Отраслевые отчеты

Переосмысление продовольствия и сельского хозяйства на 2020–2030 годы:

Второе одомашнивание растений и животных, уничтожение коров и крах промышленного животноводства

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Кэтрин Табб и Тони Себа , RethinkX , Сан-Франциско, Калифорния, США

Управляющее резюме

Вт

Мы находимся на пороге самого глубокого, быстрого и серьезного сбоя в производстве продуктов питания и сельскохозяйственной продукции со времен первого одомашнивания растений и животных десять тысяч лет назад. В ­первую очередь это нарушение белков, вызванное электронной экономикой. Стоимость белков к 2030 г. будет в пять раз дешевле, а к 2035 г. – в 10 раз дешевле существующих белков животного происхождения, прежде чем в конечном счете ­приблизиться к стоимости сахара. Они также будут лучше по всем ключевым характеристикам — более питательны, полезнее, вкуснее и удобнее, с почти невообразимым разнообразием. Это означает, что к 2030 году современные продукты питания будут более высокого качества и будут стоить вдвое меньше, чем продукты животного происхождения, которые они заменяют.

Влияние этого сбоя на промышленное животноводство будет огромным. К 2030 году поголовье коров в США сократится на 50% , а отрасль животноводства окажется на грани банкротства. Все другие отрасли животноводства постигнет та же участь, в то время как побочные эффекты для растениеводов и предприятий по всей цепочке создания стоимости будут серьезными.

Это результат быстрого прогресса в точной биологии, который позволил нам добиться огромных успехов в прецизионной ферментации (PF), процессе, который позволяет нам программировать микроорганизмы для производства практически любой сложной органической молекулы. Эти достижения теперь сочетаются с совершенно новой моделью производства ­, которую мы называем «еда как программное обеспечение», в которой отдельные молекулы, ­сконструированные учеными, загружаются в базы данных — молекулярные кулинарные книги, которые инженеры-пищевики в любой точке мира могут использовать для разработки продуктов. так же, как программное обеспечение ­разрабатывает приложения. Эта модель обеспечивает постоянную итерацию, так что продукты быстро улучшаются, каждая версия лучше и дешевле предыдущей. Он также обеспечивает полностью децентрализованную производственную систему, намного более стабильную и устойчивую, чем промышленное животноводство, с ферментационными фермами, ­расположенными в городах или вблизи них.

Это быстрое улучшение резко контрастирует с моделью промышленного животноводства, которая почти достигла своих пределов с точки зрения масштаба, охвата и эффективности. Как наиболее неэффективная и экономически уязвимая часть этой системы, коровьи продукты первыми ощутят на себе всю мощь разрушительной силы современной пищи. Современные альтернативы будут в 100 раз эффективнее использовать землю, в 10–25 раз эффективнее использовать сырье, в 20 раз эффективнее использовать время и в 10 раз эффективнее использовать воду. 1,2 Они также будут производить на порядок меньше отходов.

Современные продукты уже начали разрушать рынок мясного фарша, но как только будет достигнут паритет затрат, мы полагаем, что в 2021–2023 годах их внедрение резко ускорится и ускорится. Разрыв будет происходить по-разному, и он не будет зависеть исключительно от прямой замены конечных продуктов один на один. На некоторых ­рынках достаточно заменить лишь небольшой процент ингредиентов, чтобы испортить весь продукт. Например, вся индустрия коровьего молока начнет рушиться, как только современные пищевые технологии заменят белки в бутылке молока — всего 3,3% его содержания. Таким образом, отрасль, которая уже балансирует на лезвии ножа, к 2030 году окажется на грани банкротства.

Следовательно, это не одно разрушение, а множество параллельных, каждое из которых перекрывает, усиливает и ускоряет одно другое. Продукт ­за продуктом, который мы извлекаем из коровы, будут заменяться более совершенными, более дешевыми, современными альтернативами, запуская смертельную спираль роста цен, снижения спроса и обращения вспять эффекта масштаба для индустрии промышленного животноводства, которая рухнет ­еще долго . прежде чем мы увидим, что современные технологии производят идеальный стейк из сот.

Выбор

Подрыв производства продовольствия и сельского хозяйства неизбежен — современные продукты будут дешевле и лучше во всех мыслимых отношениях, — но политики, инвесторы, бизнес и гражданское общество в целом могут замедлить или ускорить их внедрение. Цель этого отчета — начать разговор и ­привлечь внимание лиц, принимающих решения, к масштабам, скорости и влиянию современной продовольственной революции. Выбор, который они сделают в ближайшем будущем, будет иметь долгосрочные последствия — ­например, решения, касающиеся прав ИС и процессов утверждения современных пищевых продуктов, будут иметь решающее значение.

Многие решения будут определяться экономическими преимуществами, а также социальными и экологическими соображениями. Но на другие решения могут повлиять действующие отрасли, стремящиеся отсрочить или подорвать срыв. На них также может влиять основной анализ, хотя решения, принимаемые на основе такого анализа, как правило, делают экономику и общество беднее, ограничивая их активами, технологиями и навыками, которые являются неконкурентоспособными ­, дорогими и устаревшими. Чтобы раскрыть весь потенциал этого и любого другого технологического прорыва, нам нужно ­использовать другой подход, который лучше отражает сложный, динамичный и быстро меняющийся мир, в котором мы живем.

Лица, принимающие решения, должны также признать, что нет никаких географических ­барьеров на пути продовольственной и сельскохозяйственной подрывной деятельности, поэтому, если США будут сопротивляться или не будут поддерживать современную пищевую промышленность, другие страны, такие как Китай , захватят здоровье, богатство и рабочие места, которые возникнут. тем, кто ведет путь. Поэтому директивные органы должны начать планировать современный продовольственный переворот уже сейчас, чтобы воспользоваться исключительными экономическими, социальными и экологическими преимуществами, которые он может предложить.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Второе одомашнивание растений и животных

Десять тысяч лет назад первое одомашнивание растений и животных стало поворотным моментом в истории человечества. Впервые люди начали разводить растения и животных, чтобы есть их и использовать для работы. Это были дикие макроорганизмы, от коров и овец до пшеницы и ячменя. Люди больше не охотились и не собирали пищу, а стали контролировать ее производство, выбирая лучшие черты и условия для выращивания этих ­организмов и тем самым, хотя и непреднамеренно, изменяя их ­естественную эволюцию.

Компонентом этого первого одомашнивания, который часто упускают из виду, является жизненно важная роль, которую играли микроорганизмы. Микроорганизмы естественным образом существуют внутри макроорганизмов , расщепляя поступающие питательные вещества для создания полезных продуктов. Например, микроорганизмы в пищеварительном тракте коровы помогают производить белок и аминокислоты, необходимые ей для жизни и роста. Таким образом , люди ­непреднамеренно манипулировали эволюцией не только макроорганизмов, но и микроорганизмов.

Тысячу или около того лет спустя люди манипулировали микроорганизмами более прямым способом, проводя ранние эксперименты по ферментации. В контролируемой среде, такой как ­керамические горшки и деревянные бочки, люди постепенно научились готовить многие основные продукты, такие как хлеб и сыр, как сохранять фрукты и овощи и как производить алкогольные напитки. Теперь люди могли самым элементарным образом контролировать производство пищи. На протяжении тысячелетий модель производства продуктов питания оставалась практически неизменной, основываясь на уроках, извлеченных во время первого одомашнивания.

Сегодня мы стоим на пороге следующей великой революции в производстве продуктов питания. Новые технологии позволяют нам манипулировать ­микроорганизмами в гораздо большей степени, чем могли себе представить наши предки. Теперь мы можем полностью отключить микроорганизмы от макроорганизмов и напрямую использовать их как превосходные и более эффективные единицы производства питательных веществ.

Это второе одомашнивание растений и животных. Первое одомашнивание позволило нам освоить макроорганизмы . Второй позволит нам освоить микроорганизмы.

Новая система производства

В биологическом смысле пища — это просто набор питательных веществ, таких как белки, жиры, углеводы, витамины и минералы. Из них белки — большие молекулы, необходимые всем клеткам для ­нормального функционирования, — являются наиболее важными. Они в буквальном смысле являются строительными блоками жизни. Макроорганизмы производят эти пакеты, но для доступа к отдельным питательным веществам в них требуется дополнительная обработка, что увеличивает стоимость (и снижает качество питания). Таким образом, отдельные молекулы в этих упаковках труднее и дороже всего выделить. 3

Однако микроорганизмы производят эти отдельные питательные вещества напрямую. Таким образом, одомашнивание микроорганизмов позволяет нам просто обойти макроорганизмы, которые мы в настоящее время выращиваем для производства пищи, и получить прямой доступ к отдельным питательным веществам. Делая это, мы можем создавать пищу из этих питательных веществ в соответствии с точными характеристиками, которые нам нужны, вместо того, чтобы разрушать макроорганизмы, чтобы получить к ним доступ. Мы можем заменить ­экстравагантно неэффективную систему, требующую огромного количества ресурсов и производящую огромное количество отходов, на точную, целенаправленную и управляемую ( рис. 1 ).

Более того, благодаря переводу производства на молекулярный уровень количество питательных веществ, которые мы можем производить, больше не ограничивается царствами растений или животных. В то время как природа предоставляет нам, например, миллионы уникальных белков, мы потребляем лишь часть из них, потому что их слишком сложно или слишком дорого извлекать из макроорганизмов. В новой системе производства мгновенно ­становятся доступными не только эти белки, но и миллионы других, которых сегодня даже не существует. Свобода создавать молекулы с любой спецификацией, которую мы желаем, единственным ограничением будут пределы человеческого воображения. Каждый ингредиент будет служить определенной цели, позволяя нам создавать продукты с точными характеристиками, которые мы желаем с точки зрения питательного профиля, структуры ­, вкуса , текстуры и функциональных качеств. Таким образом, практически безграничные входы порождают практически безграничные выходы.

Эти белки будут настолько обильными и недорогими, что они изменят не только пищевую и сельскохозяйственную промышленность, но и здравоохранение, косметику и материалы. Они лягут в основу новой производственной системы, которая представляет собой глубокий сдвиг в том, как мы концептуализируем, проектируем и производим продукты во всех этих секторах. Мы сможем проектировать и настраивать отдельные молекулы для создания продуктов с точными спецификациями вместо того, чтобы разбивать их на части животных, растений или нефти.

Короче говоря, мы перейдем от системы дефицита к системе изобилия. От системы добычи к системе создания.

Технологическая конвергенция ведет к революционным изменениям

Движущей силой этих новых возможностей является точная биология. Сюда входят информация и биотехнологии, необходимые для проектирования и программирования клеток и организмов, включая генную инженерию, синтетическую биологию, системную биологию, ­метаболическую инженерию и вычислительную биологию. 4 По сути, ­синтетическая биология претерпела концептуальный сдвиг, став инженерной дисциплиной. Так же, как разработчики программного обеспечения, синтетические биологи могут разрабатывать биологию и улучшать качество, масштабируемость , питательность, вкус, структуру и стоимость.

Новые информационные технологии, такие как машинное обучение с помощью глубоких нейронных сетей, позволяют ученым анализировать сложные биологические процессы с гораздо большей скоростью и точностью, чем когда-либо прежде. Например, теперь у нас есть технология для ­записи базы данных из 100 миллионов белков менее чем за два дня с использованием одного компьютера. 5 Тем временем такие технологии, как CRISPR, дали ученым новые инструменты для манипулирования генетической материей для создания конкретных организмов, которые можно запрограммировать на производство молекул с точными требуемыми свойствами. 6

Это означает, что с помощью искусственного интеллекта и робототехники мы теперь можем создавать миллионы потенциальных версий новых пищевых продуктов и ингредиентов, а также одновременно анализировать и тестировать их.



**Rumen**

**Home to trillions of productive microbes**

**Capacity:** 40-50 gallons **Temperature:** 100°-108°F

**Feedstock Efficiency:** 4%

Производство коровьего белка

**Коровий рубец -** производство белка является работой многих микробов, населяющих рубец коровы.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

**Fermentor**Home to trillions of
productive microbes

Yeast culture

Pichia Pastoris

DNA Design

Прецизионное ферментативное производство белка

Производство белка также является работой микробов, предназначенных для производства желаемых белков в строго контролируемых условиях.

**Емкость:** 50-10 000 галлонов

**Температура:** Оптимизирована

**Сырье |Эффективность:** 40%-80%

Белковопродуцирующие свойства рубца без коровьего шасси

Рис. 1. Прецизионная ферментация: производство белка отключено.

их с помощью высокопроизводительного скрининга, чтобы обеспечить наилучшее сочетание питательных веществ, вкуса, аромата и ощущения во рту. Сейчас мы достигли точки, когда ученые могут проектировать и синтезировать почти любую известную или неизвестную молекулу, а быстро падающие затраты означают, что мы можем делать это намного дешевле, чем когда-либо прежде.

Например, стоимость полного секвенирования первого человеческого генома в 2000 году составила 1 миллиард долларов и заняла 13 лет. 7 Сегодня это занимает всего несколько дней и стоит около 1000 долларов, при этом геном стоимостью 100 долларов находится в пределах досягаемости ( рис. 2 ). 8-12 Стоимость вычислений составляла 50 миллионов долларов за терафлоп в 2000 году. Сегодня GPU для машинного обучения стоит менее 60 долларов за терафлоп. 13

Когда эти достижения в точной биологии сочетаются с производственной моделью «Пища как программное обеспечение», в которой базы данных миллионов отдельных молекул могут обновляться и совместно использоваться учеными в режиме реального времени с производственными предприятиями по всему миру,

Рис . 2. Стоимость ключевых базовых технологий падает экспоненциально.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

пищевые инженеры могут разрабатывать продукты так же, как разработчики программного обеспечения разрабатывают приложения для смартфонов. Непрерывная итерация означает, что современные пищевые продукты будут быстро улучшаться как по функциональным характеристикам, так и по стоимости: как только версия 1.0 выйдет на рынок, компании уже будут работать над версией 2.0, затем над версией 3.0 и так далее, причем каждая версия будет лучше и дешевле предыдущей. прошлой. Это быстрое улучшение резко контрастирует с ­моделью промышленного животноводства, которая почти достигла своих пределов с точки зрения масштаба, охвата и эффективности.

ТОЧНАЯ ФЕРМЕНТАЦИЯ

Одним из ключевых процессов, обеспечиваемых конвергенцией этих технологий и их быстро падающей стоимостью, является PF. Это сочетание точной биологии с вековым процессом ферментации. 14

PF — это процесс, который позволяет нам программировать микроорганизмы на производство практически любой сложной органической молекулы. 15 К ним относится производство белков (включая ферменты и гормоны), жиров (включая масла) и витаминов в соответствии с точными спецификациями, в изобилии и, в конечном счете, при предельных затратах, приближающихся к стоимости сахара. Эти молекулы являются жизненно важными ингредиентами в самых разных отраслях, поскольку они обеспечивают структуру, функциональность и питательную ценность потребительских товаров. 16

PF — это проверенная технология, которая используется в коммерческих целях с 1980-х годов: ученые используют генную инженерию для модификации микроорганизмов для производства человеческого инсулина 17 и гормона роста 18 , ферментов, таких как сычужный фермент (химозин) 19 и различных других биопрепаратов. 20 Ряд витаминов и добавок производятся почти исключительно с использованием ПФ. 21 В последнее время этот процесс используется для производства коллагена. Сегодня эти продукты ежегодно приносят доход более 100 миллиардов долларов по всему миру. 22

Стоимость PF постоянно снижается из-за резкого снижения стоимости точной биологии. В результате стоимость производства одной молекулы с помощью PF снизилась с 1 млн долларов за кг в 2000 году до примерно 100 долларов за кг сегодня. Мы ожидаем, что к 2025 году стоимость упадет ниже $10/кг.

Это означает, что PF сейчас находится на пороге вытеснения животноводства как формы производства продуктов питания не только по стоимости, но и по возможностям, скорости и объему. Конечным результатом станет ­повышение эффективности действующего промышленного производства продуктов питания на порядок ( рис. 3 ).

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО И ЦЕПОЧКУ ПОСТАВКИ

**Затраты на производство.** Чтобы проиллюстрировать, насколько революционными будут современные продукты питания, мы возьмем пример коровы, которая является одним из самых неэффективных способов производства белка и, следовательно, индустрией, созревшей для революционных изменений.

Скотоводство очень ресурсоемкое, с огромным количеством кормовых культур, земли, воды и времени, затрачиваемых на производство продуктов животного происхождения. В настоящее время фермеры, ­по сути, выращивают целую корову, прежде чем разделить ее на отдельные продукты, такие как стейк, кожа или коллаген, и этот процесс приближается к пределу с точки зрения эффективности использования ресурсов, а потенциал для снижения производственных затрат невелик. Например, эффективность кормления коров практически не изменилась за последние 30 лет. 23 Но с PF, процесс, который будет продолжать резко падать ­в цене, эти продукты могут быть произведены с использованием точного количества необходимых отдельных молекул.

Современные корма будут примерно в 10 раз эффективнее коровы в преобразовании корма в конечные продукты, потому что корова нуждается в энергии через корм для поддержания и построения своего тела с течением времени. Меньшее потребление корма означает, что для его выращивания требуется меньше земли, а значит, используется меньше воды и производится меньше отходов. Экономия впечатляет: в 10-25 раз меньше сырья, в 10 раз меньше воды, в пять раз меньше энергии и в 100 раз меньше земли.

PF также может сократить время производства с двух-трех лет, необходимых в настоящее время для выращивания коровы, до нескольких недель. Эти улучшения на порядок в эффективности затрат и времени приведут к снижению себестоимости продукции на порядок.

Таким образом, мы прогнозируем, что к 2023–2025 гг. будет достигнут стоимостной паритет с большинством белков животного происхождения, а к

2030 году себестоимость производства белка с использованием ПФ будет в пять раз меньше, чем в животноводстве. Более структурно сложные продукты, такие как стейк, которые требуют нескольких типов молекул и сложной структуры, будут более дорогими в производстве, и для достижения паритета потребуется больше времени. Как только к 2023–2025 годам производство белка упадет ниже 10 долларов за кг , животноводческая отрасль начнет рушиться, а срыв всех форм производства мяса станет неизбежным.

Fig 3. PF disrupting more industries as costs fall.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Мы ожидаем, что к 2030-м годам общая стоимость современных продуктов питания приблизится к одной десятой стоимости продукции коровьего происхождения, а предельные издержки производства приблизится к стоимости сахара плюс энергии и воды. Углеводы, необходимые для питания современных продуктов питания, потенциально могут поступать из любого биоматериала (листьев, сельскохозяйственных культур, водорослей или водорослей).

**Затраты на цепочку поставок.** Современные продукты питания также приведут к совершенно другой системе производства продуктов питания, которая будет перемещаться с поля в резервуар для брожения. Устранение существующих цепочек поставок и добавленной стоимости, связанных с животноводством, и замена их гораздо более эффективной, локализованной системой производства, которая почти полностью устраняет отходы и значительно снижает потребность в транспорте, сократит расходы на сбыт и волатильность цен, что еще больше сократит себестоимость продукции. .

Существующие цепочки поставок крупного рогатого скота, сильно зависящие от ­обширной инфраструктуры, от крупных животноводческих ферм и скотобоен до упаковочных цехов и дистрибьюторов, станут в значительной степени излишними, поскольку грань между производителями, оптовиками и розничными торговцами стирается. Подобно тому, как в конце 19 века лед перешел от извлечения из северных озер к производству в местных холодильниках, производство продуктов питания переместится из крупных отдаленных сельскохозяйственных районов в более мелкие, легкодоступные городские районы.

УЛУЧШЕНИЯ АТРИБУТОВ

Современные продукты питания будут не только производить продукты, которые дешевле, чем продукты животного происхождения, но и превосходят их во всех мыслимых отношениях ­по качеству, вкусу, структуре, питательности и воздействию на окружающую ­среду и общество. На самом деле эти улучшения гарантируют, что внедрение новых продуктов начнется до того, как будет достигнут паритет затрат, как это происходит сегодня на некоторых рынках.

**Вкус.** Атрибуты, связанные со вкусом и ощущением во рту, такие как сладость, кислинка, плавление, укус и текстура, будут представлять собой улучшение продуктов животного происхождения. Свойства, связанные со структурой пищевых продуктов и их полезностью, также улучшатся, включая эмульгирование, способность к пенообразованию или подъему хлебобулочных изделий.

**Удобство.** Современные продукты питания приведут к более распределенной системе производства, в которой продукты питания можно будет производить и доставлять ­на места гораздо быстрее и удобнее, чем сейчас.

**Разнообразие.** Современные пищевые технологии позволят производить продукты с бесконечным ­набором свойств, включая свойства, связанные с переносимостью, аллергией и персонализацией, а это означает, что потребители в конечном итоге смогут заказывать продукты, специально предназначенные для удовлетворения их индивидуальных ­потребностей.

**Питание.** Современные продукты питания будут более полезными и питательными, чем их аналоги животного происхождения. Например, бургер с PF может содержать не только меньше жира и соли, чем бургер из коровьего мяса, но и больше витаминов и минералов, чем порция свежих овощей. Современные белки также должны быть более биодоступными, чем белки животного происхождения.

**Предсказуемость.** Более децентрализованная и устойчивая модель производства, ближе к потребителю, означает, что производство продуктов питания больше не будет зависеть от географии или резких колебаний цен, качества и объемов из-за климата, сезонов, болезней, ­эпидемий, геополитических ограничений, или волатильность обменного курса. Пищевые продукты PF также будут иметь более длительный срок хранения и будут менее подвержены риску загрязнения.

Эти атрибуты повлияют на решения, принимаемые заинтересованными сторонами в обществе, и, следовательно, повлияют на скорость принятия. Важность каждого из этих критериев будет варьироваться в ­зависимости от заинтересованной стороны — потребителя, бизнеса, инвестора или политика. Но для всех заинтересованных сторон продукты, изготовленные из ПФ, будут явно лучше по всем параметрам, чем пищевые продукты, произведенные традиционным животноводством, — для потребителей, которые покупают продукты питания, для предприятий, которые их поставляют, для инвесторов, которые помогают финансировать их производство, и для политиков, которые влияют. нормативно-правовые, фискальные и политические рамки, определяющие конкурентоспособность различных производственных систем. Если мы также рассмотрим возрастающую экономию средств по сравнению с продуктами, выращенными на традиционных фермах, наш анализ показывает, что разрушение ­промышленного производства продуктов питания будет значительным как по скорости, так и по масштабам. Действительно, традиционная система промышленного производства продуктов питания имеет столько же шансов конкурировать с современными продуктами питания, сколько клинописные глиняные таблички имеют шансы конкурировать с современными компьютерными планшетами или смартфонами.

Разрушение и принятие

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

РАЗДЕЛЕНИЕ КОРОВЫ

Второе одомашнивание растений и животных является ­продолжением исторического разделения коровы с помощью более совершенных и более эффективных технологий.

Первое одомашнивание коровы обеспечило нашим неолитическим предкам ряд потоков создания ценности — пищу (мясо и молоко), одежду, инструменты и энергию. Коровы также ценились в сельском хозяйстве ­как тягловые животные и производили навоз для удобрения полей. Они обеспечили древнему населению устойчивость, действуя как форма хранения пищи в зимние и неурожайные времена. Крупный рогатый скот также использовался для перевозки товаров и людей и иногда имел ценность как форма валюты и средство торговли и обмена.

Технологии уже разрушили большинство этих источников стоимости. Тракторы сделали крупный рогатый скот устаревшим как тягловую силу, в то время как его ценность как хранилища продуктов питания была подорвана холодильником. Нефтехимические ­удобрения уменьшили ценность навоза, а лошадь, а затем и машина уничтожили ценность скота как транспорта. Еда — последний из основных источников ценности, а материалы — на втором месте.

Корова — одна из старейших, крупнейших и самых неэффективных систем производства продуктов питания в мире — сейчас переживает окончательный сбой. Оставшиеся части коровы, представляющие какую-либо значительную ценность, а именно мясо и молоко, а также кожа и коллаген, заменяются превосходными технологиями, продуктами и услугами ­, которые стали возможными благодаря продолжающейся разработке человеком микроорганизмов. Эти сбои уже происходят и достигнут переломных моментов в течение пяти лет, ускорятся к середине 2020-х годов и прекратятся к 20–35 годам .

РАЗРУШЕНИЕ КОРОВЫ

Как мы видели, белки, полученные современными методами производства продуктов питания , ­уже используются в медицине, витаминах и косметике. Теперь они начинают разрушать основные, узнаваемые ­сегменты более широкого продовольственного рынка. Мы уже едим много продуктов с ингредиентами, произведенными PF, но очень немногие из нас знают об этом. К ним относятся валенсен (апельсиновый вкус и запах), аромат малины, подсластители, такие как тауматин, и витамины, а также ряд ферментов, используемых в пищевой промышленности, таких как сычужный фермент, амилаза или липаза. В последнее время этот процесс используется для получения соевого леггемоглобина (гема). 24 Многие из этих продуктов уже полностью изменили рынки, на которые они вышли.

Следующие белки, которые будут разрушены, — это те, которые вырабатываются коровами, а именно те, которые содержатся в молоке и мясе. Вместо этого они будут созданы непосредственно из микроорганизмов, а не извлечены из коровы (макроорганизма). Затем эти отдельные белки будут использованы для создания конечного продукта, будь то мясной фарш, бургер или стейк. Это полная противоположность традиционным методам производства, когда корова разбивается на ­составные компоненты, а затем обрабатывается в соответствии с желаемым конечным продуктом. В традиционной системе производство отдельных молекул, таких как сыворотка, является наиболее трудным и дорогостоящим. В новой системе их производить проще всего и дешевле всего . Крайне ­важно, что отдельные белковые молекулы, изготовленные с использованием современных технологий производства, будут превосходнее, чище и стабильнее, чем молекулы, извлеченные из коровьего молока.

Четыре волны разрушения

Разрушение коровы — это не просто замена один на один — традиционная колбаса или бургер заменены новой альтернативой (хотя это произойдет). Новые методы производства должны разрушать только ключевые ингредиенты, а не целые ­продукты, чтобы сделать корову полностью ненужной. Прямая замена продукта конечным пользователем, по сути, является лишь одним из четырех основных способов, с помощью которых корова будет разрушена в течение следующего десятилетия и далее. Все эти нарушения накладываются, усиливают и ускоряют друг друга. Они делятся на две широкие категории: что мы едим (заменители ингредиентов и конечные продукты) и то, как мы едим (обогащение и форм-фактор).

ЗАМЕНЯЮЩИЕ ИНГРЕДИЕНТЫ

Это полная замена ­белков животного происхождения и других ингредиентов, которые обычно составляют небольшой процент от конечного продукта. Например, замена сывороточного протеина в спортивных напитках или детских смесях или желатина, распространенного ингредиента, используемого в качестве загустителя как в сладких, так и в ­соленых блюдах. Решения об использовании этих ингредиентов, многие из которых являются ключевыми компонентами продуктов, несмотря на то, что они используются в небольших количествах, будут приниматься предприятиями, а не потребителями, на основе снижения затрат (покупка более дешевых ингредиентов или увеличения срока годности продукта), снижения рисков ( таких как надежность, ­постоянство и качество поставок), а также возможность увеличения ­доходов (например, за счет повышения ценности для клиентов за счет более высокого содержания белка или превосходного содержания питательных веществ, или за счет выделения более здоровых, экологически чистых или животных продуктов). -бесплатный продукт).

Некоторые из этих нарушений ингредиентов B2B могут произойти очень быстро. Например, HFCS 55, подсластитель с 55-процентной ­концентрацией кукурузного сиропа с высоким содержанием фруктозы, был представлен в 1978 г. Оптовые цены на рафинированный сахар в 1970-е годы подскочили вдвое, что привело к тому, что Pepsi Cola и Coca Cola начали заменять сахар, их ключевой ингредиент . , с HFCS-55 в 1980 году. К 1984 году во всех их безалкогольных напитках, разливаемых в бутылки в США, вместо сахара использовался HFCS-55. 26 Эта прямая замена является прорывом в сфере B2B, а это означает, что потребительские предпочтения не являются основным фактором внедрения.

ЗАМЕНЯЮЩИЕ КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ: СМЕШАННЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ

Здесь белки, произведенные PF, смешиваются с другими ингредиентами для получения конечного продукта. Это произойдет на молочном, мясном и кожевенном рынках. Мы называем эти продукты усиленными PF, где белки PF являются частью более широкого списка ингредиентов, таких как растения и микопротеин (белок одноклеточного гриба, выращенный путем ферментации). Что касается мяса, PF позволяет производить такие молекулы, как гем, который в сочетании с другими ингредиентами позволяет производить аналог мясного фарша, который улучшает исходный продукт животного происхождения так, как альтернативы на растительной основе, не требующие прецизионной ферментации ­. просто не может.

Именно такой подход использует компания Impossible Foods при производстве ­своих гамбургеров Impossible, которые были проданы тиражом более 13 миллионов единиц с момента их запуска в 2016 году. 27 Поскольку свойства этих новых продуктов будут превосходить продукты животного происхождения по всем параметрам . параметра, компании, скорее всего, представят их как расширения продуктовой линейки, которые предлагают дополнительные

выгоды. Burger King сделал именно это, представив Im ­Possible Whopper как часть своего бренда Whopper. Первоначально компания продавала бургер примерно на 1 доллар дороже, чем обычный ­воппер, одновременно рекламируя его пользу для здоровья. 28

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Молочная промышленность представляет собой отличный пример того, как будет развиваться это разрушение смешанных ингредиентов. Молочная промышленность в настоящее время находится на острие ножа — она работает с очень низкой маржой 29 и страдает от неустойчивости цен на сырьевые товары 30 и поэтому ­зависит от государственных субсидий 31 и поддержки мощных лоббистских сил, чтобы остаться на плаву. 32 Коровье молоко очень хорошо показывает, как нужно заменить лишь небольшой процент ингредиентов, чтобы весь продукт испортился, что спровоцировало крах всего рынка. Твердые белки (казеин и сыворотка) составляют всего 3,3% от общего состава молока. Остальное составляет 87,7 % воды, 4,9 % сахара (в основном лактозы), 3,4 % жиров и 0,7 % витаминов ­и минералов. 33

Ключ к пониманию разрушения молока заключается в том, что PFonly необходимо разрушить 3,3% молочной бутылки — ключевые функциональные белки — чтобы вызвать крах всей индустрии коровьего молока. Примерно 65% молочных белков потребляются напрямую, либо в виде питьевого молока, либо в молочных продуктах, таких как сыр, йогурт и мороженое. 34 Остальные 35% потребляются косвенно в качестве ингредиентов всевозможных продуктов, от тортов и десертов до детских смесей и спортивных добавок. Эти ингредиенты будут разрушены в первую очередь.

Сывороточные и казеиновые протеины стали общедоступными ­и широко продаются. 35,36 Оба уже нацелены на производство через PF. 37 Мы ожидаем, что к 2023–2025 гг . эти белки PF достигнут паритета стоимости с их эквивалентами животного происхождения , при этом предельные затраты со временем будут приближаться к стоимости сахара (менее 100/кг), воды и энергии. 38

Но история прорывов показывает, что для принятия этих продуктов необязательно достигать паритета цен. Первоначальное принятие произойдет, когда белки предложат превосходный продукт, предлагая то, чего не могут белки коровьего молока. Например, в детских молочных ­смесях в настоящее время используются коровьи белки, но возможность использования ПФ для производства белков человеческого грудного молока должна обеспечить превосходный продукт с точки зрения переносимости и питательности. 39 Улучшения в других областях, таких как лучшая адаптируемость, более стабильное качество, отсутствие волатильности цен и надежность поставок, также побудят предприятия использовать эти продукты PF.

Когда потребление белка переключится на эти современные альтернативы ­, 35% рынка молока, которое используется в качестве ингредиентов, быстро исчезнет. Исчезновение трети доходов отрасли будет достаточно, чтобы подтолкнуть отрасль производства первичного молока к банкротству. 40

Но на этом сбои не заканчиваются — вскоре остальная часть рынка молочного белка окажется под угрозой. Молочные продукты, такие как сыр, йогурт и мороженое, также будут производиться с использованием высококачественных и более дешевых белков на основе PF.

Разрушение белков молочной сыворотки станет ключевым катализатором этого процесса. Сегодня регулируемые производители молочных продуктов получают компенсацию за сыворотку независимо от того, существует ли рынок для этого белка или нет. 41 Сыворотка является побочным продуктом производства сыра, который приносит дополнительные доходы крупным производителям сыра. Поскольку сыворотка PF подрывает производство коровьей сыворотки, им придется присоединиться к мелким производителям сыра (у которых нет доступа к рынку сухой сыворотки) и потерять деньги, утилизируя ­сыворотку. 42 Поскольку дополнительные потоки доходов от этого белка падают, промышленные цены на сыр (и государственные субсидии) должны будут расти, чтобы компенсировать это, что снизит ­спрос и ускорит разрушение рынка альтернативами на основе ПФ. Это добавит избыток сыворотки к растущему избытку сыра на рынке США.

К этому моменту единственным рынком сбыта коровьего молока останется его потребление. Но даже этот рынок скоро окажется под угрозой, так как основные процессы производства PF продолжают совершенствоваться, ­включая процессы производства жиров, витаминов и минералов, других ключевых функциональных ингредиентов молока. Наконец, когда станет возможным тиражирование и улучшение питьевого молока, этот последний рынок ­будет полностью разрушен. Производители смогут разрабатывать более дешевый продукт, который повторяет вкус и ощущение, но улучшает другие характеристики, включая переносимость, усвояемость и питательность. Действительно, растительное молоко без ПФ уже ­занимает 13% рынка в США, несмотря на большую надбавку к цене и другой вкусовой профиль. 43

По мере того как спрос на молоко падает, затраты на переработку молока будут расти, поскольку экономия за счет эффекта масштаба обратится вспять, а заводы, работающие ниже производственных мощностей, повысят затраты. Чтобы остаться в бизнесе, производителям молока придется поднять цены, что приведет к дальнейшему падению спроса и ускорению перехода на современные методы производства, которые будут продолжать улучшаться в геометрической прогрессии. Более широкая динамика пищевой промышленности также вступит в игру. Молочная промышленность не работает изолированно — она связана с более широкой отраслью крупного рогатого скота через шкуры, туши и другие ресурсы, такие как корма. Последствия разрушения этих более широких рынков будут способствовать ускорению разрушения рынка молока и наоборот.

В конечном счете, существующая молочная промышленность мало что может сделать, и, за исключением масштабной государственной помощи, мы ожидаем увидеть массовые банкротства в течение 2020-х годов и крах отрасли до 2030 года. из альтернатив ПФ ( рис. 4 ).



Рис. 4. Спрос на молочный белок в США.

ЗАМЕНЯЮЩИЕ КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ: КЛЕТОЧНОЕ МЯСО

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

, о котором инстинктивно думает большинство людей, — это замена существующего продукта новым, например, гамбургерами, сосисками, мясным фаршем и стейками. Первоначально мы видим, что заменители поступают как из продуктов с повышенным содержанием PF, так и из мяса на основе клеток .­

Мясо на клеточной основе – это прямая, один к одному замена полноценным, структурно сложным пищевым продуктам, изготовленным из ­животных. Именно здесь животные клетки (в основном мышцы и жиры) культивируются в питательной среде вне животного для создания мяса — животного мяса без животного. Такой подход используют такие компании, как Mosa Meat и Memphis Meats. Разрушения, связанные с любым видом структурных продуктов, будут происходить медленнее, чем с отдельными молекулами ингредиентов, потому что эти продукты труднее разработать из-за структурной сложности и необходимости комбинировать различные типы молекул, таких как жиры и белки.

Мясо на клеточной основе — это принципиально иной прорыв по сравнению с PF, со своей собственной кривой затрат (как и у PF, затраты на производство мяса на основе клеток быстро падают), скоростью внедрения и одобрениями регулирующих органов. Однако мясо на клеточной основе может иметь явное ­преимущество с точки зрения потребителя, поскольку это мясо животных. Концептуально потребители могут чувствовать себя более комфортно с этим.

Мясной фарш является наиболее значимым и распространенным мясным продуктом, составляющим 40-60% продукции коровы по объему. 44 Его можно использовать по-разному: от гамбургеров и фрикаделек до сосисок и лазаньи. Структурно это гораздо более легкий продукт для воспроизведения, чем ткани животных.

Аналоговые мясные продукты не являются новым явлением: такие продукты, как сейтан, темпе и тофу 45 , существуют уже несколько столетий, а более современные продукты, такие как Quorn 46 на основе микопротеинов, и чисто растительные альтернативы, такие как текстурированный растительный белок, появились несколько десятилетий назад. Тем не менее, их вкус и текстура не были достаточно хороши, чтобы убедить мясоедов перейти на них в значительном количестве. Современные продукты означают, что новые альтернативы теперь более чем достаточно хороши.

На рынке уже есть ряд продуктов с улучшенным PF, таких как гамбургеры Impossible, которые могут конкурировать с мясным фаршем животного происхождения, некоторые из них обладают значительными преимуществами ­, такими как польза для здоровья и способность привносить новые вкусы. 47 Внедрение началось до того, как был достигнут паритет цен, поскольку многие потребители ценят эти преимущества, не связанные с затратами. Мы считаем, что после достижения паритета цен между 2021 и 2023 годами сбои станут неизбежными. Как и рынок молока, мясная промышленность работает с небольшой маржой, и достаточно небольшого падения спроса, чтобы спровоцировать массовые банкротства и крах отрасли.

в 2030 году мясо с улучшенным PF будет дешевле, чем мясо на основе клеток , ­стоимость в конечном итоге зависит от состава конечного потребительского продукта — например, бургер на основе чистых клеток может по своей сути не превосходить смешанный PF. / гамбургер на основе клеток, и у каждого продукта может быть свой профиль.

Это уже происходит сегодня — первые продукты на рынке — это не гамбургеры со 100%-ным усилением PF, а миксы, такие как Impossible Burger с 2% гема. Как только затраты снизятся, модель «еда как программное обеспечение» гарантирует, что большее количество бургеров будет производиться с использованием PF. Сначала будет больше гема, затем больше белка и больше жиров. Первые продукты на основе клеток, которые, как мы полагаем, появятся на рынке в 2022 году, а в 2025–2026 годах достигнут паритета стоимости с обычным мясным фаршем, скорее всего, будут следовать той же схеме. Это означает, что разрушение рынка мясного фарша произойдет гораздо быстрее, чем ­считают основные аналитики. Фактически, продукты, в которых мясной фарш является лишь одним из ключевых ингредиентов, таких как лазанья и спагетти Болоньезе, могут быть разрушены раньше, чем гамбургеры. Таким образом, к 2030 году мы ожидаем сокращения рынка говяжьего фарша животного происхождения в США на 70% .

Падение стоимости говяжьего фарша и рост стоимости стейка увеличит разницу в цене между мясным фаршем и стейком, что приведет к переключению спроса со стейка на мясной фарш. Хотя производство стейка является самой сложной задачей для современных технологий производства продуктов питания, мы ожидаем, что ­к концу 2020-х годов на рынке появятся конкурентоспособные альтернативы стейку. Самые ранние версии , вероятно, будут использоваться в тушеных блюдах или карри, для которых требуется мясо более низкого качества. К 2030 году мы ожидаем, что рынок говяжьих тканей животного происхождения в США сократится на 30% . Это произойдет в результате сочетания прямой замены стейков с переходом от потребления тканей к мясному ­фаршу, а также с влиянием нарушения обогащения.

Таким образом, к 2030 году мы ожидаем, что 70% всей потребляемой говядины будет производиться с использованием современных методов производства ( рис. 5 ). Одна только говядина с включенным PF заменит 55% рынка говядины, а это означает, что нам не нужна говядина на основе клеток, чтобы корова полностью разрушилась.

УКРЕПЛЕНИЕ

Поскольку цена на современные белки падает одновременно с улучшением их функциональности, они будут все чаще использоваться для улучшения всех видов пищевых продуктов. Мы называем это укреплением. Мы уже видели, как это происходило без современных методов производства — количество новых продуктов с добавлением белка удвоилось с 2013 по 2017 год48 . Эти обогащенные продукты, такие как протеиновое печенье, чипсы, вода и фруктовые соки, широко распространены на полках продуктовых магазинов. Другие продукты, такие как «супермолоко» с добавлением белков и жиров, которое становится все более популярным среди бариста из-за его более кремообразной пены, также находят рынок. На самом деле, самым успешным новым потребительским продуктом питания или напитками в США в 2017 году стала Halo Top, стартап-компания, которая выпустила мороженое, содержащее в два раза больше белка, чем обычное мороженое. 49,50 Пинта ванильного Halo Top содержит 280 калорий, 8 граммов жира, 12 граммов клетчатки и 20 граммов белка. 51 Halo Top теперь приносит более 350 миллионов долларов дохода в год.

Более дешевые, более универсальные белки, изготовленные с использованием современных методов производства, будут означать, что этот рынок значительно вырастет в ближайшие годы. По нашим оценкам, к 2030 году 10-20% общего потребления белка в США будет приходиться на обогащенные питательными веществами продукты. Половина этого количества будет приходиться на увеличение потребления белка, а половина заменит существующий спрос на животные белки, что приведет к сокращению спроса на животные белки на 5-10%.

В других странах мира, где потребление белка ниже, но растет до западного уровня (например, в Китае), мы ожидаем, что обогащенные продукты будут занимать большую долю рынка . Считается, что более 90% населения Китая и 70-80% населения Африки и Южной Индии употребляют лактозу.

нетерпимый. 52 На этих рынках более низкая стоимость современных альтернатив ­будет способствовать более быстрому их внедрению, поскольку они менее привязаны к традиционным формам белка.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Fig 5. US market share of cow versus modern beef products.

ФАКТОР ФОРМЫ

Современные методы производства откроют возможность создания совершенно новых форм продуктов питания. Действительно, то, как мы потребляем пищу, изменится так же, как и то, что мы едим. Это не должно вызывать особого удивления, поскольку форм-факторы пищевых продуктов менялись ­на протяжении всей истории — гамбургер, который сейчас считается основным традиционным продуктом питания Америки, был новым форм-фактором, когда он был впервые ­произведен в 1921 году.

Что может быть удивительным, так это то, что самые прибыльные акции в этом тысячелетии — это не компании, занимающиеся социальными сетями, смартфонами или программным обеспечением как услугой, а Monster Beverage, производитель энергетических напитков с рядом добавленных ингредиентов, включая сахара, соли, витамины и растительные экстракты. С момента IPO в 2003 году акции компании выросли на 60 000%. 53 И дело не только в этом: в 1999 году сектор энергетических напитков практически не существовал , но с 2000 по 2013 год продажи выросли на 5 000 % , и сейчас он почти равен рынку кофе в США. 54 То же самое можно сказать и о протеиновых батончиках, впервые появившихся в 1986 году вместе с PowerBar . К 1998 году индустрия пищевых батончиков выросла до 200 миллионов долларов, а к 2012 году выросла еще на 1000% и достигла 2,1 миллиарда долларов . 55,56 Важно отметить, что две трети потребителей батончиков едят их в качестве заменителя пищи. Протеиновые батончики сочетают в себе удобство, стоимость, питательную ценность, вкус и текстуру в совершенно новом форм-факторе. Мы видели, как та же история разыгрывается с протеиновыми порошками, которые следовали той же траектории, чтобы к 2015 году стать рынком с оборотом в 4,7 миллиарда долларов. 57

Прорывные компании, подобные этой, не связаны общепринятыми представлениями о том, как еда должна выглядеть и иметь вкус, — они не соблюдают искусственных границ, диктующих, что белок — это твердое животное, отдельное от жидкого кофе, отдельного от поливитаминных таблеток. Новые современные пищевые технологии сделают еще один шаг вперед в этом разрушении форм-фактора. Когда мы освободимся от биологических ограничений ­эволюции домашнего скота и его модели извлечения, распада, мы сможем удовлетворить наши потребности в питании в любой мыслимой форме. Наше воображение ­и способность молекулярного шеф-повара реализовать свое видение — единственные ограничения. 58 Продукты питания будут персонализированы в соответствии с формой и потребностями в питании потребителя. Представьте себе «Пищевую капсулу» или даже «Пищевой пакетик», который можно заваривать как кофе в супермаркете ­, ресторане или даже дома. Точно так же, как мы варим кофе в чалдах из Колумбии, Индонезии или Гватемалы, компании могут разрабатывать капсулы для палео, кето или умного питания.

В этом отчете мы не ­включаем какое-либо сокращение спроса на мясо животных из-за изменения форм-фактора, но после 2025 года мы видим высокую вероятность того, что это нарушение повлияет на существенную ­и постоянно растущую часть рынка продуктов питания как современного пищевые предприниматели и молекулярные повара изобретают совершенно новые способы производства, распределения и потребления продуктов, которые мы едим.

Динамика внедрения: как далеко и как быстро?

Эти четыре волны разрушения будут усиливать и ускорять ­друг друга, так что современные продукты быстро начнут заменять продукты животного происхождения. Прорыв уже начался, и как только будут достигнуты определенные переломные моменты, внедрение ускорится в геометрической прогрессии. По мере того, как современные продукты становятся дешевле и ­эффективнее, запускается благотворный цикл, ускоряющий внедрение на всех ключевых рынках. В то же время, по мере того как продукты животного происхождения становятся более дорогими и менее привлекательными по сравнению с их современными аналогами, будет запущен порочный круг, который приведет ­к упадку промышленного производства кормов для животных.

Растущий спрос на современные продукты питания будет способствовать увеличению экономии за счет масштаба, увеличению вложений денег и изобретательности ­, что приведет к еще большему улучшению стоимости и возможностей, что приведет к дальнейшему увеличению спроса. Подпиткой этого цикла и еще более высоким спросом будет более широкое общественное признание и, следовательно, аппетит к современным продуктам питания, а также большая государственная поддержка по мере того, как станут более очевидными существенные преимущества, которыми они обладают по сравнению с продуктами животного происхождения.

Учитывая биологические ограничения, промышленное сельское хозяйство в ­промышленности не сможет конкурировать, особенно когда начнется «смертоносная спираль». подвергается все возрастающему давлению. Молоко, шкуры (для кожи), коллаген, желатин, мясной фарш и ткани будут заменены более дешевыми и более качественными современными заменителями.

В определенный переломный момент — по нашим оценкам, 10-15% рынка 59 — действующая отрасль войдет в порочный круг. По мере того как различные рынки продуктов коровьего скота начинают разрушаться, цены на оставшиеся продукты будут расти, поскольку полные затраты на производство и переработку должны будут покрываться все меньшим количеством продуктов, для которых все еще есть доступные рынки.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Эта ценовая спираль и продолжающееся снижение спроса в конечном итоге приведут к разрыву цепочки создания стоимости, поскольку скотобойням, переработчикам, переработчикам и упаковщикам придется столкнуться со снижением использования ­и, следовательно, с обратным эффектом масштаба. В конце концов, они будут вынуждены закрыться, поскольку их экономика продолжает ухудшаться. Мясная и, особенно, молочная отрасли промышленности работают с очень низкой маржой, с высоким операционным и финансовым левериджем и поддерживаются государственными субсидиями. Оба уже висят на волоске, и даже небольшое падение спроса приведет их к банкротству. Хотя дальнейшая государственная поддержка, безусловно, возможна, законопроект будет продолжать расти и не будет устойчивым в долгосрочной перспективе. Кроме того, затраты на очистку промышленных откормочных площадок и перерабатывающих ­заводов сделают закрытие дорогостоящим вариантом, и эти расходы, скорее всего, будут переложены на налогоплательщиков, если предприятия, которые их эксплуатируют, обанкротятся.

Это означает, что разрушение коровы будет необратимым задолго до того, как новые технологии смогут производить идеальный стейк по конкурентоспособной цене.

Воздействие и последствия

Каждый аспект цепочки создания стоимости будет затронут в такой степени, что к 2030 году отрасль крупного рогатого скота в США окажется на грани банкротства. Доходы предприятий по производству говядины и молочных продуктов рухнут, за ними последуют предприятия птицеводства, свиноводства и рыбной промышленности. Растениеводы также пострадают из-за падения доходов от производства кормов . ­Эффект домино по всей цепочке поставок будет драматичным. Однако у предприятий, использующих современные пищевые технологии, откроются ­огромные возможности для процветания.

Последствия краха промышленного животноводства далеко не ограничиваются продовольствием и сельским хозяйством. Животноводство ­и связанные с ним отрасли приносят доход в размере почти 1,25 триллиона долларов, или около 6% ВВП США, и оказывают глубокое влияние на мир, в котором мы живем. На планете насчитывается почти миллиард коров, 10% из которых находятся в США Они сильно воздействуют на окружающую среду, используя воду, землю, корма и отходы в виде парниковых газов и навоза. Действительно, в США коровы производят в 13 раз больше телесных отходов, чем все население Америки. 60

Продукты животного происхождения являются основным компонентом рациона питания американцев и поэтому играют важную роль в поддержании здоровья и благополучия, в то время как интенсивное животноводство также является источником болезней и ­использования антибиотиков. Имальное сельское хозяйство также является крупным работодателем — только в животноводстве США работает более 1,2 миллиона человек, в то время как средняя американская семья тратит 1500 долларов своего общего годового дохода на продукты животноводства. 61,62

Таким образом, исключение животных из цепочки поставок будет иметь серьезные последствия, как прямые, так и косвенные, для экономики, здоровья человека, использования природных ресурсов, окружающей среды и общества.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ТЕКУЩУЮ ЦЕПОЧКУ ПОСТАВОК

По нашему прогнозу, к 2030 году поголовье крупного рогатого скота сократится на 50% , а доходы, непосредственно связанные с производством крупного рогатого скота, упадут с 95 до 50 миллиардов долларов в текущих ценах. К 2035 году мы ожидаем, что производство крупного рогатого скота упадет на 75% по сравнению с текущим уровнем, а доходы сократятся до 20 миллиардов долларов. В текущих ценах доходы мясной и молочной промышленности США и их поставщиков, которые сегодня в совокупности превышают 400 миллиардов долларов, снизятся как минимум на 50% к 2030 году и почти на 90% к 2035 году. Все остальные виды животноводства, аквакультуры и коммерческого рыболовства пойдет по похожей траектории. Однако возможно, что разрушение этих отраслей происходит быстрее в зависимости от таких факторов, как политика и регулирование.

Растениеводство тесно переплетено с животноводством: чуть менее половины пахотных земель в США отведено для кормления ­животных как внутри страны, так и за рубежом. 63 Несмотря на то, что существует множество разновидностей сельскохозяйственных культур, используемых в качестве корма для скота, основными продуктами питания для крупного рогатого скота являются кукуруза, соя и сено. Вместе мясной и молочный скот США потребляет около 50% урожая, производимого для скота США , — 70% сена, 45% кукурузы и 17% сои. 64

В результате урожай, необходимый для кормления крупного рогатого скота в США, упадет на 50%, со 155 млн тонн в 2018 году до 80 млн тонн в 2030 году . Цена устанавливается производителями с более низкими издержками. Это означает, что в текущих ценах доходы от производства кормов ­для крупного рогатого скота упадут более чем на 50%, с 60 млрд долларов в 2018 году до менее чем 30 млрд долларов в 2030 году . кормовых культур, таких как соя, а также сахара и других биоматериалов, которые обеспечивают оптимальное сырье для ПФ. За счет резкого повышения эффективности новых методов производства объемы урожая, необходимого для производства продуктов питания, сократятся более чем в 10 раз. 66

Из-за значительного сокращения количества кормов и земли, необходимых для производства мяса, земледелие кардинально изменится. Будет увеличиваться спрос на альтернативные культуры, используемые либо в качестве сырья для ПФ, либо в качестве ингредиентов для пищевой промышленности на растительной основе. Однако со временем производители ПФ сократят расходы, используя переработанную биомассу для питания своих микроорганизмов. В ­другом благотворном цикле этот процесс может быть активирован ферментами, вырабатываемыми через PF, которые могут превращать биоматерию в пригодные для использования сахара.

Основная часть сельскохозяйственной продукции производится не небольшими семейными фермами, а крупными фермерскими корпорациями. 67 Эти компании движимы прибылью, полученной за счет эффективности использования ресурсов (таких как земля, корма и капитал) и экономии за счет масштаба. Как только спрос на традиционные кормовые культуры превзойдет спрос на другие культуры для производства современных продуктов питания, эти компании, скорее всего, переключат производство на возможности с более высокой прибылью и сократят операции на сокращающихся рынках. Некоторые земледельцы и землевладельцы могли бы адаптироваться, перейдя на производство культур ­, требуемых современной системой 68 , но сокращение объема необходимой растительной продукции таково, что немногие преуспеют. Кроме того , по мере развития ­локального ­закрытого и вертикального земледелия для производства более ценных растительных продуктов их выбор будет еще больше сужаться (мы ожидаем дальнейших нарушений в выращивании сельскохозяйственных культур из-за закрытого земледелия и вертикального земледелия, но это выходит за рамки данного отчета). ).

Последствия резкого сокращения производства сельскохозяйственных культур повлияют на всю цепочку создания стоимости, вызывая системные

сбои в работе компаний по производству пестицидов, семян и удобрений, а также в других ресурсах для растениеводов, таких как электричество и топливо.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

Объемы удобрений, пестицидов и семян упадут на 50% к 2030 году, а это означает, что в текущих ценах доходы от пестицидов упадут до 1,5 млрд долларов, доходы от удобрений — до 1,5 млрд долларов, а доходы от семян — до 750 млн долларов. Между тем, доходы от ветеринарии также сократятся более чем вдвое по сравнению с нынешним уровнем почти в 4 миллиарда долларов (1,2 миллиарда долларов расходуется на антибиотики и другие фармацевтические препараты и 2,8 миллиарда долларов на другие ветеринарные услуги).

Подмена коровы современными продуктами питания вызовет трансформацию всей цепочки поставок, при этом в разных ­отраслях будут наблюдаться непропорциональные потери и выгоды. Выбрать отдельных победителей, вероятно, будет намного сложнее, чем выявить проигравших, но возможности будут огромными. Сегодняшние успешные продовольственные и сельскохозяйственные предприятия могут не стать окончательными ­победителями. Действующим предприятиям часто препятствуют стимулы, образ мышления, организационные структуры и процессы, которые отдают предпочтение постепенным улучшениям, а не подрывным инновациям. Поскольку рынки, на которых они работают , нарушены, у них есть потенциал для адаптации, но это не гарантирует, что они это сделают.

Современные производственные технологии стирают границы между пищевыми продуктами, материалами, здравоохранением и косметикой, предоставляя огромные возможности тем компаниям, регионам и странам, которые занимают лидирующие позиции. Производителям белка не придется ограничиваться одной конкретной отраслью, поскольку многие белки могут использоваться для многих целей. Например, коллаген используется на ряде конечных рынков, включая кожу, косметику и продукты питания.

По мере того, как стоимость современных мясных и молочных продуктов падает ниже, чем у конкурентов животного происхождения, новые производители могут процветать, поскольку их маржа увеличивается намного больше, чем в животноводстве. В самом начале революции продукты животного происхождения будут устанавливать предельную цену для современных продуктов питания. Учитывая ценовые преимущества современных продуктов, это приведет к периоду исключительной маржи, что, вероятно, приведет к еще большему увеличению инвестиций в современный пищевой сектор. Однако со временем, по мере роста предложения и усиления конкуренции, сами современные товары начнут устанавливать предельную цену, тем самым снижая маржу до долгосрочного равновесного уровня.

Победителями в производстве продуктов питания, скорее всего, станут биотехнологические компании и компании-разработчики программного обеспечения — те, у которых есть модель, в которой ­ключевым фактором является эффективное распределение продуктов, — или те розничные торговцы и дистрибьюторы, которые смогут адаптироваться к новой цепочке поставок и помочь в ее формировании.

**Биотехнологии и программное обеспечение.** Огромные возможности появятся во многих областях биотехнологии и программного обеспечения, включая моделирование и тестирование продуктов, искусственный интеллект, ­базы молекулярных данных, секвенирование и редактирование генов. Прибыльность этих технологий зависит от возникающей системы — система разработки и производства с открытым исходным кодом, скорее всего, превзойдет систему, которая приватизирует части этой платформы, как это делает сегодня фармацевтическая промышленность.

Мы уже видим, что основные фармацевтические компании проявляют интерес к этому направлению, а компания Merck определила «чистое мясо» как одну из своих инновационных областей в 2018 году69 . но мы также видим шаги в сторону системы с открытым исходным кодом — ­например, синтетическая биология (биохакерство) с помощью краудсорсинга становится все более и более популярной. 70

В конечном счете решения, принятые в отношении прав интеллектуальной собственности (ИС) и процессов утверждения, определят, какая система будет развиваться.

**Ферментационные фермы.** Ферментационные фермы станут новыми пищевыми фермами. Будут возможности, связанные с их проектированием, проектированием, ­строительством и эксплуатацией. Отрасли, имеющие опыт эксплуатации резервуаров для брожения, в том числе фармацевтическое производство, производство продуктов питания и напитков, а также компании по производству биоэтанола, имеют фору. Эти танки, вероятно, будут принадлежать по-разному. Текущие производители продуктов питания или розничные продавцы могут владеть и управлять своим собственным производством, или мы можем видеть независимые фермы по ферментации, которые либо лицензируют, либо поставляют ряду клиентов.

Воздействие на землепользование и стоимость

Последствия нарушения для землепользования будут глубокими ­. Сегодня более 835 миллионов акров, что эквивалентно 40% всей территории США, используется для кормления скота (630 миллионов акров используются для мясного и молочного скотоводства). Из них 655 миллионов акров используются для выпаса скота и 180 миллионов акров для выращивания кормовых культур, таких как соя, кукуруза и сено. 71 Напротив, гораздо более высокая эффективность технологии PF означает, что ее продукты обычно требуют менее одной десятой пахотных земель по сравнению с их альтернативами животного происхождения. Текущие исследования показывают, что в случае крупного рогатого скота бургер с улучшенным PF будет использовать на 94% меньше земли, чем эквивалентная говядина или молочные продукты. 72 В результате к 2030 году площади пастбищ, пастбищных угодий и кормовых угодий сократятся примерно на 50%. Это означает, что ­разрушение мясной и молочной промышленности США современными методами производства ­освободит около 300 миллионов акров земли к 2030 году, а к 2035 году увеличится до 450 миллионов акров .

С учетом всего скота и земли, необходимой для современного производства, к 2030 г. будет высвобождено 325 млн акров, а к 2035 г. — до 485 млн акров . Это в 13 раз больше площади Айовы или в шесть раз больше Германии. За исключением земель для современного производства, к 2035 г. будет высвобождено 620 млн акров, что больше, чем 530 млн акров, приобретенных во время покупки Луизианы в 1803 г. 73

Возможность переосмыслить американский ландшафт путем перепрофилирования этого обширного пространства освобожденной земли является совершенно беспрецедентной ­. Доступен ряд вариантов землепользования, включая развитие и сохранение городских и пригородных районов. Значительная часть может быть использована, например, для восстановления среды обитания диких животных, сохранения биоразнообразия, улучшения качества воды и борьбы с ­изменением климата путем лесовосстановления. 74

Воздействие на связанные секторы экономики

Сельскохозяйственный сектор тесно связан с более широкой экономикой, поэтому изменения в сельскохозяйственной системе будут иметь последствия для других секторов, точно так же, как изменения в других секторах повлияют на сельское хозяйство ­. Кроме того, современные технологии будут использоваться в других секторах, поэтому улучшение методов производства, затрат и возможностей ускорит развитие базовых технологий и других факторов, влияющих на продовольственную систему.

МАТЕРИАЛЫ

По мере того, как улучшается способность производить молекулы и структуры на заказ, появляются совершенно новые материалы, не предусмотренные природой (которые

не могут быть получены путем синтеза) становятся возможными. 75 Рыночные возможности для этих технологий огромны и включают одежду, мебель, органические и строительные материалы.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

ТРАНСПОРТ

Современная продовольственная система будет гораздо более локализованной, с более короткими цепочками поставок и местными закупками, что снизит потребность в транспорте. Произойдет резкое сокращение поставок не только скота, кормов для животных, пестицидов, удобрений ­и других ресурсов, но и конечной продукции. Фактически, из четырех триллионов тонно-миль товаров, отправленных в США, не менее 12% приходится на домашний скот. 77

ЭНЕРГИЯ

Будет увеличиваться количество электроэнергии, используемой в новой продовольственной системе, поскольку производственные мощности, лежащие в ее основе, зависят от электричества для работы. Однако это будет компенсировано сокращением энергопотребления в других частях цепочки создания стоимости. Например, поскольку современные мясные и молочные продукты будут производиться ­в стерильной среде, где риск контаминации болезнетворными микроорганизмами низок, потребность в охлаждении при хранении и розничной торговле значительно снизится. 78,79

Сокращение потребления энергии в цепочке создания стоимости также ударит по спросу на нефть. Нефтяная промышленность связана с сельским хозяйством во многих отношениях: для питания механизированного оборудования в сельском хозяйстве, для производства нефтехимических продуктов, используемых в удобрениях, пестицидах, ­синтетических пищевых продуктах и пластмассах для упаковки, а также для производства дизельного топлива, используемого в транспорте и холодильном оборудовании. Фактически потребности в топливе для нужд ферм (дизельное топливо) составляют 24% потребления энергии в сельском хозяйстве при 74 миллионах баррелей нефтяного эквивалента (БНЭ) в год. 80 На сельское хозяйство США в целом приходится около 2% потребления нефтепродуктов, что эквивалентно примерно 150 млн бнэ в год. 81

Более широкие экологические, социальные и экономические последствия ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

. Прямые выбросы парниковых газов от крупного рогатого скота в США сократятся на 60% к 2030 году и почти до 80% к 2035 году.

. Если принять во внимание современное производство продуктов питания, которое заменяет животноводство, чистые выбросы в этом секторе в целом сократятся на 45% к 2030 году и до 65% к 2035 году.

. Потребление воды в животноводстве и связанном с ним орошении кормовых пахотных земель к 2030 году упадет на 50% , а к 2035 году — на 75% .

. С учетом современного производства продуктов питания, которое заменяет животноводство, чистое потребление воды в секторе в целом снизится на 35% к 2030 году, а к 2035 году — на 60% .

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

. Питание улучшится у всех. В частности, в развивающихся странах доступ к дешевому белку окажет огромное положительное влияние на голод, питание и общее состояние здоровья.

. Показатели пищевых отравлений и болезней, передающихся через человека и животных, значительно снизятся, равно как и резистентность болезнетворных бактерий к антибиотикам.

СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

. Продовольствие более высокого качества станет дешевле и ­доступнее для всех.

. Беднейшие американские семьи могут к 2030 году экономить 8% своего ежегодного дохода, что эквивалентно 700 долларам, за счет экономии средств за счет покупки современных продуктов питания, которые на 80% дешевле, чем существующие продукты животного происхождения.

. Половина из 1,2 млн рабочих мест в США по производству говядины и молочных продуктов и ­в связанных с ними отраслях будет потеряна к 2030 году, а к 2035 году эта цифра достигнет 90% .

. Занятость и доходы во всех других отраслях животноводства и коммерческого рыболовства США последуют этому примеру, в результате чего к 2035 году будет потеряно более 1,7 миллиона рабочих мест .

. К 2030 году в формирующейся индустрии средств индивидуальной защиты в США будет создано не менее 700 000 рабочих мест, а к 2035 году — до 1 миллиона рабочих мест .

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

. Стоимость современных продуктов питания и других продуктов PF будет как минимум на 50% и даже на 80% ниже, чем стоимость продуктов животного происхождения, которые они заменяют, что приведет к значительному снижению цен и увеличению располагаемых доходов.

. Средняя семья в США сэкономит более 1200 долларов в год на продуктах питания. Это позволит к 2030 году держать в карманах американцев дополнительно 100 миллиардов долларов в год.

ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

. Торговые отношения изменятся, потому что децентрализованное производство продуктов питания будет гораздо меньше ограничено географическими и климатическими условиями, чем традиционное животноводство и сельское хозяйство ­. Крупные экспортеры продуктов животноводства, такие как США, Бразилия и Европейский союз, потеряют геополитические рычаги воздействия на страны, которые в настоящее время зависят от импорта этих продуктов. Страны, в которых экспорт продуктов животного происхождения или кормов составляет значительную долю ВВП, столкнутся с проблемами, если им не удастся перейти к новым отраслям.

. Страны, импортирующие продукты животного происхождения, выиграют, поскольку им будет легче производить эти продукты внутри страны с меньшими затратами, используя современные методы производства.

. Чтобы привести к разрушению, не требуются ­большие запасы пахотных земель и других природных ресурсов, поэтому у любой страны есть возможность получить стоимость, ­связанную с глобальной отраслью стоимостью в сотни миллиардов долларов, которая в конечном итоге возникает в ходе этого разрушения.

О переосмыслении

RethinkX – это независимый аналитический центр, который анализирует и прогнозирует ­скорость и масштаб технологических изменений и

его последствия для всего общества. Мы проводим беспристрастный анализ на основе данных, который определяет ключевые решения, которые должны сделать инвесторы, предприятия, политики и общественные деятели.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

«Переосмысление продовольствия и сельского хозяйства» — это второй отчет в серии отчетов, в которых анализируются последствия сбоев в экономике по секторам. Мы стремимся проводить анализы, отражающие реальность быстро меняющихся S-кривых внедрения технологий. Основные аналитики производят линейные, механистические и разрозненные прогнозы, которые игнорируют сложность систем и, таким образом, постоянно недооценивают скорость и масштабы технологических прорывов — например, солнечных фотоэлектрических систем, электромобилей и внедрения мобильных телефонов. Полагаясь ­на эти общепринятые прогнозы, политики, инвесторы и предприятия рискуют застрять в неадекватной или ошибочной политике и инвестициях, неправильном распределении ресурсов и отрицательной обратной связи, которые ведут к массовому уничтожению богатства, ресурсов и рабочих мест, а также к повышению социальной нестабильности и уязвимости.

Мы используем системный подход для анализа сложного взаимодействия между отдельными людьми, предприятиями, инвесторами и политиками в продвижении сбоев и влияния этих сбоев на все остальное общество. Наша методология фокусируется главным образом на рыночных силах, вызванных конвергенцией технологий, инновациями в бизнес-моделях, инновациями в продуктах и экспоненциальным улучшением как стоимости, так и возможностей.

RethinkX будут рассмотрены каскадные и взаимозависимые последствия технологического сбоя внутри и между секторами. Наша цель — вдохновить глобальную дискуссию об угрозах и возможностях революционных изменений, вызванных технологиями, и сосредоточить внимание на выборе, который может помочь построить более справедливое, здоровое, устойчивое и стабильное общество.

Благодарности

Этот отчет был бы невозможен без поддержки большой группы людей и организаций, которые ­поделились своим мнением и временем, а также без многих людей, которые внесли непосредственный вклад в эту работу и проанализировали наши предположения и проекты отчета.

Авторы хотели бы выразить особую благодарность Лиз Шпехт из Института хорошей еды, Рози Уордл из Фонда Джереми Коллера и Бернарду Мерсеру , чьи неоценимые ­взгляды и исследования сыграли ключевую роль в разработке этого отчета. Особая благодарность Кевину Бреннану и команде Quorn за посещение их производственного предприятия в Биллингеме, Великобритания, а также Пэту Брауну и команде Impossible Foods за дегустацию и интервью. Спасибо также Райану Бетанкуру (Wild Earth), Александру Лорестани ( Geltor ), Эду Магуайру, Джереми ­Оппенхейму, Джону Элкингтону, Ольге Сергиевич , Морри Катер и команде Cater Communications, а также командам дизайнеров Arobase Creative и Lokate Design.

Примечание редактора

Представленный здесь текст взят из всеобъемлющего отчета, подготовленного RethinkX , независимым аналитическим центром, который анализирует и прогнозирует скорость и масштаб технологических изменений и их последствия для общества. Информация и взгляды, выраженные здесь, принадлежат RethinkX, а не Industrial ­Biotechnology или Mary Ann Liebert, Inc., издателям или их филиалам .

Тони Себа — соучредитель RethinkX . Электронная почта: food@rethinkx.com . Кэтрин Табб ранее была старшим аналитиком-исследователем в RethinkX . Приведенный выше отчет является выдержкой; весь отчет, включая подробную информацию о рекомендациях по политике и несколько тематических исследований, можно найти по адресу <https://www.rethinkx.com/food-and-agriculture>.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Если рассматривать как систему производства белковых ингредиентов, то как молочные, так и мясные коровы крайне неэффективны. Согласно исследованию Шепона , молочные коровы превращают только 14% белка, который они потребляют, в пищевой человеческий белок, а мясные коровы только 3%. Любая производственная система, которая разрушает ценность до такой степени, — это ожидающий своего часа сбой. Шепон А., Эшель Г., Нур Э., Майло Р. Эффективность преобразования энергии и протеина из корма в пищевой продукт в США и потенциальное повышение продовольственной безопасности за счет изменений в рационе питания. Environ Res Lett 2016;11(10).
2. де Ондарса МБ. Белок. Производство молока (2004 г.). Доступно по адресу: [http://](http://milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Nutrition/Protein/) [milkp roduction.com/Library/Scientific-articles/Питание/Белки/](http://milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Nutrition/Protein/)
3. Цена не равна себестоимости. Цена, скажем, на мясо может быть выше, чем на отдельные молекулы, несмотря на более низкие затраты на переработку. Это потому, что другие продукты являются побочными продуктами.
4. Биология теперь проводится как в «сухих» (компьютерных), так и во «влажных» (лабораторных) условиях. Исследователь может быстро проводить сотни тысяч химических , генетических или фармакологических тестов в день, используя робототехнику, программное обеспечение для обработки данных и управления, устройства для работы с жидкостями и чувствительные детекторы. Этот высокопроизводительный скрининг позволяет ученым одновременно готовить, инкубировать и анализировать множество планшетов, что еще больше ускоряет процесс сбора данных.
5. Шварц А.С., Ханнум Г.Дж., Двил З.Р. и соавт. Представление глубокого семантического белка для аннотации, обнаружения и разработки. биоRxiv (2018). Доступно по ссылке: <https://biorxiv.org/content/10.1101/365965v1.article-info>
6. CRISPR-CAS9 позволяет нам дешево, быстро и точно редактировать ДНК в клетке. Национальный институт здоровья (NIH), Национальная медицинская библиотека США. (2019, 14 мая ). Что такое редактирование генома и CRISPR-Cas9? Доступно по адресу: [https://](https://medlineplus.gov/genetics/understanding/genomicresearch/genomeediting/) [medlineplus.gov/genetics/understanding/genomicresearch/genomeediting/](https://medlineplus.gov/genetics/understanding/genomicresearch/genomeediting/)
7. NIH, Национальный геном человека. Стоимость секвенирования генома человека. Доступно по адресу: [https://genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Sequencing-](https://genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Sequencing-Human-Genome-cost) [Стоимость генома человека](https://genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Sequencing-Human-Genome-cost)
8. В 2017 году Illumina объявила о своем намерении достичь стоимости генома в 100 долларов за «более трех лет, но менее 10». Herper M. Illumina обещает секвенировать геном человека за 100 долларов , но еще не совсем (2017). Доступно по адресу: [https://](https://forbes.com/sites/matthewherper/2017/01/09/illumina-promises-to-sequence-human-genome-for-100-but-not-quite-yet/?sh=33f0562c386d) [forbes.com/sites/matthewherper/2017/01/09/illumina-promises-to-sequence-](https://forbes.com/sites/matthewherper/2017/01/09/illumina-promises-to-sequence-human-genome-for-100-but-not-quite-yet/?sh=33f0562c386d) [человеческий-геном-для-100- но-еще-не-совсем/? ш = 33f0562c386d](https://forbes.com/sites/matthewherper/2017/01/09/illumina-promises-to-sequence-human-genome-for-100-but-not-quite-yet/?sh=33f0562c386d)
9. Карлсон Р. Капитал биоэкономики. Доступно по адресу: <http://bioeconomycapital.com/>
10. Национальный исследовательский институт генома человека. Доступно на: [genome.gov](http://genome.gov)
11. Федеральный резервный банк. Доступно по [адресу : Federalreserve.gov/aboutthefed/federal-](http://federalreserve.gov/aboutthefed/federal-reserve-system.htm) [резерв-system.htm](http://federalreserve.gov/aboutthefed/federal-reserve-system.htm)
12. Компьютерный мир. Доступно по адресу: <https://computerworld.com/>
13. Терафлопс , или триллион операций с плавающей запятой в секунду, является мерой производительности компьютера. Себа , Т. [Общество возобновляемых источников энергии Колорадо (CRES)]. (2017, 9 июня ). Чистое разрушение - энергия и транспорт. [Видео файл]. Доступно по [ссылке : https://youtube.com/watch?v=2b3ttqYDwF0](https://youtube.com/watch?v=2b3ttqYDwF0)
14. PF отличается от точного земледелия. Точное земледелие направлено на получение большего урожая, дохода и прибыли с одного и того же участка земли, обеспечивая в лучшем случае небольшое / незначительное улучшение. Это похоже на улучшение пленки, используемой в пленочных камерах.
15. Мы определяем ферментацию в общем смысле, где желаемыми продуктами могут быть биомасса, внутриклеточные или внеклеточные метаболиты в первичной или вторичной фазах роста или трансформированный субстрат.
16. Белки, возможно, являются наиболее важными органическими молекулами, которые используются для производства многих потребительских товаров. Существует множество различных типов белков, каждый из которых имеет определенные функции, включая добавление сложной структуры и текстуры, катализацию реакций и обеспечение питательной и терапевтической ценности. Белки являются основным компонентом всех живых существ и

подразделяются на семейства со специфическими функциями и знакомыми названиями, такими как коллаген, сыворотка, альбумин, ферменты и антитела.

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

1. Инсулин был коммерчески доступен в 1982 году. ПФ в биологии называют продукцией рекомбинантного белка. Фрейзер Л. Клонирование инсулина. Дженентех (2016). Доступно по адресу: <https://gene.com/stories/cloning-insulin>
2. Гормон роста человека поступил в продажу в 1985 году. Национальный музей американской истории. Большая история синтетического гормона роста человека (2012). Доступно по ссылке: [https://americanhistory.si.edu/blog/2012/10/](https://americanhistory.si.edu/blog/2012/10/human-growth-hormone.html) [человеческий-гормон роста.html](https://americanhistory.si.edu/blog/2012/10/human-growth-hormone.html)
3. Химозин был коммерчески доступен в 1990 году. Flamm E. Как FDA одобрило химозин: история болезни. Нат Биотехнолог 1991;(9):349-351. дои : 10.1038/ nbt0491-349
4. Биопрепараты представляют собой фармацевтические препараты, состоящие из сложных молекул, выделенных из микроорганизмов или клеток растений или животных или продуцируемых ими. Многие из них производятся с использованием методов биотехнологии (PF) и используются для лечения многих серьезных, трудно поддающихся лечению заболеваний. Некоторые примеры биологических препаратов включают Humira (противовоспалительное средство), Avastin (лечение рака) и Avonex ( рассеянный склероз). Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA). Что такое «биологические вопросы и ответы» (2018 г.). Стоун К. 10 лучших биологических препаратов в США. Баланс (2019). Доступно по адресу: [https://verywellhealth.com/top-](https://verywellhealth.com/top-biologic-drugs-2663233) [биологические препараты -2663233](https://verywellhealth.com/top-biologic-drugs-2663233)
5. Витамины, полученные с использованием PF, включают витамин C, B2, B12, D2, незаменимые жирные кислоты, K2, кофермент Q10, пирролохинолинхинин (PQQ) и глутатион (GSH). Некоторые из них могут быть получены с использованием комбинации химии и PF, например, ниацин или B3, B5, C и L-карнитин.
6. Стэнбери П., Уитакер А., Холл С. (2017). Принципы технологии ферментации (3-е изд.). Гл.12. Баттерворт-Хайнеманн, Оксфорд, Великобритания.
7. Шике Д.В. Продуктивность мясного скота. Конференция по говядине без дрейфа (2013 г.). Шампейн, Иллинойс. Доступно по адресу: [https://lib.dr.iastate.edu/cgi/](https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=driftlessconference) [viewcontent.cgi?article =1027&context= driftlessconference](https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=driftlessconference)
8. Соевый леггемоглобин (гем) представляет собой гемсодержащий белок растительного происхождения, содержащийся в корневых клубеньках растений сои. Он используется в качестве ключевого ингредиента в мясных продуктах на растительной ­основе от Impossible Foods (The Impossible Burger). Гем — это железосодержащая молекула, содержащаяся в крови и тканях животных, которая придает мясу мясной вкус. Невозможные продукты. Гем + наука. Доступно по адресу: [https://](https://impossiblefoods.com/heme) [невозможные продукты.com/гем](https://impossiblefoods.com/heme)
9. Оптовая цена на сахар подскочила с 0,27 до 1,23 доллара за кг в период с 1973 по 1974 год и с 0,46 до 1,14 доллара за кг в период с 1979 по 1980 год.
10. HFCS-55 — это кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы, который содержит 55% фруктозы. Кеннеди, PL, Гарсия -Фуэнтас . Оценка спроса и предложения на рынке кукурузного сиропа с высоким содержанием фруктозы в США (2016 г.). Ежегодное собрание Ассоциации сельского хозяйства и прикладной экономики, Бостон, Массачусетс, 31 июля — 2 августа. Доступно по адресу: [https://ideas.repec.org/p/ags/aaea16/236100.html .](https://ideas.repec.org/p/ags/aaea16/236100.html)
11. Troitino C. Impossible Foods дебютирует в продуктовом магазине в 2019 году (2018). Форбс. Доступно по ссылке: [https://forbes.com/sites/christinatroitino/](https://forbes.com/sites/christinatroitino/2018/11/08/impossible-foods-bleeding-burgers-to-make-grocery-store-debut-in-2019/%23478c63ad98ba) [2018/11/08/impossible-foods-bleeding-burgers-to-make-production-store-debut-](https://forbes.com/sites/christinatroitino/2018/11/08/impossible-foods-bleeding-burgers-to-make-grocery-store-debut-in-2019/%23478c63ad98ba) [в-2019/#478c63ad98ba](https://forbes.com/sites/christinatroitino/2018/11/08/impossible-foods-bleeding-burgers-to-make-grocery-store-debut-in-2019/%23478c63ad98ba)
12. Например, Burger King продвигает Impossible Burger на основе пользы для здоровья (0 мг холестерина). Бургер Кинг. Невозможный тест на вкус, Impossible Whopper (2019) [видеофайл]. Доступно по ссылке: <https://youtube.com/watch?v=N9FED3jkNTo>
13. В 2018 году самый низкий квартиль молочных ферм Новой Англии получил убыток в размере 447 долларов на корову, при этом в среднем по всем фермам убыток составил 40 долларов на корову [чистая прибыль]. Между тем количество молочных ферм в США сократилось на 6,8% с 2018 по 2019 год . Farm Credit East. (2019). Северо-восточная молочная ферма, сводка за 2018 год . Доступно по адресу: [https://ww w.farmcrediteast.com/knowledge-exchange/Reports/](https://www.farmcrediteast.com/knowledge-exchange/Reports/2018-northeast-dairy-farm-summary) [2018-Northeast-Dairy-Farm-Summary](https://www.farmcrediteast.com/knowledge-exchange/Reports/2018-northeast-dairy-farm-summary) , USDA, Национальная служба сельскохозяйственной статистики (NASS). (2019). Производство молока. Доступно по адресу: [https://](https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/h989r321c?locale=en) [usda.library.cornell.edu/concern/publicatio ns/h989r321c?locale=en](https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/h989r321c?locale=en)
14. Волатильность цен на молочном рынке обусловлена сезонными колебаниями, скоропортящимся характером молока, глобальными изменениями спроса и предложения и государственными постановлениями. С 2010 года цены на молоко в США колеблются от 0,32 до 0,57 доллара за кг. МСХ США НАСС (2019). Цены получены по месяцам на молоко. Доступно по адресу: <https://nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Agricultural_Prices/pricemk.php>
15. Прямые и косвенные субсидии от правительства, оцениваемые в 0,27 долл. США за кг молока в 2015 году, позволяют молочным фермерам США работать с чистыми убытками, сводя на нет необходимость получения прибыли и защищая их от международного ценового давления. Поскольку потребление молока в США неуклонно снижалось, правительство закупало излишки продукции и хранило ее в виде сыра, периодически выпуская ее на рынок в виде государственной продовольственной помощи и заключая сделки с корпорациями. Например, в начале 2018 года программа проверки молочных продуктов Dairy Management Inc. (DMI) в партнерстве с Pizza Hut добавила на 25% больше сыра в их пиццу на сковороде, чтобы выпустить на рынок 70 миллионов дополнительных килограммов молока в год. В начале 2019 года был зафиксирован самый большой излишек сыра на складах — почти 617 миллионов килограммов. Грей, Кларк, Ши и партнеры. Федеральные и государственные субсидии США сельскому хозяйству: подготовлено для молочных фермеров Канады (2018 г.). Доступно по адресу: [http://greyclark.com/wp-content/uploads/2018/02/US-Subsidies-Post-2014-](http://greyclark.com/wp-content/uploads/2018/02/US-Subsidies-Post-2014-Farm-Bill-FEB-2018.pdf) [Фарм-Билль-FEB-2018.pdf](http://greyclark.com/wp-content/uploads/2018/02/US-Subsidies-Post-2014-Farm-Bill-FEB-2018.pdf) . Партнерство Wallin S. Checkoff's Pizza Hut привело к увеличению количества сыра на пицце на сковороде на 25 % ( 2019 г.). Dairy Management Inc. Доступно по адресу: [https://](https://dairy.org/news/checkoffs-pizza-hut-partnership-leads-to-25-more-cheese-on-pan-pizzas) [milk.org/news/checkoffs-pizza-hut-partnership-leads-to-25-more-cheese-on-](https://dairy.org/news/checkoffs-pizza-hut-partnership-leads-to-25-more-cheese-on-pan-pizzas) [пан-пиццы](https://dairy.org/news/checkoffs-pizza-hut-partnership-leads-to-25-more-cheese-on-pan-pizzas) USDA, NASS. (2019). Хранение в холодильнике. Доступно по адресу: [https://](https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/pg15bd892?locale=en) [usda.libra ry.cornell.edu/concern/publications/pg15bd892?locale=en](https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/pg15bd892?locale=en)
16. Некоторые из компаний и организаций, которые наиболее активно лоббируют правительство по вопросам, стоящим перед молочной промышленностью, включают Land O'Lakes, Международную ассоциацию молочных продуктов, Молочные фермеры Америки, Национальную федерацию производителей молока и Dean Foods. Центр отзывчивой политики (2018). Молочные продукты: Лоббирование, 2018. Открытые секреты. Взято отсюда. Доступно по адресу: https://opensecrets.org/industries/lobbying.php?ind=A04++
17. Факты о молоке. Молочный состав. Доступно по адресу: [http://milkfacts.info/](http://milkfacts.info/Milk%20Composition/Milk%20Composition%20Page.htm) [Молоко%20Композиция/Молоко%20Композиция%20Page.htm](http://milkfacts.info/Milk%20Composition/Milk%20Composition%20Page.htm)
18. Оценки RethinkX на основе данных компании и отрасли
19. 10 лет колебались от 7 до 12 долларов за кг сыворотки и от 6 до 10 долларов за кг за казеин . Рынок протеина: тенденции и перспективы рынка молочного протеина. Блимлинг и партнеры. Доступно по адресу: https://globalfoodforums.com/wp-content/uploads/2016/05/3-Dairy-Protein-Markets-Banderob.pdf; Товарищ ООН. 350220 Молочный альбумин [файл данных]. Торговая карта. Доступно по адресу: [https://trademap.org/Country\_SelProduct\_TS.aspx?nvpm=](https://trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c350220%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c3%7c1) [1%7c%7c%7c%7c%7c350220%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%](https://trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c350220%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c3%7c1) [7c2%7c3%7c1 Товарищ](https://trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c350220%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c3%7c1) ООН. 3501105000 Казеин прочий, кроме концентрата молочного белка [файл данных]. Торговая карта. Доступно по адресу: [https://trademap.org/](https://trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1) [Country\_SelProduct\_TS.aspx?nvpm =1%7c%7c%7c%](https://trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1) [7c%7cВСЕГО%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1](https://trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1)
20. Сыворотка является побочным продуктом производства сыра, и ее использование выросло вместе с ростом потребления сыра в США (сегодня на долю сыра приходится 40% производства молока по сравнению с 10% в 1950 году). Министерство сельского хозяйства США (USDA), Служба экономических исследований (ERS). (2017). Система данных о наличии продуктов питания (на душу населения): молочные продукты [файл данных]. Доступно по адресу: [https://](https://ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/) [ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/ Данные](https://ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/) служат косвенными показателями фактического потребления на национальном уровне.
21. Компании, работающие над производством молочных белков с помощью PF, включают Perfect Day (США) (казеин и сыворотка) и New Culture (Новая Зеландия) (мицеллы казеина для сыра моцарелла).
22. Историческая диаграмма цен на сахар за 37 лет [файл данных]. Макротренды. Доступно по адресу: [https://macrotrends.net/2537/sugar-prices-historical-chart-data .](https://macrotrends.net/2537/sugar-prices-historical-chart-data)
23. На нишевых рынках есть много возможностей для такого прорыва. Для зоопарков можно было бы производить специальное молоко животных, а в молоко можно было бы добавлять специальные белки для более кремообразной пены.
24. Это массово субсидируемая отрасль. Если бы животноводство было свободным рынком, исчезновение трети доходов было бы достаточно, чтобы подтолкнуть его к банкротству.
25. Умхофер Дж. Проблема сыворотки и решение Калифорнии. Новости сырного рынка. Доступно по ссылке: [https://cheesemarketnews.com/guestcolumn/2015/](https://cheesemarketnews.com/guestcolumn/2015/08may15_02.html) [08may15\_02.html](https://cheesemarketnews.com/guestcolumn/2015/08may15_02.html)
26. Данович Т. Из одного фунта сыра получается девять фунтов сыворотки. Куда все идет (2018)? Новая продовольственная экономика. Доступно по адресу: [https://thecounter.org/whey-](https://thecounter.org/whey-disposal-reuse-cheese-dairy-byproduct/) [утилизация-повторное использование-сыр-молочные-побочный продукт/](https://thecounter.org/whey-disposal-reuse-cheese-dairy-byproduct/)
27. Bushnell C. Недавно опубликованные рыночные данные показывают растущий спрос на продукты растительного происхождения (2018 г.). Институт хорошей еды (GFI). Доступно по адресу: [https://gfi.org/blog/](https://gfi.org/blog/newly-released-market-data-shows-soaring/) [недавно выпущенные-рыночные-данные-показывают-растущий/](https://gfi.org/blog/newly-released-market-data-shows-soaring/)
28. Закрыть D. Нация мясного фарша: влияние изменения потребительских вкусов и предпочтений на отрасль крупного рогатого скота США (2014 г.). Рабобанк. Доступно по адресу: [https://](https://beefcentral.com/wp-content/uploads/2014/06/Ground-Beef-Nation.pdf) [beefcentral.com/wp-content/uploads/2014/06/Ground-Beef-Nation.pdf](https://beefcentral.com/wp-content/uploads/2014/06/Ground-Beef-Nation.pdf)

Downloaded by Alex A from [www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) at 04/24/22. For personal use only.

1. Сейтан — другое название пшеничной клейковины. Тофу делают из соевых бобов.
2. Quorn — это продукт на основе микопротеинов, который был запущен в коммерческую эксплуатацию в 1985 году. Доступен по адресу: <https://quorn.us/>
3. Beyond Meat и Impossible Foods являются одними из самых громких.
4. Американская яичная доска. Да, это действительно невероятно - бесспорно мощный источник протеина в яйцах. Доступно по адресу: [https://aeb.org/search/result-item/98-cwhite-](https://aeb.org/search/result-item/98-cwhite-papers/584-protein) [бумаги/584-белок](https://aeb.org/search/result-item/98-cwhite-papers/584-protein)
5. Маккалох М. Что такое мороженое Halo Top и полезно ли оно (2019)? Хелслайн Медиа. Доступно по адресу: [https://healthline.com/nutrition/halo-top-ice-cream .](https://healthline.com/nutrition/halo-top-ice-cream)
6. Уотсон Э. Лидеры IRI: какие 10 лучших новых продуктов питания были запущены в 2017 г. (2018 г.). Пищевой навигатор. Доступно по адресу: [https://fo odnavigator-usa.com/Article/](https://foodnavigator-usa.com/Article/2018/04/16/IRI-pacesetters-What-were-the-top-10-new-food-and-beverage-product-launches-in-2017) [16.04.2018/IRI-лидеры-Что-были-лучшие-10-новых-продуктов-и-напитков-](https://foodnavigator-usa.com/Article/2018/04/16/IRI-pacesetters-What-were-the-top-10-new-food-and-beverage-product-launches-in-2017) [запуск продукта в 2017 году](https://foodnavigator-usa.com/Article/2018/04/16/IRI-pacesetters-What-were-the-top-10-new-food-and-beverage-product-launches-in-2017)
7. Гало Топ. Вкусы молочного мороженого (2019). Доступно по адресу: [https://halotop.com/](https://halotop.com/dairy-ice-cream) [молочное-мороженое](https://halotop.com/dairy-ice-cream)
8. де Врез М., Стегель А., Рихтер Б., Фензелау С., Лауэ, Шрезенмейр . Пробиотики – компенсация лактазной недостаточности. Американский журнал клинического питания , 2001 г., doi : 10.1093/ ajcn / 73.2.421s.
9. Мохамед Т. Самые прибыльные акции США в этом столетии продают энергетические напитки, а не айфоны ( MNST ) (2019). Инсайдер рынка. Доступно по адресу: [https://](https://markets.businessinsider.com/news/stocks/this-centurys-best-performing-us-stock-sells-energy-drinks-not-iphones-2019-4-1028114374) [Markets.businessinsider.com/news/stocks/this-centes-best-performing-us-](https://markets.businessinsider.com/news/stocks/this-centurys-best-performing-us-stock-sells-energy-drinks-not-iphones-2019-4-1028114374) [сток-продает-энергетические напитки-не-айфоны-2019-4-1028114374](https://markets.businessinsider.com/news/stocks/this-centurys-best-performing-us-stock-sells-energy-drinks-not-iphones-2019-4-1028114374)
10. Алтитрейд . Это может сильно изменить правила игры на рынке энергетических напитков (2015 г.). Доступно по адресу: [https://seekingalpha.com/article/3105846-this-](https://seekingalpha.com/article/3105846-this-could-be-a-huge-game-changer-for-the-energy-drink-market) [может стать огромным прорывом для рынка энергетических напитков](https://seekingalpha.com/article/3105846-this-could-be-a-huge-game-changer-for-the-energy-drink-market)
11. Коулман мл. Трудно проглотить: как военные, марафонец и безжалостный марш капитализма превратили протеиновые батончики в маловероятный американский продукт питания (2019). Тема, 20. Доступно по [ссылке : https://topic.com/hard-to-swallow](https://topic.com/hard-to-swallow)
12. Сельское хозяйство и агропродовольствие Канады. Бюро международных рынков. Закуски, зерновые и питательные батончики в США. Доступно по адресу: [http://publications.gc.ca/](http://publications.gc.ca/site/eng/9.803238/publication.html) [сайт/ eng / 9.803238 /publication.html](http://publications.gc.ca/site/eng/9.803238/publication.html)
13. Daniells S. Протеиновые порошки: тяжеловес на рынке спортивного питания стоимостью 16 миллиардов долларов (2015). Пищевой навигатор. Доступно по адресу: [https://foodnavigator-usa.com/](https://foodnavigator-usa.com/Article/2015/09/17/Protein-powders-The-heavyweight-in-the-16bn-sports-nutrition-market) [Статья /2015/09/17/Протеиновые порошки-тяжеловес-в-16-миллиардном спорте-](https://foodnavigator-usa.com/Article/2015/09/17/Protein-powders-The-heavyweight-in-the-16bn-sports-nutrition-market) [рынок питания](https://foodnavigator-usa.com/Article/2015/09/17/Protein-powders-The-heavyweight-in-the-16bn-sports-nutrition-market)
14. Bistro In Vitro — это вымышленный ресторан с творческим меню, основанным на клеточном сельском хозяйстве и возможностях, которые оно открывает, придуманных группой художников, дизайнеров, шеф-поваров, ученых и философов. Доступно по адресу : <https://bistro-invitro.com/en/starters/>
15. Эта точка является оценкой, основанной на нашем анализе отраслевой маржи, а также операционного и финансового рычагов.
16. Что происходит с отходами животноводства. ЕдаПринт . Доступно по адресу: [https://foodprint.org/](https://foodprint.org/issues/what-happens-to-animal-waste/%23easy-footnote-bottom-1-1324) [вопросы/что происходит с отходами животных/#easy-footnote-bottom-1-1324](https://foodprint.org/issues/what-happens-to-animal-waste/%23easy-footnote-bottom-1-1324)
17. В данном случае животноводство включает разведение и разведение крупного рогатого скота, производство кормов для животных, производство молочных продуктов, забой и переработку животных, а также дубление и отделку кожи и шкур. Оценка RethinkX . Источник: Бюро трудовой статистики. Доступно по адресу: https://bls.gov/home.htm; В животноводстве США занято почти два миллиона человек .­
18. БЛС. Исследование потребительских расходов. Потребители тратят в среднем 2% своих расходов на мясо, молочные продукты, яйца, рыбу и птицу (2017 г.). Доступно по адресу: [https://](https://bls.gov/cex/tables.htm%23avgexp) [bls.gov/cex/tables.htm#avgexp \_ \_ \_](https://bls.gov/cex/tables.htm%23avgexp)
19. Это включает 38% урожая кукурузы, 35% урожая сои и 95% производства сена. Оценка RethinkX . Меррилл Д., Лезерби , Л. Вот как Америка использует свою землю (2018). Блумберг. Доступно по ссылке: [https://bloomberg.com/gr aphics/2018-](https://bloomberg.com/graphics/2018-us-land-use/) [США-землепользование/](https://bloomberg.com/graphics/2018-us-land-use/)
20. Потребление сельскохозяйственных культур значительно различается в зависимости от вида: кукуруза в основном идет на крупный рогатый скот (45%) , а соя — на корм курам (58%) и свиньям (23%).

повлияют на экспорт кормовых культур, на долю которых приходится 15% всех пахотных земель. В 2017 году на экспорт было экспортировано 50% сои (57% экспорта идет в Китай на корм свиньям) и 15% кукурузы. Оценка RethinkX , USDA, Национальная ассоциация производителей кукурузы, United Soybean Board, UN Comtrade.

1. Общее потребление кормов для скота составляет около 515 миллионов тонн, из которых 305 миллионов приходится на зерновые (кукуруза, соя, сорго, ячмень, овес, пшеница и сено). Доля крупного рогатого скота в потреблении кормовых культур составляет около 50%. Другие источники кормов для крупного рогатого скота и другого домашнего скота включают корма с животным белком, побочные продукты переработки, минеральные добавки и пастбища. Оценка RethinkX , USDA. (2017). Сельскохозяйственная статистика , 2017 г. Вашингтон, округ Колумбия: Типография правительства США. Доступно по ссылке: [https://nass.usda.gov/Publications/Ag\_Statistics/2017/](https://nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2017/Complete%20Ag%20Stats%202017.pdf) Полный% [20Ag %20Stats%202017.pdf](https://nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2017/Complete%20Ag%20Stats%202017.pdf)
2. В то время как у коров обычно соотношение конверсии корма: пищевой продукции (отношение входа к выходу) составляет около 25: 1, современные продукты питания будут иметь соотношение ближе к 2: 1. Это означает, что для производства того же количества говядины потребуется в 10-25 раз меньше корма. В настоящее время разные производители используют для этой цели разные культуры, но в будущем для питания клеток можно будет использовать практически любые биоматериалы, в том числе продукты биоотходов или неперевариваемые человеком продукты (например, листья).
3. Макдональд Дж.М., Хоппе Р.А. Крупные семейные фермы продолжают доминировать в сельскохозяйственном производстве США ( 2017 г.). USDA, ERS. Доступно по адресу: [https://ers.usda.gov/](https://ers.usda.gov/amber-waves/2017/march/large-family-farms-continue-to-dominate-us-agricultural-production/) [янтарные волны/2017/март/большие-семейные-фермы-продолжают-доминировать-нас-](https://ers.usda.gov/amber-waves/2017/march/large-family-farms-continue-to-dominate-us-agricultural-production/) [Сельскохозяйственное производство/](https://ers.usda.gov/amber-waves/2017/march/large-family-farms-continue-to-dominate-us-agricultural-production/)
4. Американские фермеры постоянно внедряют технологии и адаптируются к рыночным условиям для повышения прибыльности. Например, количество акров, засеянных ГМО-соевыми культурами, выросло примерно с 17 % акров в 1997 году до 68 % в 2001 году, а затем стабилизировалось на уровне 94 % в 2014 году. USDA, ERS. (2018, 16 июля ). Последние тенденции внедрения GE. Доступно по адресу: [https://www.ers.usda.gov/data-products/](https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx) [внедрение генетически модифицированных культур в США/последние тенденции в мире](https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx) [принятие.aspx](https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx)
5. Инновационный центр Merck инвестирует в перспективные идеи, определяя области инноваций, в которых они видят потенциал для нового бизнеса. Одним из них является чистое мясо. Доступно по ссылке: [https://emdgroup.com/en/research/innovation-center/](https://emdgroup.com/en/research/innovation-center/innovation-fields.html) [инновации-fields.html](https://emdgroup.com/en/research/innovation-center/innovation-fields.html)
6. интегракультура ( Япония ) — стартап-компания по производству мяса на основе клеток, финансируемая венчурным капиталом, а Shojinmeat Project ( Япония) — это гражданское научное сообщество, работающее над производством мяса на основе клеток с открытым исходным кодом.
7. Эта оценка включает экспорт кормов как часть посевных площадей кормовых культур.
8. Хан С., Лойола С., Деттлинг Дж. и др. Сравнительный экологический LCA Impossible Burger с обычным гамбургером из говяжьего фарша (2019 г.). Quantis для невозможной еды. Доступно по адресу: [https://impo ssiblefoods.com/if-pr/LCA-Update-](https://impossiblefoods.com/if-pr/LCA-Update-2019/) [2019/](https://impossiblefoods.com/if-pr/LCA-Update-2019/)
9. Покупка Луизианы (1803 г.) между Францией и США удвоила размер страны и расширила ее территорию от реки Миссисипи до Скалистых гор и от Мексиканского залива до границы с Канадой. Покупка Луизианы. (2019). История. Доступно по ссылке: [https://history.com/topics/westward-](https://history.com/topics/westward-expansion/louisiana-purchase) [расширение / луизиана - покупка](https://history.com/topics/westward-expansion/louisiana-purchase)
10. Мы используем термин «лесовосстановление» для обозначения как лесовосстановления, так и облесения — выращивания деревьев для создания лесного покрова на территориях, которые либо были вырублены от леса в недавнем прошлом, в далеком прошлом, либо никогда не имели лесного покрова.
11. Производство синтетических тканей, таких как полиэстер, нейлон и акрил, открыло рынок одежды и позволило начать недорогое массовое производство ткани для одежды и других целей. Эти содержащие пластик материалы являются крупнейшим источником (35%) микропластика в океане (и на свалках), что является серьезной и далеко идущей глобальной проблемой загрязнения. Буше Дж . , Фриот Д. Первичный микропластик в океанах: глобальная оценка источников (2017 г.). Международный союз охраны природы (МСОП). Доступно по адресу: [https://doi.org/10.2305/](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en) [МСОП.Ч.2017. 01.ru](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en)
12. Крупный рогатый скот обычно перемещают 6 раз между фермами, преодолевая около 200 миль на грузовике для перевозки скота, прежде чем его забивают. Каннан Н., Салех А., Осей. Оценка энергопотребления и выбросов парниковых газов при транспортировке при производстве мясного скота. Энергетика 2016;9(11),960. Доступно по адресу: [https://doi.org/10.3390/en9110960 .](https://doi.org/10.3390/en9110960)
13. Эта оценка включает живых животных и рыбу, корма для животных, мясо и морепродукты, зерновые культуры (40%), удобрения (40%), молоко и молочный жир (2017 г.). Центр транспортного анализа. Инструмент табуляции данных Framework Analysis Framework [Файл данных].
14. Холодильники на складах продуктов питания, в розничной торговле и на транспорте являются крупными потребителями энергии по всей цепочке поставок. Холодильное оборудование потребляет около 40% энергии в продуктовых магазинах и супермаркетах и около 14% энергии в домашнем хозяйстве.
15. В отчете из Великобритании говорится, что около 6% всей энергии используется для небытового ­охлаждения, включая розничную торговлю, рефрижераторный транспорт и холодильное хранение . Охлаждение мяса и молочных продуктов вносит большой вклад в это общее количество, поэтому мы можем предположить, что любое их сокращение может оказать заметное влияние на потребление энергии и в США. В настоящее время в холодильных камерах США хранится примерно 635 млн кг сыра и 1,2 млрд кг мяса, что предполагает значительное потребление энергии. Оценка RethinkX , Суэйн М. Использование энергии при охлаждении пищевых продуктов (2008 г.). Бристольский университет. Доступно по ссылке [: https://grimsby.ac.uk/documents/](https://grimsby.ac.uk/documents/defra/usrs-top10users.pdf) [дефра /usrs-top10users.pdf](https://grimsby.ac.uk/documents/defra/usrs-top10users.pdf)
16. Около 1% потребления нефтепродуктов в США. ОВОС. Часто задаваемые вопросы: сколько нефти потребляется в США (2019 г.). Доступно по адресу : https://eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=33&t=6 ; Хитадж С. Потребление и производство энергии в сельском хозяйстве (2017 г.). USDA, ERS. Доступно по адресу [: https://ers.usda.gov/amber-waves/2017/](https://ers.usda.gov/amber-waves/2017/januaryfebruary/energy-consumption-and-production-in-agriculture/) [январьфевраль/энергопотребление-и-производство-в-сельском хозяйстве/](https://ers.usda.gov/amber-waves/2017/januaryfebruary/energy-consumption-and-production-in-agriculture/)
17. Процент применяется к итогу 2019 года. Включает потребление для сельского и лесного хозяйства. Международное энергетическое агентство (МЭА). США: балансы за 2016 год [файл данных]. IEA World Energy Balances 2018: Браузер статистических данных. Доступно по адресу: https://iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel= Energy%20supply&indicator= TPESbySource ; ОВОС. (2019). Доступно по адресу: [https://](https://eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=33&t=6) [eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=33&t=6 \_ \_ \_ \_](https://eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=33&t=6)

Загружено Алексом А. с [сайта www.liebertpub.com](http://www.liebertpub.com) 24.04.22 . Только для личного пользования.