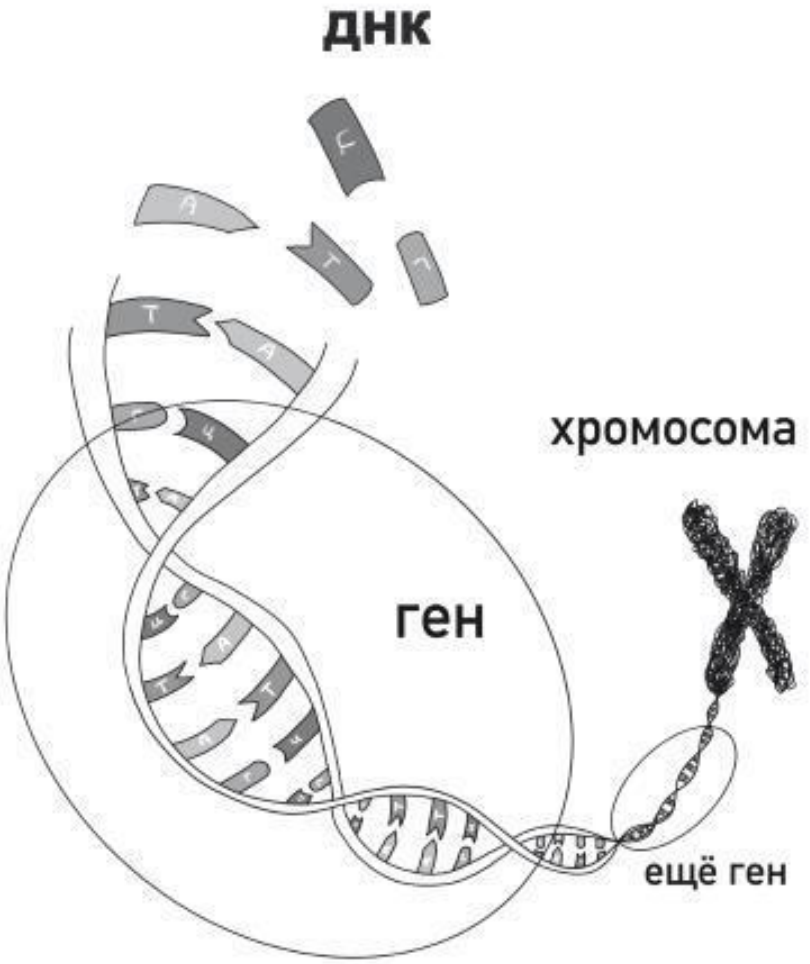
Однажды мне на полном серьезе написали, что ГМО расшифровывается как «генетически модификационные овощи». Я поняла, что значение термина для одних очевидно, для других – темный лес. Поэтому давайте разбираться, что такое ГМО.

ГМО – это генетически модифицированные организмы. Для того чтобы разобраться с тем, что именно такое ГМО, давайте выясним, что такое ДНК и гены.

> ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) – основа наследственности у людей и почти всех других живых организмов. ДНК содержится почти во всех клетках человеческого организма. ДНК можно рассматривать как язык или код, на котором написаны генетические инструкции для человеческого организма. ДНК состоит из структурных элементов, которые можно сравнить с буквами в словах. Для строительства генов используются всего четыре нуклеотидных основания: аденин (A), гуанин (G), цитозин (C) и тимин (T). Эти нуклеотиды образуют пары друг с другом: A с T и C с G.

ДНК человека, содержащая гены, плотно упакована в компактные структуры – хромосомы. Как правило, в большинстве клеток организма содержится по 46 хромосом. Хромосомы передаются нам от родителей – 23 от мамы, 23 от папы.

В каждой клетке есть специальные системы, которые считывают заложенную в ДНК информацию и на ее основе создают новые белки (состоят из аминокислот и выполняют в клетке огромное число функций, от построения белков до регуляции прочтения заложенных в ДНК инструкций).



Ген – участок молекулы ДНК, обычно расположенный в хромосоме (у эукариотов); определяет передачу одного или нескольких признаков от родителя ребенку.

Эукариоты – живые организмы, в клетках которых содержатся оформленные, ограниченные оболочкой ядра. В этих ядрах находится генетическая информация – ДНК. К эукариотам причисляют простейших, животных, растения и грибы.

Ген может выполнять свое предназначение – служить инструкцией для синтеза нормально функционирующего белка – только при условии, что в нем не нарушен состав и порядок нуклеотидных оснований.

ПРИМЕЧАНИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

Непосредственно генно-модифицированный организм в 1973 году разработали Герберт Бойер и Стенли Коэн. Они экспериментировали с бактериями Escherichia coli и показали, что возможно взять генетический материал у одного организма и перенести его в другой, ничего при этом не сломав.

Считается, что первый шаг на пути к генной инженер американский биохимик Пол Наим Берг, его же назы цом ГМО». В 1972 году он синтезировал первую рекомб ДНК (искусственно созданную цепь ДНК, полученную тате сочетания двух или более последовательностей ген

видов). На массовый рынок пищевая продукция с ГА в 1994 году. Тогда в Калифорнии на прилавках появил: чивые к гниению генетически модифицированные пом

Одним из преимуществ генной инженерии является и i позволяет встраивать необходимые гены диких растен нам нужно намного больше поколений, обычно около 10. При этом нужный результат может и не получиться из-за смешивания как необходимых, так и нежелательных признаков. Именно поэтому генная инженерия способна значительно ускорить прогресс в области селекции.

> Селекция – улучшение сорта растений или породы животных и выведение новых сортов и пород с помощью искусственного отбора, скрещивания [1].

Согласно сайту GMO Answers чаще всего модифицируют такие продукты как соя, хлопок, кукуруза и рапс. Затем идут картофель, томаты, яблоки, сахарная свекла, рис, кабачки и др.

В 2017 году 24 страны засеяли свои поля биотехнологическими культурами – 12 % сельскохозяйственных территорий всей планеты. Ведущими странами по выращиванию продуктов с ГМО являются Индия, Канада, Аргентина, Бразилия и США. Бразилия и США – лидеры на рынке по производству и потреблению продуктов с измененными генами.

Команда ученых из Пакистана, Германии и США обнаружила неожиданную пользу генетически модифицированных организмов для здоровья человека. Как правило, обсуждая влияние ГМО на здоровье человека, говорят о продуктах, которые идут в пищу. Между тем новое исследование фокусируется на не менее значимом аспекте: положительном влиянии на здоровье фермеров, которые меньше контактируют с пестицидами за счет того, что используют генетически модифицированные растения [2].

> ГМО – это организмы, геном которых изменили при помощи генной инженерии. Однако за счет эволюционных процессов гены изменяются сами по себе у всех живых организмов. Отличие лишь одно: в процессе эволюции мы не можем контролировать процесс изменения генома, а в лаборатории, используя современные знания и технологии, способны направлено изменять и улучшать гены.

Важно отметить, что ученые-генетики не нацелены создавать что-либо угрожающее здоровью всего человечества. Специалисты стремятся продвигать научный прогресс и производить те продукты, которые будут нужны людям.

Не содержит ГМО: тренд и здравый смысл

Вы часто сталкиваетесь с надписями на этикетках «Не содержит ГМО»? Однажды я даже увидела эту надпись на шампуне…

Некоторые ГМ-культуры привозят в виде компонентов для пищевого производства. Еще ими кормят скот, и с финансовой точки зрения это очень выгодно для России. Однако во многих странах, в том числе и в нашей, ввели стандарт: считать модифицированным такой продукт, в котором содержится более 0,9 % ГМО. Продукты с ГМО обязаны выставлять на продажу только с этикеткой «Содержится ГМО». Если ГМО отсутствуют, то изготовитель может не писать об этом в маркировке. В таком случае выбор размещать надпись «Не содержит ГМО» или нет остается за изготовителем. Очень часто такая фраза – всего лишь маркетинговый ход, чтобы привлечь людей, которые ищут именно продукты, которые не содержат ГМО.

Зачем это писать?

Некоторые компании используют маркировку пищевых продуктов для того, чтобы пользоваться доверчивостью потребителей и играть на их обеспокоенности относительно состава продуктов. Компании-производители могут делать это только с коммерческой целью: повысить цены на продукт или увеличить собственную долю на рынке. Один из способов сделать это – обеспечить фальшивую открытость с помощью так называемых маркировок отсутствия, например «Не содержит…».

Сведения о том, что продукт чего-то не содержит, могут на самом деле уводить внимание потребителя от других параметров.

Проверяют ли ГМО на безопасность?

В одном из интервью научный журналист и популяризатор науки Александр Панчин дает следующий ответ на этот вопрос: «С проверкой на безопасность ГМО заморачиваются намного больше, чем с проверкой на безопасность не ГМО. Непонятно почему, ведь важно, какая именно возникла мутация, а не то, каким образом она там возникла. Бывали примеры в истории, когда продукты, полученные селекционным путем, оказывались с мутациями, делающими их более вредными для человека. Например, так случилось с картофелем сортов «Ленапе» и «Магнум-бонум». Они оказались сортами с высоким содержанием соланина, и об этом не знали, пока их не выпустили на рынок. Но из-за того, что присутствует общественный скепсис по отношению к ГМО, их подвергают более тщательным проверкам, чем большинство сортов, которые где-либо используются» [3].

ГМО в России: запрещено, но разрешено. Что это значит?

В настоящее время в РФ запрещено выращивать и разводить генно-инженерно-модифицированные растения и животных, за исключением проведения научных работ. Продукция, полученная с применением ГМО или содержащая такие организмы, включая импортные товары, подлежит госрегистрации.

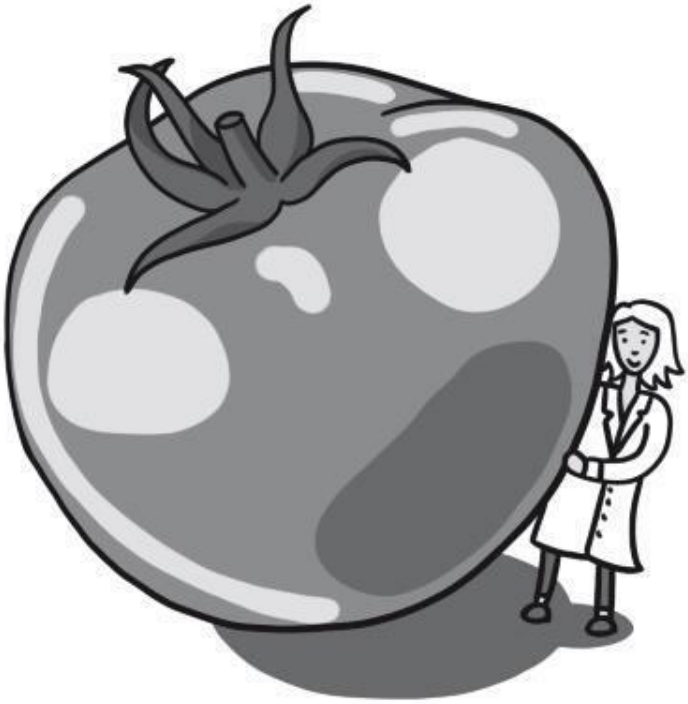
Не ешь ГМО, козленочком станешь!

Несмотря на то что ДНК содержится практически везде и, соответственно, позвоночные животные едят ДНК-содержащую еду миллионы лет, свидетельств тому, что съеденные гены как-то влияют на собственный геном, ученые пока не нашли.

А тем временем в Японии уже продают генетически модифицированные помидоры, которые способны снижать артериальное давление.

В конце 2020 года японская компания Sanatech Seed получила одобрение на продажу своих отредактированных помидорок. А теперь они в продаже. Но что же такого необычного в этих томатах? А то, что в них повышено содержание гамма-аминомасляной кислоты. «Ну и что такого?» – спросите вы? А то, что именно эта аминокислота является важнейшим тормозным нейромедиатором центральной нервной системы. А в исследованиях на грызунах было показано, что она снижает давление и замедляет сердцебиение [4].

На самом деле генетической модификацией в классическом понимании этого термина такие помидоры назвать сложно. В них удалили всего-то элемент, блокирующий синтез чудо-амино-кислоты. Генетически-модифицированными же сейчас называют продукты, в которых изменены гены или даже несколько генов.



В сентябре 2022 года в США все же решили тоже «узаконить» модифицированные фиолетовые помидоры. Чтобы получить разрешение Министерства сельского хозяйства, ученым потребовалось десять лет исследований. В фиолетовых помидорах содержится в 10 раз больше антиоксидантов, чем в ранее существовавших сортах. Это делает их претендентом на «продукты для борьбы с онкологическими заболеваниями».

Несмотря на это, многие производители все так же продолжают писать на этикетках «Без ГМО» и привлекать фанатиков-зожников своей продукцией.

Котики и другие прелести жизни

У некоторых людей аллергия на кошек. Они заводят себе домашнего любимца без шерсти в надежде, что произойдет чудо, и они не будут задыхаться от сухого кашля и заложенного носа. Вот только чуда не происходит. Почему так?

Несмотря на устоявшееся мнение, аллергическая реакция возникает вовсе не на шерсть кошки, а на белки, содержащиеся в слюне, моче и отслоившихся чешуйках кожи. Мелкие частички этого вещества не только находятся на шерстке кошки, но и оседают на полу и мебели.

В 2007 году компания Lifestyle Pets заявила, что создала с помощью генной инженерии гипоаллергенную породу кошек, которой дала название Ашера. Позже выяснилось, что эта информация была ложной, а Ашерой оказалась кошка породы саванна. К сожалению, генетически модифицированных кошек, которые бы не вызывали аллергию у человека, до сих пор не существует. Остается лишь надеяться, что в ближайшем будущем аллергикам посчастливится завести генетически модифицированных питомцев, ведь исследования в этой области уже ведутся.

В том же 2007 году коллектив ученых из Южной Кореи изменил ДНК кота, чтобы тот мог светиться в ультрафиолете, а затем использовал эту ДНК и клонировал из нее других котов, создав пушистых флуоресцирующих котиков. Для этого коллектив исследователей взял кожные клетки кота породы турецкая ангора и, используя вирус, ввел генетические инструкции по производству красного флуоресцентного белка. Затем ученые поместили генетически измененные ядра в яйцеклетки для клонирования, после чего имплантировали эмбрионы кошкам, что сделало их суррогатными матерями. Много пушистых светящихся котиков! Что может быть лучше? Вероятно, только котики, устойчивые к вирусу иммунодефицита.

КОММЕНТАРИЙ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

Хотя «о, светящиеся котики» может звучать мило и забавно, науке такие исследования нужны для изучения болезней человека. В тексте речь идет о работе Xi Jun Yin et aL, Generation of Cloned Transgenic Cats Expressing Red Fluorescence Protein, Biology of Reproduction, Volume 78, Issue 3,1 March 2008, Pages 425–431.

В 2011 году ученые создали кошек, устойчивых к кошачьему вирусу иммунодефицита. Для этого они внедрили в кошачью яйцеклетку ген противовирусного белка. Чтобы наблюдать за распространением гена по кошачьему организму, исследователи добавили к нему ген флуоресцентного белка – так генетически модифицированные кошки стали светиться в ультрафиолете зеленым светом, что свидетельствовало об успешной вставке гена [5].

Сегодня в мире известно о трех разновидностях вируса иммунодефицита: у людей – ВИЧ, у обезьян – ВИО, у кошек – ВИК. Эти вирусы не передаются между видами, но имеют ряд сходных черт. Вот почему многие медицинские эксперименты по изучению иммунодефицита можно проводить на кошках, а не на людях.

Предыдущие исследования раскрыли защитную роль белка, который распознает вирусы ВИЧ и ВИО, атакует и разрушает их оболочку. У кошек этого белка нет, и исследователи решили сделать так, чтобы этот белок у них появился. Ученые выяснили, что культура клеток, взятая от ГМ-котов, устойчива к ВИК. Эксперименты по заражению самих животных пока не проводились, но это позволило ученым получить информацию о механизмах действия, которые могли бы оказаться полезными в борьбе с распространением ВИЧ.

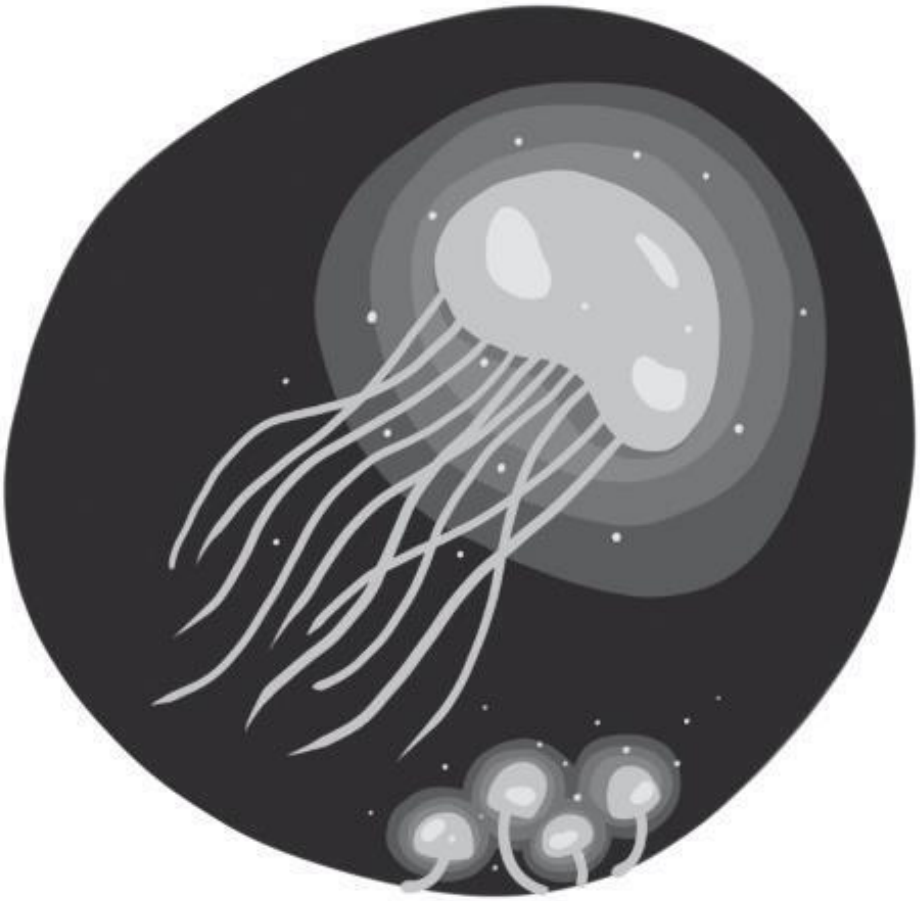
Кстати, трансгенных светящихся мышей вывели еще в 1998 году [6]. Сейчас их активно используют для исследований.

Светящиеся живые организмы не редкость в природе, но некоторые из них могут светиться самостоятельно, будто живые фонарики, а некоторые только переизлучают свет в видимом диапазоне с другой длиной волны, например, в ультрафиолете.

Первый механизм называют биолюминесценцией, для него не нужен внешний источник света. В полной темноте могут светиться черви, насекомые и грибы. Биолюминесценция позволяет испускать видимый свет за счет окисления люциферина специальным ферментом люциферазой. Светящихся растений в природе не существует, но в 2019 году российские ученые создали генно-модифицированный табак, способный светиться в темноте. Для этого они вставили в геном растений недостающие для биолюминесценции гены, взятые у грибов [7].

Второй механизм свечения – биофлуоресценция, которая заключается в обратном излучении поглощенного света с измененной длиной волны. К биофлуоресценции способны в основном морские организмы, среди которых наиболее изученные – это медузы и кораллы. Флуоресценцию также обнаружили у рыб, птиц, рептилий, земноводных. В 2020 году амери-

канские ученые впервые показали, что практически все известные амфибии флуоресцируют зеленым или желтым, если посветить на них синим светом.



Известно несколько механизмов флуоресценции. Светиться могут пигменты, минералы, а также белки. Спустя почти полвека после открытия в 2008 году Нобелевскую премию по химии вручили за открытие зеленого флуоресцентного белка медуз, GFP, который широко применяется в биологических исследованиях. Но есть еще более неоднозначные работы.

Как показала практика, с помощью генетики можно экспериментировать с полом. Внедрение одного гена превратило эмбрионы самок комаров в самцов. Ученые ввели в геном комаров один мужской ген, и генетические самки выросли самцами по всем фенотипическим признакам.

Однако такие трансгенные комары не могли самостоятельно спариваться, поэтому ученые им помогли размножиться лабораторными методами. Причем большинство самок в их потомстве наследовали введенный ген. Авторы статьи считают, что с помощью трансгенных самцов можно снизить долю кусающих самок в популяции и замедлить распространение болезней, которые переносят комары [8].

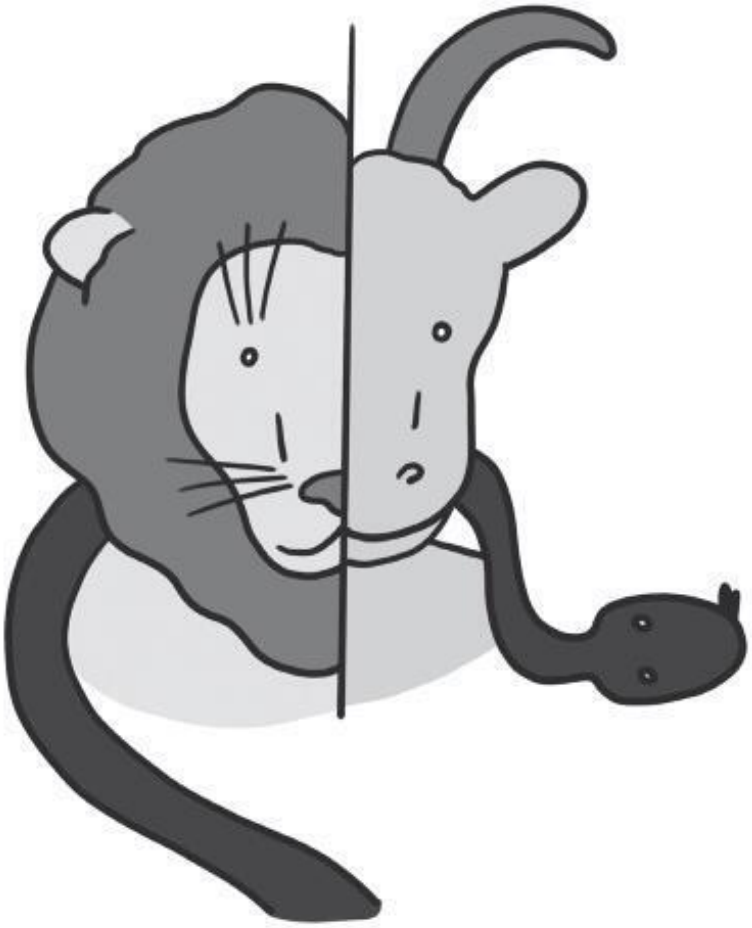
Животноводство также находится в зоне интересов генной инженерии. Сегодня приоритетными считаются исследования по созданию трансгенных овец, свиней, коров, кроликов, уток, гусей, кур.

Химеры среди нас

Когда слышишь слово «химера», сразу возникает образ какого-то мифического чудовища, в теле которого находятся несколько существ. Но что, если химеры существуют на самом деле не только среди животных, но и среди людей?

Химера – это организм, состоящий из генетически разнородных клеток.

Часто химерически построены не целые организмы, а лишь их отдельные органы или части [9].



Кто такие люди-химеры на самом деле? Страшные гомункулы? Или люди, превращающиеся по ночам в волков? Ни те, ни другие.

В 2002 году в новостях рассказали о таком необычном случае: американку Лидию Фэйрчайлд во время беременности бросил муж. Недавно она родила своего третьего ребенка и решила подать на алименты. От нее и ее бывшего потребовали анализ ДНК, чтобы подтвердить отцовство и материнство. Результаты показали, что ее бывший муж действительно является отцом малыша. Казалось бы, все хорошо, но проблема заключалась в том, что ДНК-тест не подтвердил, что сама Лидия является матерью этого ребенка. Лидии грозили обвинения в мошенничестве и лишение родительских прав. Суд вызвал свидетеля, акушерку, которая присутствовала на родах третьего ребенка. Провели дополнительные анализы ДНК, которые однозначно говорили о невозможном: Лидия не мать рожденного ею малыша.

Как такое вообще возможно? Могли ли результаты анализа оказаться ошибочными? Недоразумение удалось прояснить только после того, как у женщины взяли образцы тканей разных частей тела. Во взятых прежде образцах кожи и крови содержались одинаковые цепочки ДНК, однако клетки, взятые из шейки матки, отличались: они несли в себе совершенно другую ДНК. Лидия была химерой. В материнской утробе ее клетки слились с клетками ее близнеца. Вместо того чтобы каждому развиться в отдельный организм, близнецы слились воедино. Клетки, из которых развилась кожа, достались зародышу от одного близнеца, а клетки, из которых образовалась шейка матки с яйцеклетками, – от другого. Организм Лидии был создан двумя близняшками, и она стала своему ребенку одновременно и матерью, и тетей.

Похожий случай, если верить новостям, в США произошел с другой семьей. Только на этот раз возникли сомнения в отцовстве. Ребенок, рожденный с помощью процедуры ЭКО, оказался неродным сыном для мужчины, и тот обратился к известному генетику за разъяснениями. Более тщательный анализ показал, что американец является родным дядей собственному сыну, и тут все встало на свои места. Мужчина также оказался химерой, в организме которого присутствовали ДНК его самого и его близнеца.

Химеризм наблюдается у людей, рожденных в паре разнояйцевых близнецов, когда на ранних стадиях развития происходит обмен клетками между эмбрионами, а также в тех случаях, когда две зиготы сливаются воедино, становясь единым эмбрионом.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.