



**Вацлав Смил**

# **КАК НА САМОМ ДЕЛЕ УСТРОЕН МИР**

НАУЧНЫЙ ГИД  
ПО НАШЕМУ ПРОШЛОМУ,  
НАСТОЯЩЕМУ И БУДУЩЕМУ

## КАК МЫ ЗАБЫЛИ ОБ ОСНОВАХ

Большинство населения развитых стран сегодня живет в городах и занято в сфере услуг. Процессы, связанные с получением топлива и электричества, производством и обработкой продуктов питания, строительством жилья и дорог остаются как бы за кадром. Люди не то чтобы начинают верить в то, что булки растут на деревьях, — они просто не задумываются о том, как на их столе оказывается хлеб, откуда берется тепло в батарее и электричество в розетке.

Лучшие умы человечества сегодня заняты не реальным материальным производством, а цифровыми технологиями. Стремительный прогресс в скорости обмена данными, распространении гаджетов, расширение возможностей цифровых инструментов во всех сферах жизни поражает воображение. Мы постоянно слышим о том, что прогресс человечества связан исключительно с цифровыми технологиями.

Мы знаем все больше о мире, в котором живем: на нано-, микро- и макроуровнях. Цена этого знания — невиданная доселе специализация науки. В наши дни термины «физика» и «биология» уже мало что объясняют, внутри каждой отрасли появилось огромное число специальностей, представители которых говорят на своем языке. В публичном поле идут бесконечные дискуссии экспертов по всем вопросам: от диет и образа жизни до перспектив полного перехода автомобилей на электричество. Предметы, которыми мы пользуемся ежедневно, все чаще похожи на «черные ящики»: мы нажимаем на кнопки и получаем результат, не имея понятия о том, что происходит внутри.

В этой ситуации человек невольно привыкает к позиции «профессионального дилетанта» — ведь мир слишком сложен, чтобы даже ученые поняли его до конца. Это и правда, и неправда.

С одной стороны, мир действительно непостижимо сложен. С другой — его базовые законы остаются неизменными. И если не забывать, как на самом деле устроен наш мир, можно относительно легко разобраться с тем, каким он будет в ближайшее время, и принять решения, которые необходимо начать воплощать уже сегодня.

## ЭНЕРГЕТИКА — ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА

### ИЗОБРЕСТИ НЕ ЗНАЧИТ ВНЕДРИТЬ

Человек стал главным видом на Земле, потому что научился использовать внешние источники энергии.

Несколько сотен тысяч лет назад мы научились добывать огонь — и стали использовать его энергию для приготовления пищи, обеспечения комфорта и безопасности.

Около 10 тысяч лет назад мы приручили процесс фотосинтеза — научились выращивать растения, которые употребляем в пищу.

Примерно 9000 лет назад одомашнили скот и переложили на животных работу, которую изначально делали силой своих мышц.

Затем последовали: парус (5000 лет назад), водяное колесо (2000 лет назад), ветряная мельница (более 1000 лет назад).



Однако вплоть до начала XVII века более 90% всей полезной механической энергии человек получал от живой силы (людей и животных), а всю тепловую энергию — от сжигания растительного сырья (дерева, соломы, древесного угля или высушенного навоза).

Энергетическая революция произошла около 1620 года на Британских островах, где впервые начали использовать в качестве топлива ископаемые углеводороды — конкретно каменный уголь. К 1700 году 75% тепловой энергии в Британии получали от сжигания ископаемого топлива. Это обеспечило стране лидирующие позиции в мире на протяжении всего XIX столетия. В Англии появились и первые паровые машины.

Но переход на новые источники энергии происходил медленнее, чем можно предположить. К 1850 году в Британии и Северной Америке паровые машины, водяные и ветряные мельницы обеспечивали лишь около 15% всей энергии, а ископаемое топливо — 7%. Большую часть работы по-прежнему делали животные и люди.

В 1880-х годах появились гидротурбины. Затем человек научился использовать геотермальную энергию, а после Второй мировой войны — атомную, а также получать электричество из солнечных батарей и ветрогенераторов. И все же к 2020 году более половины всей энергии человечество получает от сжигания ископаемых углеводородов — главным образом угля и природного газа. 12% всей энергии мы по-прежнему получаем, сжигая дерево и солому, а 5% — от мускульной силы животных.

## НАМ НУЖНО ВСЕ БОЛЬШЕ ЭНЕРГИИ

Современный мир и наш образ жизни — результат нарастающего потребления энергии.

В течение XX века суммарное потребление энергии выросло в 40 раз. В сравнении с 1800 годом сегодня мы тратим в 3500 раз больше энергии. И темпы роста увеличиваются: с 1950 по 2020 год потребление энергии из ископаемого топлива и первичного электричества на человека выросло в США в два раза, в Японии — в четыре, а в Китае — в 120 раз. И оно продолжает расти.

## ЭНЕРГИЯ — ЭТО ТРАНСФОРМАЦИЯ

Энергия — единственная настоящая универсальная валюта, без которой невозможно ни движение планет, ни жизнь простейших микроорганизмов. Она существует в различных видах и приносит пользу в момент трансформации (энергия солнца преобразуется в биомассу растений благодаря фотосинтезу, энергия ископаемого топлива — в кинетическую энергию в процессе сжигания, и так далее).

В истории человечества освоение все новых видов трансформации энергии тоже связано с прорывами: например, замена паровых и дизельных локомотивов электрическими сделала железнодорожные перевозки быстрее, чище и экономичнее. Проблема в том, что многие замены на деле оказываются слишком дорогостоящими, сложными и/или недостаточно эффективными.

Невозможно заменить двигатель внутреннего сгорания в самолете ядерным реактором — потому что не существует достаточно легкого реактора, который можно поднять в воздух. Очень сложно заменить атомную электростанцию, которая генерирует электричество примерно 95% времени, ветряками и солнечными батареями, которые эффективно работают, соответственно, 45 и 25% времени (в Германии, где не так уж много солнца, и вовсе 12%).

Германия — страна, которая за 20 лет в 10 раз увеличила объем энергии из возобновляемых источников (ветра, солнца и воды). Объем вырабатываемой чистой энергии вырос с 11 до 40%.

Но из-за постоянно растущей потребности в энергии потребление углеводородов при этом удалось снизить всего на 6%. Это мировой рекорд, и если Германии удастся его повторить, то к 2040 году зависимость этой страны от углеводородов снизится... до 70%.

## ЖИДКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ — КРОВЬ НАШЕЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Из всех общедоступных видов топлива именно жидкие углеводороды, произведенные из сырой нефти (бензин, авиационный керосин, дизельное топливо, остаточная тяжелая нефть), имеют самую высокую плотность энергии и подходят для всех видов транспорта.

Кроме того, их, по сравнению со многими другими источниками энергии, гораздо проще производить, хранить и транспортировать к потребителям.

Немаловажно и то, что переработка нефти дает побочные вещества, без которых невозможно существование целых отраслей:

- смазочные материалы (для турбин, всевозможных двигателей и т. п.) — годовое потребление более 120 мегатонн
- асфальт (покрытие дорог и крыш) — более 100 мегатонн в год
- другие продукты, жизненно необходимые для современного производства: этан, пропан и бутан, разнообразные синтетические волокна, смолы, клеи, красители, краски и покрытия, моющие средства и пестициды.
- В период между 1950 и 1973 годами (когда страны ОПЕК впервые резко подняли цены на нефть) ВВП западноевропейских стран утроился, а ВВП США — удвоился на фоне пропорционально растущего потребления нефти. Когда нефть подорожала, экономический рост прекратился: падение составило 90% за два года. Мы долго выбирались из этой ямы: лишь в 1995 году производство нефти восстановилось до уровня 1979 года. Но нефть навсегда потеряла лидирующие позиции в энергетике — теперь это место занял природный газ.

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО — ТОЖЕ ИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ

Электричество — лучший вид энергии для освещения. На нем работает практически весь современный сервис, от эскалаторов и лифтов до конвейеров с товарами на складах гигантов электронной коммерции. В ряде стран бурно развивается скоростной транспорт, основанный на электричестве. И даже самый простой современный автомобиль, который питается бензином или дизельным топливом, имеет от 20 до 40 маленьких электрических моторчиков. Без электричества невозможно современный город, который пьет воду, поставляемую электронасосами, и современный дом с бытовой техникой, а часто и отоплением. Электричество питает все гаджеты, которые связывают нас друг с другом и обрабатывают информацию.

Как и в случае с углеводородами, потребность в электричестве постоянно растет: с 1970 до 2020 года она увеличилась в пять раз.

При этом лишь 18% мировой энергии приходится на электричество. И две трети всего вырабатываемого объема генерируется на основе ископаемых углеводородов (еще 16% дают ГЭС и 7% — солнечные и ветряные электрогенераторы).

## НАДОЛГО ЛИ НАМ ХВАТИТ УГЛЕВОДОРОДОВ?

При сохранении уровня добычи 2020 года запасов каменного угля человечеству хватит на 120 лет, нефти и газа — на 50. Благодаря совершенствова-

нию разведки и добычи эти ресурсы будут увеличиваться. Значит, дефицит углеводородов нам не грозит.

Однако из-за глобального потепления все громче звучат голоса, призывающие к полному отказу от углеводородов (декарбонизации) в каком-нибудь году, который оканчивается на 0 или на 5. При этом максимально эффективную энергетику — атомную — собираются развивать только Китай, Индия и Южная Корея. А о таком чистом и достаточно эффективном инструменте, как гидроэлектростанция, кажется, и вовсе позабыли.

Статистика неумолима: в настоящее время зависимость человечества от углеводородов такова, что полная декарбонизация невозможна ни к 2030, ни к 2050 году. Можно говорить только об очень медленном и постепенном снижении доли углеводородов в течение десятилетий.

## ЕДА. КАК НАКОРМИТЬ 8 МИЛЛИАРДОВ

Распределение продовольствия в мире очень неравномерно. В развитых странах изобилие еды ведет к ее огромным потерям, в беднейших люди часто погибают от голода. Но в целом мощности современного аграрного сектора позволяют достойно кормить 90% жителей Земли.

### ЕДА И ТОПЛИВО

Положите на тарелку помидор весом примерно 150 грамм. Полейте его 75 мл кунжутного масла. Теперь представьте, что масло — это дизельное топливо (по цвету они довольно похожи). Вы получили наглядное представление о том, сколько нефтепродуктов было потрачено, чтобы на вашей тарелке оказался такой обычный овощ.

В каждой крупице еды, которая появляется на нашем столе, содержится два вида энергии: из сырой нефти (в виде топлива для сельхозтехники и транспорта, сырья для удобрений, пестицидов и гербицидов) и электричества (затраченного на производство и эксплуатацию техники, сырья, оборудования — от теплиц до систем спутниковой навигации, которые обеспечивают высокотехнологичное сельское хозяйство).

### СТАЛЬ И АЗОТ — В ОСНОВЕ ИЗОБИЛИЯ

В XVIII веке в Европе 1 гектар земли кормил двоих человек — и это был очень хороший показатель, потому что в эпоху собирательства в самых изобильных местностях на прокорм пары людей было нужно около 100 гектаров (140 футбольных полей).

Традиционное земледелие полностью зависело от энергии Солнца, требовало огромного количества ручного труда, а для повышения урожайности использовали севооборот, то есть чередование различных овощных и злаковых культур на одном и том же участке.

Прогресс в сельском хозяйстве был чрезвычайно медленным на протяжении столетий. Ситуация начала улучшаться только примерно 200 лет назад, когда появились сделанные из стали сельскохозяйственные машины, которые лучше обрабатывали землю и смогли заменить тягловый скот. Урожайность повысилась, к тому же огромные посевные площади, которые раньше

1 кг хлеба из пшеницы, выращенной на Великих равнинах США, «содержит» 250 мл дизельного топлива.  
1 кг жареной курицы «включает» 300–350 мл топлива.  
100 г диких креветок требуют потратить порядка 0,5–1 л дизельного топлива, в зависимости от расстояния от места вылова до места потребления.  
Выращенный в садках сибас обходится в 2–2,5 л дизтоплива на килограмм рыбы.  
Совет: если вы хотите есть рыбу с минимальным «углеродным следом», выберите сардины (100 мл дизтоплива на 1 кг веса) или пресноводного карпа (менее 300 мл на кг).

В современном сельском хозяйстве выращивание пшеницы, риса и овощей требует внесения от 100 до 200 кг азотных удобрений на гектар. Производство азотных удобрений — важнейшее направление косвенных энергозатрат в аграрном секторе.

В 1801 году на обработку 1 га земли требовалось 150 человеко-часов, что равнялось примерно 10 мин на 1 кг зерна. В наши дни на это уходит около 2 человеко-часов, или менее 2 сек на 1 кг зерна.

Мировое потребление азота для сельского хозяйства составляет 210–220 миллионов тонн в год. Больше половины этого объема приходится на искусственные удобрения.

кормили мулов и лошадей, теперь высвободились для обеспечения питания людей.

Но самый резкий скачок связан с началом применения азотных удобрений. Их источником сначала была живая природа, а после Второй мировой войны началось массовое промышленное производство этих веществ, обеспечивающих высокую урожайность, и случилась так называемая Зеленая революция.

В 1950 году мировое сельское хозяйство могло обеспечить питание для 890 млн человек, к 2019 году — 7 млрд. При этом число занятых в сельском хозяйстве людей постоянно снижается, потому что отрасль становится все более технологичной. Плата за этот прогресс — резкое увеличение энергозатрат на сельское хозяйство. В XX веке энергетические вложения человечества в сельское хозяйство (в виде агрохимикатов и топлива для техники) выросли в 90 раз.

## ЗАМЕНЫ НЕ СРАБОТАЮТ

С точки зрения питательной ценности, замены азотным удобрениям нет: этот базовый элемент необходим для обеспечения жизнедеятельности растений. Конечно, существуют природные источники азота: это растения, обогащающие почву солями азота (так называемые сидераты). Бобовые умеют накапливать азот на корнях, поэтому они удобряют себя сами. А другие культуры можно выращивать, чередуя с клевером, люцерной или викой. Запахивая в почву зеленую массу этих культур, ее можно обогатить азотом. Но это значит, что примерно половину времени пахотную землю нельзя будет использовать для производства продуктов питания — то есть суммарная урожайность сильно снизится.

Еще один естественный источник азота — молния. Во время грозы электрический разряд в атмосфере разбивает молекулярные связи в содержащихся в воздухе молекулах  $N_2$ , и атомы азота выпадают на землю, удобряя ее. Но надеяться прокормить 8 млрд человек за счет такого способа повышения урожайности довольно наивно.

Обогатить почву азотом можно также путем орошения или внесения навоза. Но ни одна из этих мер не позволит полностью отказаться от промышленных азотных удобрений.

Расчеты показывают, что в наше время практически нереально вернуться к традиционным способам ведения сельского хозяйства. Это потребовало бы возвращения 80% населения земли в сельскую местность и поставило бы крест на любом технологическом развитии. Нам потребовались бы миллионы лошадей и мулов для возделывания полей — а также готовность разбрасывать по полям фантастическое количество навоза, чтобы хоть как-то поддерживать урожайность. Странно надеяться, что современные люди действительно захотят делать все это. Но даже если бы они согласились — традиционными методами можно получить лишь половину всего продовольствия, которое производится сегодня в мире.

## ЗНАЧИТ, СДЕЛАТЬ НИЧЕГО НЕЛЬЗЯ?

Население Земли продолжает расти. Чтобы не погибнуть от голода, человечество вынуждено вкладывать все больше энергии в производство продовольствия, увеличивая нагрузку на окружающую среду.

Значит ли это, что выхода нет? Вацлав Смил уверен, что альтернатива существует.

Мы можем сократить энергозатраты на производство продовольствия и эффективно прокормить до 10 млрд человек, если будем регулировать потребление продуктов (прежде всего мяса) и рационально использовать продукты питания.

Люди в развитых странах живут в условиях пищевого изобилия. Они хронически переедают и при этом постоянно выбрасывают огромное количество продовольствия. В бедных странах потери продуктов питания тоже велики из-за плохой логистики, отсутствия условий для хранения и переработки.

В развитых странах решением проблемы могло бы быть повышение цен на продовольствие. Также было бы очень полезно сократить уровень потребления мяса и отдавать предпочтение тем его видам, которые требуют меньше энергии для производства. Это позволит высвободить не только энергию, но и плодородные земли, которые сейчас отданы под выращивание кормов для скота. Здоровье при этом не пострадает: употребление животных белков в виде молока и мяса критически важно в раннем возрасте, когда происходит активный рост организма. Взрослым же разумное ограничение рациона пойдет только на пользу.

В области сельскохозяйственных технологий полезно было бы также расширить применение техники на чистых источниках энергии (например, оросительных систем, которые питаются энергией солнца и ветра) и сократить потери уже произведенных удобрений. Почти идеальным решением было бы выращивание риса и пшеницы, которые, подобно бобовым, способны задерживать азот в корневой системе, — но пока создание таких сортов остается лишь мечтой аграриев.

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), в мусор отправляются до 50% всех корнеплодов, фруктов и овощей, около 33% рыбы, 30% зерновых, 20% масла, мяса и молока. При этом как минимум в Великобритании 70% выброшенной еды пригодно в пищу. А призывы к более разумному потреблению не дают результата: процент выбрасываемых продуктов в США не меняется вот уже 40 лет.

Умеренное, до 30 кг в год, потребление мяса было до недавнего времени характерно для Японии, которая известна большой продолжительностью жизни. Падение популярности мяса сейчас заметно и во Франции, где к 2013 году примерно 40% взрослых сократили потребление мяса до 39 кг в год.

## СТАЛЬ, ЦЕМЕНТ, ПЛАСТИК И АММИАК

Могли ли мы наслаждаться всеми плодами цивилизации — бытовым комфортом, удобным транспортом, изобилием еды, доступом к медицине и образованию — без гаджетов, микрочипов и персональных компьютеров?

Разумеется. Более того, так и было: у нас было все это еще до появления полупроводников (середина 1950-х), микропроцессоров (начало 1970-х) и ПК (которые массово распространились в начале 1980-х).

Однако наша цивилизация, включая мобильные телефоны и огромные дата-центры, была бы совершенно невозможна без стали, цемента, пластика и аммиака, которые Вацлав Смил называет «четырьмя основами нашей цивилизации».

Ключевые признаки этих материалов:

- физическая и химическая многофункциональность;
- незаменимость;
- широкое распространение;
- огромная и постоянная потребность в них.

Производство этих четырех незаменимых материалов поглощает 17% всей вырабатываемой на Земле энергии и отвечает за 25% выбросов CO<sub>2</sub>, но адекватной замены этим процессам до сих пор нет, хотя поиски идут.

В 2019 году в мире было использовано около 4,5 млрд тонн цемента, 1,8 млрд тонн стали, 370 млн тонн пластика и 150 млн тонн аммиака, и их нельзя легко заменить другими материалами — уж точно не в ближайшем будущем и не в глобальном масштабе.



## АММИАК: КОРМИЛЕЦ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Без аммиака в 2020 году 4 млрд человек погибли бы от голода. Это ключевой компонент для производства азотных удобрений, о значении которых уже говорилось.

В мире ежегодно производится порядка 150 мегатонн аммиака. Около 80% этого количества используется для производства удобрений (преимущественно мочевины). Из оставшихся 20% делают азотную кислоту, взрывчатку, ракетное топливо, красители, искусственное волокно и средства для мытья окон и полов.

## ПЛАСТИК: МНОГОЛИКИЙ И ПРОБЛЕМНЫЙ

Первое промышленное производство пластика началось в 1910 году, и к концу 1940 годов люди уже активно использовали неопрен, ацетат целлюлозы, плексиглас, нейлон, тефлон и полистирол. В 1973 году была запатентована ПЭТ-бутылка, которую сегодня винят в массивном загрязнении окружающей среды.

В 1925 году в мире производили 20 тыс. тонн пластика, в 1950 году — 2 млн тонн, в 2000 году — 150 млн тонн, в 2019 году — 370 млн тонн.

Производство пластика начинается с синтеза мономеров — простых молекул, способных объединяться в длинные цепи и формировать полимеры. Ключевые мономеры — этилен и пропилен — производят путем термического крекинга нефти при температурах 750–950 °C.

Большую часть производимых в мире пластиков составляют термопласты, которые становятся мягкими при нагревании и снова затвердевают при охлаждении. Более 20% мирового пластика — это полиэтилен (ПЭ), 15% — полипропилен (ПП), 10% — поливинилхлорид (ПВХ).

Использование пластиков невероятно разнообразно. От производства автомобилей до клавиатуры компьютера, от антипригарного покрытия на посуде и контактных линз до деталей самолетов: пластик повсюду.

К концу XX века на мировом рынке было более 50 видов пластика, и их растущее многообразие привело к активному росту спроса.

Отношение к пластику сегодня неоднозначно. Но польза, которую люди извлекают из пластика, огромна, и без нее невозможно представить современную жизнь. Автор приводит ссылку на исследование, которое показало: большинство волокон, загрязняющих мировой океан, — естественного происхождения.

## СТАЛЬ: ПОПУЛЯРНАЯ И ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ

Сталь — самый широко используемый металл, который формирует внешний облик нашей цивилизации и присутствует в мириадах скрытых от глаз компонентов. Если вещь не сделана из стали, то с огромной вероятностью она создана с помощью стального оборудования.

Благодаря стали мы имеем транспорт, высотные дома, телекоммуникационное оборудование. Одежда, в которую вы одеты во время чтения этого текста, вероятнее всего, была привезена в точки продажи в огромном транспортном контейнере, сделанном из стали.

Сталь легко поддается рециклингу: после переплавки ее можно использовать снова. Стальные отходы являются ценным экспортным товаром, поступающим в основном из ЕС, Японии, России и Канады в Китай, Индию и Турцию, которые испытывают огромную потребность в этом металле. Уже сегодня объем вторично используемой стали в мире приближается к 30%.

Человечеству не грозит дефицит стали: ресурсов Земли хватит более чем на 300 лет производства этого важного материала.



На производство стали уходит 6% мировых запасов первичной энергии. Кроме того, с этим процессом связано максимальное количество выбросов парниковых газов, которые ответственны за глобальное потепление (7–9% ежегодного мирового объема).

## ЦЕМЕНТ: МАССОВЫЙ И УЯЗВИМЫЙ

Производство цемента требует меньше энергии, чем получение стали, однако его человечеству нужно втрое больше. Поэтому объем вредных выбросов в атмосферу в мировом цементном производстве почти такой же, как у стали: 8%.

Нам приходится платить эту цену, потому что это самый используемый материал в мире, и заменить его невозможно. Большинство людей на планете живут в домах и ездят по дорогам, которые сделаны с использованием цемента. Бетонные сваи, стены, фундаменты и подвалы, тоннели и канализация, метро и мосты, причалы и взлетно-посадочные полосы аэропортов — цемент присутствует повсюду.

Цемент — незаменимый спутник и участник технического прогресса, и его потребление постоянно растет.

Цемент — хрупкий материал, который разрушается от воздействия влаги и перепадов температур. И это значит, что в XXI веке мы столкнемся с массовым разрушением бетонных конструкций и необходимостью их ремонта или замены. К счастью, бетон, так же как и сталь, которая часто используется вместе с ним, поддается рециклингу, хотя этот процесс нельзя назвать ни дешевым, ни простым.

## ЧТО БУДЕТ С НЕЗАМЕНИМЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ?

Сталь, цемент, пластик и аммиак будут доступны в необходимых количествах в обозримом будущем.

Однако у нас не получится так изменить процессы производства незаменимых материалов, чтобы добиться декарбонизации к 2050 году, — а эту цель сейчас массово продвигают политики, активисты и некоторые бизнесмены.

Если мы хотим развивать беднейшие страны, повышать уровень жизни их населения и активно создавать чистую энергетику — мы будем еще сильнее нуждаться в «старых» материалах.

Чтобы к 2050 году заменить половину всего транспорта на электрический, нам придется потреблять в 18–20 раз больше лития, в 17–19 раз больше кобальта, в 18–21 раз больше никеля, чем в 2020 году.

И никакие гаджеты, приложения и средства искусственного интеллекта не помогут нам отказаться от этих материалов.

## ГЛОБАЛИЗАЦИЯ: СВЯЗИ, КОТОРЫЕ ДЕРЖАТ ЭТОТ МИР

Разбираясь, как устроен современный мир, невозможно обойтись без рассмотрения глобализации — тесных связей, которые пронизывают технологические, торговые, культурные и социальные процессы.

Сегодня мир потребляет за год 100 млн тонн цемента — столько же, сколько было произведено за всю первую половину XX века. В 2018 и 2019 годах только в Китае было произведено 4,4 млрд тонн цемента — столько же, сколько за весь XX век в США.

Прекрасный пример зависимости новых изобретений от традиционных материалов — электромобиль, на который энтузиасты грозятся пересадить весь мир уже в ближайшие годы. Литиевый аккумулятор для электроавтомобиля весит в среднем 450 кг и содержит примерно 11 кг лития, 14 кг кобальта, 27 кг никеля, более 40 кг меди и 50 кг графита, а также 181 кг алюминия и стали. Только для одной машины требуется переработать от 40 до 225 т металлической руды (в зависимости от концентрации в ней необходимых элементов).

1984 год был последним, когда США имели преимущество в торговле с Китаем.

В 2009 году КНР стала крупнейшим в мире экспортером, в 2018 году на нее приходилось 12% мирового экспорта.

Индия лишь ненамного отстает от Китая по темпам экономического роста, а число индийских инженеров в Силиконовой долине убедительно демонстрирует вклад этой страны в глобальное развитие.

Открытие огромного российского рынка для иностранных инвестиций, международного сотрудничества, снятие ограничений на движение рабочей силы после распада СССР также стало большим вкладом в глобализацию.

По данным ОЭСР, расширение глобальных производственно-сбытовых цепочек остановилось в 2011 году и с тех пор несколько снизилось, а торговля промежуточными товарами и услугами сократилась.

В 1965 году Детройт был лидером мирового автопрома — но сейчас его позиции утрачены. До 1980-го Шеньжень был маленькой рыбацкой деревушкой, а сегодня там 12 млн человек производят невероятное количество товаров, поставляемых во все уголки планеты.

Опрос 2020 года среди американских производителей показал, что 64% выступают за возвращение по крайней мере части производств на территорию США.

По сути, глобализация — это процесс перемещения товаров, технологий и людей между странами и континентами. Степень глобализации всегда была тесно связана с развитием техники, которая постепенно делала процессы перемещения товаров и людей все более дешевыми и удобными.

Вопреки распространенному заблуждению, этот процесс имеет солидную историю — достаточно вспомнить Великий шелковый путь, эпоху Великих географических открытий, деятельность Ост-Индской и Вест-Индской компаний.

Первый большой скачок глобализации был связан с изобретением телеграфа: международная торговля впервые в истории получила возможность почти мгновенно узнавать о ценах и запасах товаров в отдаленных регионах. Следующий большой прорыв произошел в XX веке благодаря появлению газовых турбин для самолетов, больших дизельных судовых двигателей, контейнерного флота и квантового скачка в компьютерных технологиях и обработке данных.

Между 1987 и 2006 годами произошел 40-кратный рост интенсивности процессов глобализации.

Современная глобализация основана на изобретениях, сделанных до 1973 года, — и нет никаких убедительных доказательств, что это изменится в обозримой перспективе.

До второй половины 1980-х основными бенефициарами глобализации были страны Западной Европы и США, на которые приходилось до 60% мирового экспорта товаров, технологий и услуг. Затем в игру вступили Китай, Индия и посткоммунистическая Россия.

Если вы хотите увидеть часть процессов глобализации в реальном времени, откройте сайт [MarineTraffic.com](http://MarineTraffic.com) и зайдите в раздел Live Map. Вы увидите мириады морских судов, перевозящих топливо, грузы и пассажиров по всей планете: грузовые суда обозначены зеленым, танкеры — красным, рыболовецкие суда — светло-коричневым, пассажирские — синим, буксиры и специальные суда — бирюзовым. А на сайте [FlightRadar24.com](http://FlightRadar24.com) по утрам видно, как приближаются к берегам Европы трансатлантические самолеты, а ранним вечером в японских аэропортах садятся лайнеры, совершившие перелет через Тихий океан.

## ХРУПКОСТЬ, ЗАВИСИМОСТЬ И НЕЯСНОЕ БУДУЩЕЕ

Предсказуемо, что процессы глобализации уязвимы для политических и социальных рисков. Так, в 1913 году объем международной торговли составлял 13%, в 1939-м — всего 6%, а к 1945 году упал до 4%.

Пандемия COVID-19 также ярко показала, как безрассудно переносить все важнейшие для повседневной жизни производства в один регион. Так, США пришлось платить невероятные деньги за китайские маски и перчатки для медперсонала, а в Европе были случаи, когда одна страна крала эти дефицитные товары у другой.

Ни одна страна в мире не обеспечивает себя полностью необходимыми полезными ископаемыми, многие зависят от импорта продовольствия (а Великобритания и Япония завозят больше продуктов питания, чем производят сами), у Китая нет достаточно стали, у Индии — нефти, а у США — редкоземельных металлов.

Среди других рисков глобализации — массовая безработица среди молодежи в странах, откуда вынесены производства, и связанная с ней растущая смертность от наркотиков, алкоголя и несчастных случаев.

Цифры говорят, что пик глобализации пройден в середине нулевых годов XXI века.

Как будет развиваться глобализация дальше? На этот вопрос нет ясного ответа, ведь в истории немало примеров непредсказуемых взлетов и падений экономических центров.

На решение о переносе производства в определенный регион влияют не только соображения стоимости труда, но и такие факторы, как политическая стабильность, большое число квалифицированных работников и большой объем местного рынка.

## ЧТО СТРАШНЕЕ: ВИРУСЫ, КУРЕНИЕ ИЛИ ТОРНАДО?

История прогресса нашей цивилизации — это история минимизации разнообразных рисков: голода, болезней, нищеты, нехватки ресурсов и так далее. Думая о будущем, мы тоже находимся в рамках своих представлений о рисках.

Проблема заключается в том, что наше восприятие риска сильно искажено. Факторы, которые мы не можем контролировать, кажутся нам более опасными, чем на самом деле, а если у нас есть иллюзия контроля над ситуацией — риск воспринимается как незначительный.

Многие из нас курят, регулярно садятся за руль и занимаются потенциально травмоопасными видами спорта (например, горными лыжами) — то есть совершают действия, которые с очень высокой вероятностью принесут ущерб здоровью и повысят шансы преждевременной смерти. Однако те же люди могут бояться летать (что в разы менее опасно, чем ездить в авто), жить рядом с атомной электростанцией или переехать в местность, где часто случаются торнадо (от которых за 33 года погибло менее 2000 человек).

Наиболее яркий пример того, как страхи влияют на принятие стратегических решений, — это развитие энергетики в двух соседних странах, Франции и Германии. Франция получает свыше 70% энергии из атомных реакторов, и (прекрасная) статистика продолжительности жизни подтверждает, что атомная энергетика никак не влияет на здоровье граждан. В то же время на другом берегу Рейна, в Германии, общество свято убеждено, что атомные станции чрезвычайно опасны, и уже третье десятилетие массированно развивает альтернативную энергетику, вкладывая в это колоссальные деньги.

Среди подтвержденных статистикой рисков, которые растут с каждым годом, — связанные с природными катастрофами. Кривая этих катастроф медленно ползла вверх с 1950-х до 1980-х, затем их число удвоилось с 1980 по 2005 год, а с 2005 по 2019 год выросло на 60%. Этот тренд напрямую связан с повышением температуры окружающей среды, то есть глобальным потеплением.

Автор разделяет глобальные риски на две категории:

- неизбежные, относительно длительные и наносящие частичный ущерб, вроде пандемий различных вирусов;

Ежегодно в мире более 1,2 млн человек погибают в ДТП — но мы снова и снова садимся за руль, потому что воспринимаем этот риск как контролируемый. Убийства уносят столько же жизней, сколько лейкемия; вероятность умереть от случайного падения выше, чем от рака поджелудочной железы; а случайное отравление ответственно за большее число смертей, чем рак груди. Но кто из нас не боится рака и при этом боится упасть, отравиться или быть убитым?

Во втором десятилетии XXI века из-за террористических атак погибло 170 американцев. Назвав причиной борьбу с терроризмом, США развязали целый ряд войн на Ближнем Востоке. Это привело только к росту террористической угрозы и долгосрочному подрыву военной мощи страны. Смертность от насилия с применением огнестрельного оружия в те же годы составила 125 тысяч граждан США. Но такая очевидная мера, как ограничение владения оружием, не реализована до сих пор.

- теоретически возможные, кратковременные, потенциально способные полностью уничтожить жизнь на планете (например, падение на Землю гигантского метеорита).

События второй категории абсолютно непредсказуемы из-за огромного количества переменных, влияющих на их вероятность. Гораздо разумнее готовиться достойно встретить катастрофы, которые неизбежно случатся в обозримом будущем. К сожалению, пандемия COVID-19 показала, что пока мы неспособны даже на это.

Практика показывает, что люди неспособны точно прогнозировать большие катастрофы. Но разумные меры предосторожности помогут снизить ущерб от неминуемых катаклизмов: сейсмостойкие дома, штормовые бункеры в регионах с высоким риском торнадо, эффективные системы раннего предупреждения, эвакуационная логистика — все эти меры есть смысл применять.

К сожалению, люди склонны переоценивать риски недавних событий, забывая неприятные опыты прошлого и выбирать дорогостоящие и часто бесполезные меры борьбы с рисками, пренебрегая простыми, дешевыми и действенными.

## ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА: ПЛАНЕТЫ Б ДЛЯ НАС НЕТ

Мечтать о том, как человечество переселится на одну из ближайших планет, окончательно погубив Землю, может быть, и заманчиво, но совершенно безответственно. Нет никаких предпосылок для колонизации других планет в обозримом будущем.

Если мы намерены просуществовать как минимум еще столько же времени, сколько уже существует человеческая цивилизация — то есть примерно 5000 лет — нам необходимо немедленно начать принимать систематические меры по уменьшению нагрузки на окружающую среду.

Существует девять категорий биосферных границ, нарушение которых ведет к фатальным последствиям:

- 1) климатические изменения (менее точный модный синоним — глобальное потепление);
- 2) закисление мирового океана (опасно для морских организмов);
- 3) истощение озонового слоя (защищает от УФ-излучения);
- 4) аэрозольное загрязнение атмосферы (вызывает болезни легких);
- 5) выбросы азота и фосфора в реки и прибрежные воды;
- 6) истощение подземных вод, рек и озер;
- 7) изменение использования земли (вырубка лесов, рост городов, рост промышленности и интенсификация сельского хозяйства);
- 8) сокращение биоразнообразия;
- 9) химическое загрязнение.

Нам не грозит остаться без кислорода. «Легкие» планеты — зеленые леса — потребляют почти столько же кислорода, сколько производят. И если завтра все леса планеты полностью сгорят, это приведет к потере всего 0,1% атмосферного кислорода.

Тем не менее во время пожара в бассейне Амазонки в 2019 году в обществе разразилась настоящая паника, а президент Франции потребовал



собрать экстренный саммит G7, который, как не трудно догадаться, никак не мог повлиять на пожар в джунглях. И это лишь один пример того, как мы позволяем безграмотности влиять на наши умы и поступки.

Надежный прогноз по доступности питьевой воды на данном этапе сделать невозможно.

Сокращение интенсивности эксплуатации земли возможно в развитых странах, но не там, где население страдает от недостатка продовольствия (прежде всего в Африке). Необходимо прикладывать усилия по рациональному использованию продовольствия, изменению рациона в развитых странах, а также не допускать попадания азотных и фосфорных удобрений в воду.

Уровень CO<sub>2</sub> и метана в атмосфере в разы превышает показатели доиндустриальной эпохи. Проблема парниковых газов была сформулирована еще в 1850-х годах. Уже в конце 1960-х было понятно, что рост выбросов этих газов негативно влияет на климат, вызывает необратимые изменения в окружающей среде.

В период с 1989 по 2019 год антропогенные выбросы парниковых газов увеличились на 65%.

Сегодня эта модная тема вызывает невероятное количество спекуляций, необоснованных заявлений и прогнозов, которые, к сожалению, ничем не помогают улучшить положение дел. Чтобы переломить ситуацию с парниковыми газами, достаточно было бы солидарной и систематической работы пяти стран, которые лидируют по выбросам. Но за несколько десятилетий мы не продвинулись дальше разрозненных инициатив. А некоторые успехи по декарбонизации являются скорее побочным следствием технического прогресса, чем плодом целенаправленных усилий.

Повышение температуры у поверхности суши заметнее в высоких широтах, что было предсказано еще в 1908 году. За 140 лет наблюдений пять самых теплых лет на Земле случились после 2015 года. Этот тренд, недостаточно точно называемый «глобальным потеплением», отразится на доступности питьевой воды. Бассейны Ла-Платы, Миссисипи, Ганга и Дуная останутся полноводными, а бассейны Тигра и Евфрата, а также реки Хуанхэ, вероятнее всего, обмелеют. Тем не менее ученые полагают, что в дефиците воды будет больше «виноват» рост спроса, чем эти природные явления. Постепенное сокращение содержания кислорода в атмосфере и рост температуры приведет к повышению урожайности продовольственных культур в среднем на 10–20%.

Если нам удастся снизить долю говядины в производстве мяса (увеличив долю свинины, курятины, яиц и молочных продуктов), уровень производства животного белка можно будет сохранить, одновременно понизив уровень выбросов метана и экологическую нагрузку от животноводства.

У человечества есть колоссальные возможности по уменьшению потребления энергии в домохозяйствах, на производстве, транспорте и сельском хозяйстве.

Колоссальная проблема — недостоверность и умозрительность прогнозов и допущений, на которых основаны очень многие планы по сокращению нагрузки на окружающую среду. Вацлав Смил настаивает на том, что каждый такой проект должен содержать четкое описание возможностей внедрения, прогноз эффективности и перечень реальных мер, которые помогут добиться положительных результатов. В наши дни, к сожалению, такие проекты больше напоминают упражнения в научной фантастике, подчеркивает

Два недавних исследования показали: от недостатка воды страдают от 1,2 до 4,3 млрд человек — то есть от 20 до 70% населения Земли. Это значит, что мы не можем толком посчитать даже актуальное состояние, не то чтобы дать надежный прогноз на будущее.

В то время как развитые страны снижают выбросы CO<sub>2</sub> на несколько процентов в год, в Индии и Китае они растут в разы.

Среди неочевидных, но крайне необходимых мер по защите окружающей среды — отказ от внедорожников, которые в 2010 году заняли второе место в мире по объему выбросов CO<sub>2</sub>, уступив электрогенерации и опередив и тяжелую промышленность, и автомобильные грузоперевозки, и авиацию.

автор. Отвлекаясь на заманчивые, но совершенно нереалистичные схемы, мы не принимаем меры, которые и можем, и обязаны принять уже сегодня.

## ПРЕДЕЛЫ МЕЧТАНИЙ, ИЛИ О ПОЛЬЗЕ РЕАЛИЗМА

Отдав несколько десятилетий изучению глобальных процессов, Вацлав Смил пришел к твердому убеждению, что любые крайности в прогнозировании будущего бессмысленны.

Человечеству удалось серьезно улучшить жизнь большинства людей, сделать ее более здоровой, комфортной и безопасной. Но никто не освобождает нас от фундаментальных ограничений, заложенных в саму природу нашей планеты. Мы не можем быстро и безболезненно изменить структуру целых отраслей хозяйства, потому что нас очень много и наши потребности постоянно растут. В ближайшие 20–30 лет наша цивилизация будет работать так же, как она работает сегодня.

Вероятнее всего, нас не ждут ни апокалипсис, ни сингулярность (слияние машинного интеллекта с биологическим и колонизация Вселенной). Человечество продолжит жить на Земле и будет, как и раньше, добывать себе хлеб и кров. Любые меры, которые могут привести к улучшению экологической ситуации, потребуют упорства, времени и инвестиций. Наша изобретательность поможет нам избежать некоторых ловушек, которые ждут нас в будущем, но мы неминуемо угодим в другие, которые не можем предсказать, как бы ни старались.

Сумма знаний человека о мире постоянно растет. И мы могли бы сделать существенно больше для нашей планеты, если бы преодолели свою склонность ценить нынешний сиюминутный комфорт выше, чем пользу для будущих поколений.

Нам нужно проявить разумность и смирение и систематически, упорно работать над тем, что мы можем изменить к лучшему уже сегодня.

Будущее неизвестно. Но оно зависит от наших сегодняшних усилий.

---

## 10 ЛУЧШИХ МЫСЛЕЙ

1.

**Помните, как устроен реальный мир.** Вы можете не знать, как работает ваш гаджет, но не забывайте, что базовые законы мира неизменны. Это поможет оставаться реалистом и трезво оценивать проблемы будущего.

2.

**Старайтесь мыслить критически, опирайтесь на факты.** Колоссальная проблема сегодня — недостоверность и умозрительность предположений, на которых основаны планы по уменьшению вреда планете.

3.

**Помните, что любой прогресс — это рост потребления ресурсов.** Все великие изобретения требовали и будут требовать энергии — все больше и больше.

4.

**Не бойтесь, что газ и нефть закончатся, и не верьте, что мы от них скоро откажемся.** При текущем уровне добычи в ближайшие 100 лет нам не грозит дефицит углеводородов. Зависимость человечества от ископаемого топлива такова, что полной декарбонизации можно не ждать ни к 2030, ни к 2050 году.

5.

**Не увлекайтесь идеей о возвращении к традиционному ведению сельского хозяйства.** Вырастить еды на 8 миллиардов без азотных удобрений и техники нереально. А значит нужно искать способы более эффективного производства продовольствия.

6.

**Научитесь экономно расходовать еду и регулируйте потребление мяса.** Это реальная помощь тем, кто голодает. Кроме того, это продлит вашу жизнь.

7.

**Сдавайте в переработку все, что можно переработать.** Сталь, цемент, пластик и аммиак придется производить еще долгие годы, потому что без них мы просто не выживем. Чем меньше мы их производим, тем меньше вреда планете.

**8.**

**Избавьтесь от внедорожника.** Перестать их использовать — неочевидная, но крайне необходимая мера. Выбросы от внедорожников опережают тяжелую промышленность, грузоперевозки и авиацию.

**9.**

**Не думайте, что мы скоро пересядем на электрокары.** Их производство и эксплуатация требует примерно того же количества углеводов, что и обычный автомобиль.

**10.**

**Не стройте воздушных замков.** Лучшее, что мы можем сделать для планеты сейчас — научиться сокращать потери и решать те насущные проблемы, которые мы понимаем и можем ясно прогнозировать.