

МЯСО, МОЛОКО И КЛИМАТ



**Ристо Исомяки**

**МЯСО,  
МОЛОКО и  
КЛИМАТ**

**Почему нам абсолютно необходимо сократить потребление продуктов животного происхождения**

Антропоцен  
2021

Risto Isomäki. Meat, milk and climate: Why it is absolutely necessary to reduce the consumption of animal products. Helsinki: Into Kustannus, 2016.  
ISBN: 978-952-264-535-7.

Ристо Исомяки. Мясо, молоко и климат: почему нам абсолютно необходимо сократить потребление продуктов животного происхождения.  
Антропоцен, 2021.

Переводчица Светлана Герасимова  
Редактор Михаил Пономарев

© Risto Isomäki, 2016  
© Светлана Герасимова, 2021  
© Издательство «Антропоцен», 2021

Электронная версия этой книги доступна на сайте  
[anthropocene.press](http://anthropocene.press)

# **Содержание**

<u>Введение: скот, климат и цифры</u>	
	7
<u>1. Животноводство, реактивный азот и закись азота</u>	
	13
<u>2. Угроза из бездны: животноводство и океанические выбросы закиси азота</u>	
	19
<u>3. Коровы, навоз и метан</u>	
	27
<u>4. Угроза из мелководья: сельхозживотные, эвтрофикация и водные выбросы метана</u>	
	37
<u>5. Пастбища и деградировавшие леса</u>	
	47
<u>6. Гори, гори, гори, гори: сжигание 8,6 млрд тонн сухой биомассы и роль животноводства</u>	
	71
<u>7. Меньшие проблемы климата</u>	
	83
<u>8. Что нам делать?</u>	
	87
<u>Список источников</u>	
	105



## **ВВЕДЕНИЕ: СКОТ, КЛИМАТ И ЦИФРЫ**

Если вы захотите узнать, какой процент выбросов в окружающую среду, способствующих глобальному потеплению, связан с производством мяса и других продуктов животного происхождения, и начнете исследовать этот вопрос с помощью интернета, то число, которое чаще всего будет вам встречаться, составляет 18%.

18% — это данные, приводимые Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО)<sup>1</sup>. ФАО, в некотором смысле, — очень авторитетный орган. В конце концов, это организация ООН, занимающаяся всеми вопросами в сфере производства продуктов питания. Поэтому неудивительно, что журналисты, освещая эту тему в СМИ, почти всегда ссылаются на данные ФАО. Профессиональные и научно-популярные журналы, а также почти все политики, в том числе «зеленые» министры и члены парламентов, делают то же самое. Экологические организации и их активисты, и даже организации по защите прав животных и благополучию животных приводят цифры ФАО.

---

<sup>1</sup> Данные 2006 года, в 2013 году ФАО опубликовала новые цифры — 14,5%. См.: Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock — A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. — Здесь и далее — прим.пер.

Итак, 18%.

Но можем ли мы полагаться на данные ФАО в этом конкретном вопросе? Не рискованно ли это? В конце концов, ФАО официально существует для увеличения производства продуктов питания, предназначенных для употребления человеком, включая мясо, молоко, рыбу и другие продукты животного происхождения. Это причина, по которой ФАО была создана, и причина, по которой она все еще существует. В официальных заявлениях ФАО по-прежнему говорит о важности и необходимости удвоения мирового производства мяса до 2050 года, чтобы спасти человечество от голодной катастрофы.

Так должны ли мы действительно считать ФАО наиболее надежной и независимой организацией в оценке выбросов парниковых газов, производимых различными формами сельского хозяйства?

Конечно, ФАО может подсчитывать и составлять определенные массивы статистических данных лучше, чем все существующие организации, и, по крайней мере, одна из ее публикаций относительно воздействия животноводства на окружающую среду — «Длинная тень животноводства» (*Livestock's Long Shadow*) — была чрезвычайно важным и предельно честным заявлением на эту тему. Тем не менее, лучше обращаться к различным организациям для более широкого анализа данных о животноводстве и изменении климата, которые необходимо учесть в расчетах.

Проблема заключается в том, что в настоящий момент не существует убедительных альтернатив — у нас нет других авторитетных данных, которые могли бы соперничать с 18%, приводимыми ФАО. Таким образом, практически все вынуждены ссыльаться на них.

Единственным возможным соперником была научно-исследовательская работа, опубликованная организацией *Worldwatch Institute* в 2009 году. Согласно этой небольшой статье, животноводство, главным образом производство мяса, может быть ответственно за 51% всех антропогенных выбросов парниковых газов.

Исследование *Worldwatch* широко критиковалось, особенно за то, что в нем за выбросы парниковых газов принимался углекислый газ, выдыхаемый сельскохозяйственными животными. Это была обоснованная критика, и защитники промышленного животноводства встретили ее с большим энтузиазмом. Мясная индустрия нашла самое слабое место исследования и максимально использовала эту ахиллесову пяту. Даже большинство групп по защите окружающей среды и защите прав животных, которые заметили статью *Worldwatch*, вскоре перестали ссылаться на нее и вернулись к использованию данных от ФАО.

Однако большинство людей, критикующих исследование *Worldwatch*, — и большинство неправительственных организаций, реагирующих на дебаты, — упустили из виду, что другие новые сведения, представленные организацией, были актуальными и неоспоримыми.

Очевидно, слегка чрезмерным было заявление о том, что весь выделяемый сельскохозяйственными животными углекислый газ следует относить к антропогенным выбросам. Коровы поглощают траву, сено и другие вещества, которые в любом случае разлагаются под воздействием бактерий и грибов с выделением углекислого газа даже без участия крупных животных. Но суть аргумента до некоторой степени остается уместной. Сельхозживотные действительно потребляют огромное

количество биомассы, которая могла бы использоваться в качестве биотоплива для замены ис-копаемого топлива. Когда животные с помощью бактерий и ферментов медленно потребляют биомассу, которая могла быть сожжена для производства тепла и энергии, вполне разумно спросить, не следует ли определенную часть углекислого газа, произведенного таким биологическим потреблением этой биомассы, классифицировать как выброс углекислого газа.

Безусловно, уместно спросить, является ли хорошей идеей определение потенциала глобального потепления<sup>2</sup> различных парниковых газов в соответствии со столетней перспективой, или для наших оценок следует использовать гораздо более короткий временной период. Если мы хотим избежать серьезного глобального хаоса, то должны решить нашу проблему перегрева планеты в течение пары десятилетий. Это означает, что, возможно, имеет смысл использовать более короткую времененную шкалу. Чем короче период расчета потенциала глобального потепления парниковых газов, тем больше роль метана и сельхозживотных.

*Worldwatch* также была права, когда указывала, что было бы справедливо приписать животноводству относительно большой процент выбросов хлорфтоглеродов (ХФУ). ХФУ в настоящее время запрещены, но их вклад в антропогенные выбросы парниковых газов достигал от 20% до 25%. ХФУ по большей части производились для холодильников и морозильников, которые существуют, в основном, для хранения мяса, рыбы и молочных продуктов. Пищевые продукты на растительной основе в

<sup>2</sup> Потенциал глобального потепления — это тепло, поглощаемое в атмосфере любым парниковым газом, кратное количеству тепла, которое может быть поглощено углекислым газом той же массы.

действительности не нуждаются в холодильниках, так что, по большому счету, наше потребление продуктов животного происхождения сделало эти технологии необходимыми — и таким образом ответственными за долгоживущие ХФУ, которые были выброшены в атмосферу и еще долго будут нагревать нашу планету.

Резонным является и вопрос о том, следует ли считать мясом рыбу и королевские креветки, и в таком случае нам следует также учитывать топливо, потребляемое рыболовными флотами, и, что более важно, углекислый газ, выделяемый миллионами гектаров мангровых болот, превращенных в креветочные фермы.

Все эти вопросы уместны и не должны быть забыты, и знаменитый документальный фильм «Скотозаговор» (*Cowspiracy*) оказал миру большую услугу, возродив дебаты.

Однако существует ряд довольно значительных источников выбросов парниковых газов, которые напрямую связаны с животноводством, но которые не были включены в расчеты ФАО, *Worldwatch* или «Скотозаговора». В этой книге мы сфокусируемся на этих неучтенных выбросах.

Я не смогу предложить новые цифры взамен данных от *Worldwatch* (51%) или ФАО (18%). На данный момент невозможно дать даже приблизительную оценку общего количества выбросов, поскольку у нас нет точных цифр для многих наиболее значимых их источников.

В любом случае, я надеюсь, эта небольшая книга убедит читателя, что производимые животноводством выбросы парниковых газов по факту больше, чем заявляет ФАО, поскольку существует много хорошо задокументированных источников выбросов, которые не были включены в их отчет.

Несмотря на отсутствие данных, нет никаких сомнений в том, что общее количество выбросов должно быть больше, чем было заявлено.

Эта книга не является финальным исследованием по данному вопросу, но лишь предварительным списком проблем, которые срочно требуют большего внимания. Без дополнительных исследований мы никогда не получим недостающие цифры и, к всеобщему риску, продолжим недооценивать климатическое воздействие продуктов животного происхождения.

## 1.

# **Животноводство, реактивный азот и закись азота**

Согласно часто цитируемым оценкам, на крупный рогатый скот и других сельхозживотных приходится 65% антропогенных выбросов закиси азота. Закись азота — это очень сильный парниковый газ с относительно длинным сроком жизни. Если мы рассчитаем его влияние на климат в течение следующих ста лет, то его потенциал глобального потепления в 265–310 или примерно в 300 раз больше, чем у углекислого газа. По данным ФАО, закись азота, ежегодно образующаяся в почве из навоза животных и азотных удобрений, которые используются для производства кормов для сельхозживотных, нагревает планету так же, как и 2,2 млрд тонн углекислого газа.

Эти данные выглядят достаточно точными, но в действительности в глобальном учете закиси азота все еще существуют серьезные неопределенности. Текущие оценки размера выбросов — антропогенных или природных — пока не очень точны, и мы еще меньше знаем о стоках<sup>3</sup> закиси азота. Закись азота является наименее изученным основным парниковым газом<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Сток — любой накопитель, который поглощает газ, и тем самым снижает его концентрацию в атмосфере (напр., лес).

<sup>4</sup> Основные парниковые газы Земли: водяной пар ( $H_2O$ ), углекислый газ ( $CO_2$ ), метан ( $CH_4$ ), закись азота ( $N_2O$ ) и озон ( $O_3$ ).

Согласно последней оценке, общие выбросы закиси азота из всех природных и искусственных источников варьируются от 17,5 до 20,1 млн тонн азота в год. Поскольку закись азота содержит два атома азота (с молекулярной массой 14) и один атом кислорода (с молекулярной массой 16), 20 млн тонн азота в виде закиси азота фактически означают 31,4 млн тонн закиси азота, что эквивалентно примерно 9 млрд тонн углекислого газа, то есть четверти наших нынешних выбросов углекислого газа.

Провести прямое сравнение между воздействием выбросов углекислого газа и закиси азота на глобальное потепление трудно или невозможно, потому что только 40% углекислого газа, который мы выбрасываем в атмосферу, задерживается там в течение длительного времени. Около 30% растворяется в океане в виде углекислоты, еще около 30% поглощается из воздуха в результате положительных изменений в землепользовании, в основном за счет роста деревьев и их корневых систем.

В 2005 году общий глобальный приток закиси азота оценивался в 16,84 млн тонн азота (что также соответствует увеличению количества закиси азота в 1,57 раза). Распределение примерных глобальных выбросов (в пересчете на азот) было следующим:

- сельское хозяйство – 3,88 млн тонн;
- естественные почвы – 6,95 млн тонн;
- океаны и мелководные моря – 4,28 млн тонн;
- сточные воды – 0,21 млн тонн;
- твердые отходы – 0,004 млн тонн;
- растворители – 0,05 млн тонн;
- производство топлива – 0,003 млн тонн;
- наземный транспорт – 0,18 млн тонн;
- промышленность – 0,41 млн тонн;
- сжигание бытового топлива – 0,18 млн тонн;

- грузоперевозка — 0,002 млн тонн;
- сжигание биомассы — 0,71 млн тонн;
- другие источники — 0,0005 млн тонн.

Эти оценки хорошо согласуются с цифрами ФАО. Согласно им, антропогенные выбросы закиси азота доходили до 5,6 млн тонн в год, из которых 70% приходилось на сельское хозяйство.

В 2006 году «Длинная тень животноводства» заключила, что к животноводческому сектору должно относиться от 75% до 80% сельскохозяйственных выбросов закиси азота, и это по-прежнему является официальной оценкой ФАО.

В 2006 году мы производили около 100 млн тонн реактивного азота<sup>5</sup> в виде химических азотных удобрений, из которых примерно 25% были использованы для выращивания кормов для сельхозживотных. Кроме того, ежегодно сельхозживотные выделяют 135 млн тонн реактивного азота в виде навоза и мочевины. В течение последних 10 лет мировое производство мяса увеличилось почти на 20%, и это означает, что в настоящее время для производства кормов используется больше удобрений, а сельхозживотные производят больше реактивного азота, чем в 2006 году. Вероятно, с 2006 года вклад животных в сельскохозяйственные выбросы закиси азота несколько вырос, и цифры ФАО следуют пересмотреть в сторону повышения уже сейчас.

Прежде всего, некоторые из вышеперечисленных 17 млн тонн естественных выбросов закиси азота (11 млн тонн в пересчете на азот) могут быть менее естественными, чем мы предполагали.

Приведенные цифры о сельскохозяйственных выбросах основаны на предположении о том, что

---

<sup>5</sup> Реактивный азот — термин для различных соединений азота, которые, прямо или косвенно, поддерживают рост.

в закись азота превратится 1–2% реактивного азота, попадающего в почву в виде навоза животных или удобрений, используемых для выращивания корма (или зерна, используемого в качестве корма).

Эти расчеты могут быть грубо занижены. Согласно сравнительно недавней оценке известного атмосферного химика Пауля Крутцена и его коллег, существует вероятность того, что 4–5% всего реактивного азота, распространяющегося в окружающей среде, в конечном итоге преобразуется в закись азота.

Мы до сих пор предполагали, что большая часть закиси азота, поступающая в атмосферу, происходит из естественных источников, но если Крутцен и его команда правы, их роль может быть намного меньше. Что еще более важно, в будущем мы должны ожидать очень большие и постоянно растущие выбросы из наших сельскохозяйственных почв. Например, в Финляндии поля, которые были организованы на территории расчищенных торфяников, а затем заброшены тридцать лет назад, по-прежнему производят почти столько же выбросов закиси азота, сколько и во времена их обработки и удобрения.

Другими словами, производство мяса и другой животноводческой продукции может вызывать гораздо более высокие выбросы закиси азота из почв, чем мы считали, и большая часть выбросов, классифицируемых в настоящее время как «выбросы из естественных почв», может фактически являться «сельскохозяйственными выбросами».

Этот вопрос заслуживает большего внимания исследователей. И, возможно, нам следует обратить пристальное внимание на предупреждение Пауля Крутцена, поскольку он, в конце концов, единственный современный ученый-климатолог, удостоенный Нобелевской премии в области науки. Он был

первым ученым, который предсказал озоновую дыру над Антарктикой и объяснил механизмы, позволяющие хлорфтоглеродам, соединениям азота и другим химическим веществам разрушать стратосферный озон. Он также был первым, кто еще до Карла Сагана указал, что термоядерная война, вероятно, вызовет «ядерную зиму». Другими словами, Крутцен был одним из важнейших естествоиспытателей конца XX и начала XXI века, и странно, что его предупреждения о закиси азота не были восприняты более серьезно.

Важно более точно определить, сколько закиси азота в настоящее время производится коровьим навозом и азотными удобрениями в различных условиях и сколько в конечном итоге может быть выброшено в атмосферу до того, как весь дополнительный реактивный азот будет потреблен.

Что если команда Крутцена права? Это может означать следующее: если мы продолжим увеличивать потребление мяса на душу населения, в то время как население мира возрастет до 9–11 млрд человек, наши будущие выбросы закиси азота из сельскохозяйственных почв, — в пересчете на углекислый газ, — могут, наконец, приблизиться к действительно пугающему количеству.

Существует также еще одна более пугающая и менее признанная проблема, связывающая сельхозживотных и закись азота: выбросы закиси азота из океана.



## **2.**

# **Угроза из бездны: животноводство и океанические выбросы закиси азота**

Согласно последним исследованиям, большая часть океанических выбросов закиси азота производится в гипоксических (обедненных кислородом) зонах — вода в этих зонах если не полностью, то по большей части аноксична (в ней очень мало кислорода). Задействованные в этом химические процессы довольно сложны (как и вся химия азота) и еще не до конца изучены. Все еще обнаруживаются новые цепочки реакций, так что в будущем картина вряд ли станет более простой.

Производимую морями закись азота можно разделить на две основные группы: из глубоководного моря и из мелководных морей.

Все эти выбросы все еще классифицируются как естественные, но ряд ученых, включая Джеймса Гэллоуэя из Университета Виргинии, начал заявлять, что на самом деле это не соответствует действительности. Похоже, что деятельность человека играет большую и возрастающую роль по крайней мере в различных эвтрофных мелководных морях вблизи густонаселенных прибрежных районов.

Многочисленные исследования показали, что высокая нагрузка питательными веществами

увеличивает количество живого планктона и морского снега (мертвого планктона) и может привести к гипоксическим или аноксическим условиям из-за высокого биологического потребления кислорода таким мусором. Высокое содержание азота в воде и сильное расслоение водных объектов также увеличивают выработку закиси азота.

Если увеличивается количество питательных веществ, переносимых реками, поверхностным стоком и другими механизмами в мелкие моря, то образуется намного больше планктона, больше планктона падает на дно в виде морского снега, и образуются многочисленные и более обширные (чем в полностью естественных условиях) гипоксические и аноксические зоны.

Однако точный вклад таких гипоксических или аноксических зон мелководных прибрежных районов в общие океанические выбросы закиси азота все еще остается неясным из-за нехватки данных. У нас нет точных измерений для большинства мелководных морских участков. По некоторым из них практически не было собрано никаких данных.

Тем не менее существующие оценки дают нам основания для беспокойства. Измерения, проведенные на континентальном шельфе Индии в конце 1990-х годов, показали, что выбросы закиси азота возросли и что мелководные районы вокруг Индии уже производят по меньшей мере 390 000 тонн закиси азота в год. Исследователи, проводившие оценку, подчеркнули, что их показатели следует рассматривать как минимально возможные значения, поскольку большое количество азота и закиси азота, несомненно, было вынесено из шельфовой зоны в более широкое море. Другими словами, часть выбросов, вызванных

загрязнением прибрежных вод, поступала в атмосферу гораздо дальше от береговой линии.

По существующим оценкам, европейские прибрежные воды производят от 330 000 до 670 000 тонн закиси азота в год, а эстуарий Янцзы и прилегающая морская территория — от 8 800 до 39 600 тонн закиси азота в год.

Казалось бы, эти цифры не заслуживают того, чтобы бить тревогу, поскольку, даже если мы используем верхний предел этих оценок, потенциал глобального потепления 1,1 млн тонн закиси азота будет эквивалентен «только» 330 млн тонн углекислого газа, а наши общие антропогенные выбросы углекислого газа уже превышают 35 000 млн тонн в год.

Однако, помимо европейских вод, прибрежных районов Индии и ближайших окрестностей эстуария Янцзы существует довольно много мелководных морей. В Северной Америке имеются крупные мелководные морские районы, включая Чесапикский залив и часть Мескианского залива. У нас есть Персидский залив и обширные мелководные морские зоны Китая, Индонезии, Вьетнама, Малайзии, Камбоджи, Таиланда, Бирмы, Бангладеш, Японии, Северной и Южной Кореи, Филиппин, России и других. По большинству из этих областей нет полных данных о выбросах закиси азота, но если бы они были, то общая сумма могла бы быть намного больше, чем кто-либо ожидал. Отсутствие доказательств не является доказательством отсутствия, и нет оснований полагать, что, например, мелкие воды Китая и Индонезии, которые ежегодно получают огромные количества азота и других питательных веществ, не будут производить значительное количество закиси азота.

Некоторые измерения были также проведены в этих наименее изученных морях, но данные настолько разрозненны, что ученые неохотно давали даже предварительные оценки общих выбросов. Они сообщили только о том, что наблюдали выбросы, эквивалентные 0,8–28 миллимолям на  $\text{м}^2$  в год из эстуария Брисбена; 1,3–1,9 миллимолям на  $\text{м}^2$  в год из эстуариев Индонезии; 3,2–5,6 микромолям на  $\text{м}^2$  в день из прибрежных вод Южно-Китайского моря или 25–287 наномолям на  $\text{м}^2$  в час в обедненной кислородом зоне Мексиканского залива.

Если мы переведем эти зашифрованные сообщения на понятный язык, то моль означает 600 000 миллионов миллионов миллионов атомов определенного элемента или молекул химического вещества, что эквивалентно относительной атомной массе атома или молекулы — в граммах. Относительная атомная масса азота составляет 14, а относительная атомная масса кислорода — 16. Относительная атомная масса закиси азота, содержащей два атома азота и один атом кислорода, составляет 44, и, таким образом, один моль закиси азота имеет вес 44 г. В году 8 784 часа и один гектар эквивалентен 10 000  $\text{м}^2$ . Следовательно, выброс в размере 287 наномолям в час на  $\text{м}^2$  составляет 11 190 тонн в год на 1 млн  $\text{км}^2$ . 3,2–5,6 микромоль в день на  $\text{м}^2$  означает 51 533–90 000 тонн в год на 1 млн  $\text{км}^2$ , или 180 000–315 000 тонн на 3,5 млн  $\text{км}^2$ , что соответствует площади всего Южно-Китайского моря.

В 2000 году все еще предполагалось, что общее количество закиси азота, производимое всеми мелкими прибрежными морями мира, включая эстуарии, составляет всего около 820 000 тонн. Это больше не кажется правдоподобным, поскольку более точные измерения выявили значительные

выбросы из многих мелководных морей. Еще в 2004 году Джеймс Гэллоуэй и его коллеги утверждали, что мы должны переклассифицировать 2,4 млн тонн выбросов закиси азота из мелководных прибрежных морей и пресных вод в антропогенные выбросы. По их оценкам, около 2,5% от примерно 60 млн тонн активного азота, ежегодно поступающего во внутренние воды и прибрежные моря, уже тогда выбрасывались в атмосферу в виде закиси азота.

«Длинная тень животноводства» упоминала эту проблему, но пришла к несколько неожиданному выводу, что вклад животноводческого сектора в эти выбросы может составлять всего 0,3 млн тонн или 13% от общего объема. Эти расчеты не кажутся правдоподобными, учитывая, что в то время около 57% всего активного азота, производимого в результате сельскохозяйственной деятельности, приходилось на мочевину и навоз скота и еще 11% — на удобрения, используемые для выращивания кормов.

В этой связи ФАО почему-то предположила, что навоз и мочевина, производимые домашним скотом, не являются частью азотной нагрузки на прибрежные и внутренние воды, и что относительный вклад удобрений, используемых для производства продовольствия, выше, чем у удобрений, используемых для выращивания кормов. Это странно, потому что в том же докладе сказано, что навоз имеет более высокий уровень потерь азота, чем химические удобрения.

На мой взгляд, это упущение выглядит как непреднамеренная ошибка. Когда всесторонний и обширный доклад имеет большое число авторов, координация работы всегда сопряжена с трудностями и случаются ошибки.

В любом случае, этот вопрос заслуживает немедленного внимания, поскольку, если приток

питательных веществ в мелководные моря будет увеличиваться, так что общая площадь аноксических и гипоксических зон также продолжит расширяться, то в будущем следует ожидать гораздо больших выбросов закиси азота из этих зон.

Другим основным источником океанических выбросов закиси азота является глубокий океан, глубоководные районы которого обеднены кислородом. Значительная часть выработки закиси азота в глубоководных районах сосредоточена в крупных зонах апвеллинга<sup>6</sup>, таких как прибрежные районы Перу и Чили, где производство биомассы может быть в 1 700 раз выше, чем в среднем по всему Мировому океану, из-за обильного поступления питательных веществ на поверхность из глубин в результате сильных течений апвеллинга. В таких условиях может производится столько планктона, что воды вблизи морского дна становятся полностью или почти полностью аноксическими из-за чрезмерного биологического потребления кислорода медленно разлагающимся морским снегом, падающим на дно моря. Например прибрежные районы Перу производят от 200 000 до 900 000 тонн, а Аравийское море — от 330 000 до 700 000 тонн закиси азота в год.

Зоны апвеллинга — это естественное явление, и предполагается, что весь поток закиси азота с глубин состоит из природных выбросов, не имеющих отношения к человеческой деятельности.

Однако больше нет уверенности, что это именно так. В опубликованной в журнале *Science* в июне 2015 года научной работе Эндрю Бэбин, Даниэль Бьянки, Амар Джаякумар и Бесс Уорд отмечали, что выбросы закиси азота с обедненных кислородом океанических глубин могли

---

<sup>6</sup> Апвеллинг — подъем глубинных вод океана к поверхности.

возрасти и, возможно, были серьезно недооценены. Согласно их измерениям, так называемая восточно-тропическая северо-тихоокеанская зона кислородного минимума (ЗКМ), по-видимому, выбрасывает в атмосферу более 2 млн тонн закиси азота в год с территории площадью около 1,5 млн км<sup>2</sup>.

Кроме того, теперь представляется возможным, что на глубоководное производство закиси азота уже влияют антропогенные факторы, то есть мы, и что в будущем наше влияние может стать гораздо более значительным. По данным Бэббина, Бьянки, Джаякумара и Уорд, общее текущее производство закиси азота в водах восточно-тропической северо-тихоокеанской ЗКМ примерно в 20 раз превышает его количество, выбрасываемое в атмосферу. Иными словами, химические реакции, в результате которых образуется закись азота, и реакции его разрушающие почти уравновешивают друг друга, а наблюдаемые в настоящее время выбросы закиси азота являются лишь «остаточными». Это означает, что относительно небольшие антропогенные воздействия могут кардинально изменить баланс и в будущем приведут к значительному увеличению выбросов закиси азота из уже существующих зон кислородного голодаания в океанах. Относительно небольшая дополнительная нагрузка питательными веществами может также создать новые обедненные кислородом зоны на океанских глубинах в районах, которые получают лишь небольшое количество кислорода через различные глубоководные или нисходящие океанические течения.

В недавнем докладе ЮНЕП<sup>7</sup> прогнозировалось, что выбросы закиси азота в океане и на суше могут удвоиться к 2050 году, но это только обоснованные подсчеты. Реальность может быть еще хуже.

---

<sup>7</sup> ЮНЕП — программа ООН по окружающей среде.

Чем больше азота попадает в моря, тем больше закиси азота может образовываться. Аналогичным образом, чем шире гипоксические и аноксические водные объекты, тем больший процент всего этого азота может быть преобразован в закись азота. У нас около 40 млн км<sup>2</sup> мелководных морей и 310 млн км<sup>2</sup> глубоких морей, большая часть которых, в конечном счете, может стать гипоксической, если мы продолжим сбрасывать в наши реки все возрастающее количество азота и других питательных веществ.

Нам необходимо срочно провести больше — гораздо больше — исследований по этому вопросу.

### **3. Коровы, навоз и метан**

Хотя источники и стоки метана, другого важного парникового газа, гораздо лучше изучены, чем источники и стоки закиси азота, даже в этой области знаний все еще существуют серьезные пробелы.

Мы знаем, что в настоящее время источники и стоки метана почти уравновешивают друг друга и что количество метана в атмосфере за год увеличивается всего лишь примерно на 6 млн тонн. Этот показатель улучшился, поскольку в 1980-х годах накопление метана в атмосфере составляло в среднем 34 млн тонн, а в 1990-х годах — 17 млн тонн в год. С тех пор мы смогли сократить выбросы метана на свалках, при добыче нефти и газа, а также в результате утечек из газопроводов и сетей доставки газа.

Об этих цифрах мы можем говорить уверенно, так как концентрацию метана в атмосфере можно измерить. Тем не менее, различные методологии все еще дают удивительно разные оценки глобальной эмиссии метана. Оценки общих годовых выбросов и стоков метана по-прежнему варьируются от 450 до 790 млн тонн.

Согласно одному авторитетному расчету, выполненному Институтом космических исследований имени Годдарда в NASA, общий объем выбросов метана в мире составляет 450–500 млн тонн в год, из которых 5% приходится на очистку сточных вод, 6% — на свалки, 8% — на сжигание биомассы,

12% — на выращивание риса, 16% — на одомашненных животных и 5% — на отходы животноводства, 4% — на термитов, 22% — на заболоченные территории, 19% — на нефть, газ и уголь (добыча полезных ископаемых, транспортировка и конечное использование) и 3% — на океаны. В тоннах это означает следующее:

- заболоченные территории — около 100 млн тонн в год;
- терmitы — 15–20 млн тонн в год;
- океаны — 10 млн тонн в год;
- выращивание риса — 30–60 млн тонн в год;
- животные — 80 млн тонн в год;
- ископаемое топливо — 80–120 млн тонн в год;
- сжигание биомассы — 10–50 млн тонн в год;
- свалки — 25 млн тонн в год.

Вероятно, многие из этих расчетов признаются как достоверные, но некоторые из них основаны на недостаточном количестве исследований. Как я уже упоминал ранее, по оценкам некоторых исследований, глобальное поглощение метана гидроксильными радикалами и некоторыми другими механизмами удаления метана из воздуха может фактически составлять 785 млн тонн. Если эта оценка была более или менее точной, то некоторые из уже существующих источников метана должны быть более объемными, чем предполагалось.

Несмотря на то, что нынешний дисбаланс источников и стоков метана относительно невелик, это может быстро измениться в худшую сторону, если некоторые крупные источники метана увеличатся в размерах. Это может произойти, особенно если выяснится, что источники метана, обладающие наибольшим потенциалом роста, уже выделяют гораздо больше метана, чем мы предполагали.

## Решение сложных задач расчета потенциала глобального потепления метана

Поскольку молекула метана содержит пять атомов ( $\text{CH}_4$ ), а не три, это гораздо более эффективный парниковый газ, чем углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ): его молекулы вибрируют больше, когда на них воздействует инфракрасное излучение от океанов и континентов, пытающиеся выбраться с нашей планеты в Космос. Эта вибрация молекул также известна как тепло.

Пока метан остается в воздухе, он нагревает планету примерно в 100 раз эффективнее, чем углекислый газ. Однако, время жизни метана короче, чем у углекислого газа. Поэтому относительная важность метана и углекислого газа как парниковых газов зависит от временных рамок, используемых в расчетах. Поскольку мы принимаем во внимание, что большая часть метана скоро исчезнет, а количество углекислого газа будет продолжать накапливаться десятилетиями, мы не должны учитывать тепловое воздействие метана.

По последним оценкам МГЭИК (Межправительственной группы экспертов по изменению климата), в качестве парникового газа метан в 86 раз эффективнее, чем углекислый газ, если мы используем в наших расчетах довольно короткий 20-летний период. Однако в столетней перспективе парниковая активность метана снижается до показателя — в 34 раза эффективнее углекислого газа. Эти цифры основаны на сравнении в тоннах и означают, что одна тонна метана нагревает планету сильнее, чем тонна углекислого газа, в 86 раз — или в 34 раза — в зависимости от продолжительности периода, для которого производятся расчеты.

В отличие от других основных парниковых газов, метан также оказывает косвенное воздействие на глобальное потепление. Это вызывает некоторые дополнительные сложности в расчетах. Молекулы метана, попадающие в верхнюю тропосферу или нижнюю стратосферу, порождают перистые, разреженные и холодные высокие облака, состоящие из крошечных кристаллов льда. Этот вид высоких облаков нагревает планету, в отличие от низкоуровневых облаков, которые состоят из крошечных капель воды и оказывают преимущественно охлаждающее воздействие. Кроме того, метан может также оказывать тепловое воздействие благодаря своему влиянию на частицы атмосферных аэрозолей.

По словам Джеймса Хансена из NASA, — вероятно, самого известного в мире климатолога, — если учитывать в расчетах это косвенное воздействие, то в течение следующих ста лет одна молекула метана может нагревать Землю так же, как это делают 33 молекулы углерода. Эта оценка даже выше, чем новый показатель МГЭИК, поскольку мы также должны учитывать различия в молекулярной массе молекул метана и углекислого газа.

По сути, это означает, что определение относительной значимости метана, углекислого газа и других парниковых газов является политическим выбором. Наука не может предоставить единственно верную цифру, поскольку результаты расчетов зависят от временных рамок, которые в них используются, и от того, включены ли косвенные тепловые воздействия.

Это также значит, что нельзя говорить об ошибочности позиции *Worldwatch*, когда он настаивает на том, чтобы в расчетах использовался более короткий период времени; или что ФАО права, когда использует нынешний стандарт МГЭИК,

рассчитанный на 100 лет. Обе точки зрения являются корректными, даже если дают разные цифры и проценты для различных секторов экономики.

В столетней перспективе значение секторов, производящих много углекислого газа и относительно небольшое количество метана, таких как жилищный сектор и транспорт, выглядит доминирующим, а значение секторов, производящих огромное количество метана, особенно животноводство и добыча природного газа методом гидравлического разрыва пласта, выглядит относительно незначительным. Однако, если использовать 20-летние или 50-летние рамки, последствия производства мяса и газовой промышленности становятся более серьезными, тогда как вклад других секторов начинает выглядеть намного менее значительным.

Как я уже говорил, научных ответов на эту дилемму быть не может, потому что и 20-летняя, и 100-летняя перспективы имеют смысл. Выбор временных рамок, которые мы используем в наших расчетах, является политическим решением.

Есть еще одна сложность: если выбросы метана вырастут слишком сильно, они могут превзойти самый важный механизм очистки атмосферы, которыми являются гидроксильные радикалы — на их долю в настоящее время приходится более 90% глобального поглощения метана.

Гидроксильные радикалы образуются под воздействием сильного ультрафиолетового излучения и почти сразу же разрушаются в результате химических реакций окисления метана и многих других загрязнителей воздуха, тем самым удаляя их из атмосферы. В настоящее время образуется достаточно гидроксильных радикалов для относительно быстрого удаления опасных загрязнителей из воздуха, особенно в тропиках. Однако, если выбросы метана,

угарного газа (СО) и многих других видов загрязнителей значительно возрастут, этот баланс может измениться.

Особенно внутри треугольника Индия-Китай-Индонезия загрязнение воздуха приближается к уровню, при котором оно опасно превышает уровень образования гидроксильных радикалов. В такой ситуации все большая часть произведенных загрязнителей воздуха начнет оставаться в атмосфере на более долгие периоды времени. Уровень загрязнения продолжит расти изо дня в день и из года в год, даже если объем производства новых загрязнителей останется на прежнем уровне.

Этот сценарий, который британский писатель-исследователь Фред Пирс назвал «гидроксильным холокостом», будет настолько катастрофическим, что я не очень хочу думать о том, к чему это приведет людей в реальной жизни. Также этот сценарий предполагает возможность увеличения среднего времени жизни молекул метана и относительного потенциала глобального потепления метана.

### Энтеральная ферментация: метан из кишечника сельхозживотных

Большинство источников сходятся во мнении, что количество метана, ежегодно производимого в кишечнике различных домашних животных, особенно коров и азиатских буйволов, составляет около 80–100 млн тонн. Кроме того, предполагается, что навоз сельхозживотных может производить еще 10 млн тонн метана.

ФАО утверждает, что домашний скот может ежегодно вырабатывать 110 млн тонн метана, что эквивалентно 2,2 млрд тоннам углекислого газа.

По данным ФАО, это 35% текущих антропогенных выбросов метана.

Измерить количество метана, выделяемого в воздух коровами, не так легко, как можно подумать. Были опробованы различные методы, как на открытом воздухе, так и в помещении; каждый из методов имеет свои особенности, связанные с точностью, практичностью или тем и другим. Как бы то ни было, к настоящему времени проведено так много измерений с использованием различных методологий, что в общей картине не должно оставаться никаких больших загадок.

Но небольшие ревизии оценок все еще могут иметь место. Недавнее исследование Университета штата Пенсильвания с использованием автоматизированной системы головной камеры (AHCS) показало, что средний выброс метана составляет 523 гр на корову в день, что составляет 191 кг в течение всего года. Возможно, это исследование заслуживает большего внимания потому, что используемый в нем метод, вероятно, является исключительно точным, а зарегистрированные в исследовании выбросы оказались выше, чем ожидалось.

### Выбросы метана из навозных озер: наименее привлекательная тема исследований в мире?

По данным Министерства сельского хозяйства США, только в США скотоводство ежегодно производит 1,6 млрд тонн отходов. Достаточно ли мы знаем о выделении метана из навоза животных?

Похоже, что это опять наименее изученный вопрос и лишь относительно небольшое число исследований действительно пытались оценить

масштаб проблемы. Наверное, нам не стоит удивляться, почему. Что может быть еще менее привлекательным и менее сексуальным объектом исследования, чем газообразные выбросы в атмосферу из огромных прудов дерьма?

Проблема усугубляется стремительным расширением животноводческого производства. Растущая доля производства мяса и молока уже в руках небольшого числа крупных корпораций. Компании, управляющие гигантскими животноводческими комплексами, не стремятся измерять или публиковать оценки количества метана, выделяемого в атмосферу их выгребными ямами.

Согласно исследованию, проведенному в Канаде, навозный резервуар канадской свиноводческой фермы, насчитывающей 1 400 животных, производит 7 600 кг метана в течение одного года. Типы животных на ферме, вероятно, был достаточно репрезентативными для нашей глобальной популяции свиней, потому что животные включали 105 свиноматок (со средним весом 225 кг), 330 поросят-сосунков (средний вес менее 6 кг), 525 поросят-отъемышей (18 кг) и 420 особей из откормочного поголовья (60 кг). Диаметр резервуара составлял 39 м, а его глубина — 3,7 м. Годовое производство метана составило 6,3 кг на м<sup>2</sup>.

Если мы предположим, что это соответствует среднему мировому показателю, то навоз примерно одного миллиарда свиней в настоящее время производит 5,5 млн тонн метана в год. К сожалению, мы не знаем, близко ли это к среднему показателю или нет. С одной стороны, по-прежнему есть много свиней, которые могут свободно пастись, а их навоз по-прежнему разбрасывается на полях, вследствие чего образуется очень мало метана. С другой стороны, существуют данные, что

примерно 70% свиней в мире уже живут в условиях промышленных ферм. На крупных промышленных фермах навоз скапливается в больших стоячих прудах или навозных озерах и хранится там дольше, чем в канадском исследовании. Это означает, что фактический средний мировой показатель в расчете на одно животное уже сейчас может быть значительно выше, чем в вышеуказанном случае. Мы просто не знаем и никогда не узнаем, пока не уделим этому вопросу гораздо больше внимания.

Согласно исследованию, проведенному в США, навоз одной коровы может производить до 29 кг метана в год даже на относительно небольших фермах с примерно ста коровами. Если предположить, что это среднее значение для 1,4 млрд голов скота в мире, то ежегодные выбросы метана из коровьего навоза составят около 40,6 млн тонн. Это означает, что только навоз свиней и коров производит в четыре с половиной раза больше метана, чем производит навоз всех сельхозживотных по текущим оценкам.

Опять же, я должен добавить, что мы не знаем, близка ли эта цифра к среднемировому показателю. С другой стороны, мы точно знаем, что из-за продвижения модели промышленного животноводства растет доля коровьего навоза — как и навоза свиней, — которая продолжает храниться в огромных навозных озерах, и в таких условиях более высокий процент навоза не может не производить еще больше метана, чем это было бы, например, на относительно небольших фермах с сотней животных. Обычная корова определенно производит в несколько раз больше навоза, чем обычная свинья. Кроме того, нам еще нужно учесть метан из куриного помета.

Упомянутые мною исследования можно назвать анекдотическими примерами, но они дают основания для серьезного беспокойства. Возможно, выбросы метана из бесчисленных навозных озер, производимых промышленными фермами, уже значительно превышают предполагаемые в настоящее время 10 млн тонн в год. Если не будут приняты корректирующие шаги, такие выбросы будут увеличиваться как по мере роста производства мяса и молока, так и по мере распространения модели промышленного животноводства. Чем больше доля коров и свиней, выращиваемых на промышленных фермах, тем больший процент навоза будет храниться в огромных навозных озерах в течение продолжительного периода времени, и большее его количество будет выделять метан, а не углекислый газ.

К сожалению, вы еще не слышали худшего.

## **4.**

### **Угроза из мелководья: сельхозживотные, эвтрофикация и водные выбросы метана**

Согласно подсчетам, проведенным в 1990-х годах, различные водные или полуводные источники могут производить около 190–250 млн тонн метана.

Из них 115–147 млн тонн приходилось на заболоченные территории, 15–20 млн тонн — на океаны, 25 млн тонн — на городские и промышленные сточные воды и 30–60 млн тонн — на влажные рисовые поля.

Наиболее примечательным в этих ранних оценках было отсутствие данных по озерам и рекам, а также по искусственным водохранилищам с плотинами.

С тех пор было проведено множество исследований, которые показали, что в этих данных есть серьезные упущения. Ученые нескольких десятков стран доказали, что значительное количество метана имеет тенденцию выделяться в воздух как из естественных озер, так и из водохранилищ, созданных вместе с плотинами.

До сих пор нет четкого консенсуса относительно точного размера этих выбросов. Одно авторитетное исследование пришло к выводу, что природные озера могут ежегодно производить

83 млн тонн метана, а созданные плотинами водохранилища — еще 20 млн тонн. Однако по другим оценкам, только искусственные водохранилища могут производить до 104 млн тонн.

Самое главное, исследования показали, что между различными пресноводными водоемами существуют огромные различия в производстве метана. Согласно измерениям, гетеротрофные озера, в воде и донных отложениях которых содержится небольшое количество питательных и органических веществ, производят лишь 0,078 г метана на 1 м<sup>2</sup> в год. На другом конце спектра — суперэвтрофные озера с огромными биогенными нагрузками и массами органических веществ, которые производят до 19,044 г метана на 1 м<sup>2</sup> в год. Если вместо квадратных метров использовать гектары, то измеренные годовые выбросы метана варьируются от ошеломляющих 190 тонн до скромных 0,78 кг. Другими словами, между наибольшими и наименьшими выбросами, измеренными на гектар земли, имеется разрыв в 243 590 раз, то есть почти шесть полных порядков.

Несомненно, степень эвтрофикации является фактором, оказывающим наибольшее влияние на выбросы. Водохранилища и озера, получающие большие биогенные нагрузки, могут производить огромные массы водных растений и одноклеточных водорослей. Если процесс биологического разложения всей этой растительной материи задействует достаточно высокие объемы кислорода, это делает озера и водохранилища гипоксическими (страдающими от недостатка кислорода) или даже полностью аноксическими (где кислород отсутствует). Гипоксические и аноксические озера и водохранилища могут производить очень большое количество метана.

Выбросы метана из естественных озер, рек и заболоченных территорий, а также из мелководных морей до сих пор классифицируются как природные, а не антропогенные выбросы парниковых газов, но это противоречит тому, что есть на самом деле. Мы точно знаем, что биогенные нагрузки и эвтрофикация увеличивают выбросы метана из пресноводных водоемов, и мы знаем, что бесчисленные озера, пруды и реки уже стали эвтрофными благодаря поступившим в них питательным веществам. Поэтому вполне очевидно, что некоторые из этих выбросов метана — и, возможно, подавляющее большинство из них — были вызваны деятельностью человека. То же самое относится и ко многим заболоченным территориям, особенно если они использовались как пастбища, или предоставляли бесплатные услуги по очистке городских сточных вод, или если они получали неестественно большие биогенные нагрузки из-за разлива рек.

Наиболее важным источником питательных веществ в большинстве случаев было сельское хозяйство, особенно животноводство. Во многих местах муниципальные сточные воды и промышленные предприятия также сыграли свою роль, но их влияние, как правило, — более концентрированное и локальное. Питательные вещества из навоза сельхозживотных или органических и химических удобрений влияют если не на все, то на большинство пресноводных водоемов, которые располагаются в густонаселенных районах.

Пока невозможно точно сказать, какая часть биогенной нагрузки обусловлена производством мяса, молока и других продуктов животного происхождения и какую часть этой нагрузки следует отнести к другим формам сельского хозяйства. Существуют миллионы различных локальных

ситуаций, и это не является приоритетным направлением исследований.

Однако уже десять лет назад навоз и мочевина сельхозживотных содержали на 35% больше азота, чем химические удобрения, производимые во всем мире, причем 25% из них использовались для выращивания кормов для животных. Сегодня численность крупного рогатого скота и свиней увеличилась, они производят еще больше навоза и мочевины и на производство их корма тратится примерно третья часть всех удобрений в мире. Навоз также содержит много фосфора и других питательных веществ, и, по сравнению с химическими удобрениями, большая часть его питательных веществ, как правило, вымывается в реки и озера. Кроме того, выпас скота приводит к сокращению растительного покрова, который защищает почву от эрозии. Это увеличивает нагрузку питательными веществами, которые вымываются из почв лесов, полей и пастбищ в озера, реки и заболоченные территории.

У нас недостаточно данных, но, вероятно, есть очень веские основания считать, что животноводство ответственно за значительное количество и, возможно, даже большую часть выбросов метана из различных пресноводных водоемов. В моей родной стране, Финляндии, есть тысячи случаев, когда сброс питательных веществ в сточные каналы с одной сравнительно небольшой фермы, производящей молочные продукты и мясо, приводил к экстремальной эвтрофикации мелкого озера.

Все это — не природные выбросы, и они не должны классифицироваться как таковые!

Примерно таким же образом выбросы метана в атмосферу из водных резервуаров не приписываются животноводству. Они были классифицирова-

ны как антропогенные, но относящиеся к энергетическому сектору. Действительно, крупные плотины, помимо обеспечения ирrigации и водоснабжением городов и промышленных предприятий, тепловых и атомных электростанций, как правило, также производят и электроэнергию. Тем не менее, определенная доля выбросов метана из водохранилищ, безусловно, была произведена одноклеточными водорослями и водными растениями, выросшими благодаря питательным веществам, которые распространялись на окружающих водоемы землях в виде навоза или удобрений, а затем вымывались дождевой водой в водохранилище.

Подводя итог, можно сказать, что подавляющая доля выбросов метана из водохранилищ, пресноводных озер, рек, мелких морей и, возможно, также с некоторых заболоченных территорий ирисовых полей должна находиться на производство мяса, молока и других продуктов животного происхождения.

Ученым следует разработать методологии, с помощью которых мы можем хотя бы приблизительно определить, какой процент всех этих выбросов следует классифицировать как антропогенные, а не природные, какой процент антропогенного вклада обусловлен животноводством, а какой — другими видами сельского хозяйства или городскими и промышленными сточными водами.

В любом случае, самое важное в этом контексте — осознать, что, каковы бы ни были нынешние размеры выбросов метана из различных водоемов, вызванные животноводством, в ближайшем будущем эти выбросы могут увеличиться, если мы не предпримем ряд корректирующих мер.

Следует также иметь в виду, что это может произойти, даже если количество питательных

веществ, ежегодно поступающих в различные пресноводные водоемы, останется на прежнем уровне или даже в некоторой степени уменьшится. Эвтрофикация — это кумулятивный процесс. После того, как критический порог будет преодолен, даже относительно небольшое дополнительное количество питательных веществ может сделать водоем более гипоксическим и увеличить выбросы метана. В настоящее время мы продолжаем добавлять в наши почвы активный азот и другие питательные вещества. На практике это означает, что мы берем на себя ответственность за приток питательных веществ в бесчисленные озера и реки на годы или десятилетия вперед. Даже если мы не будем разбрасывать новый навоз или удобрения на полях, потребуется некоторое время, прежде чем они перестанут выделять питательные вещества в наши водные системы. Корректирующие действия всегда возможны, даже после нанесения значительного ущерба, но удаление избыточных питательных веществ из десятков миллионов озер и миллионов рек и небольших ручьев было бы огромным и дорогостоящим мероприятием.

Дополнительные биогенные нагрузки, которые поступают в реки, также увеличивают выбросы метана из мелководных морей, но это кажется относительно небольшой проблемой. По существующим оценкам, прибрежные воды Европы производят от 350 000 до 750 000 тонн метана в год, а Восточно-Китайское и Желтое моря вместе выделяют лишь немногим более 70 000 тонн метана. Бактерии, производящие метан, предпочитают пресную воду соленой. Аналогичным образом, похоже, что океаны лучше, чем пресноводные озера, подходят для образования закиси азота. Согласно оценкам, китайское высокоэвтрофное озеро Байяндянь про-

изводит 114 тонн закиси азота в год, но это одно из крупнейших озер в Китае, площадь которого составляет 366 км<sup>2</sup>.

## Сколько метана будут вырабатывать наши пресноводные водоемы в будущем?

Количество метана, которое вырабатывается в пресноводном водоеме — природном озере, реке, водохранилище или торфянике с водными поверхностями — зависит от трех факторов: количество органического вещества в воде, уровень насыщенности кислородом (гипоксии или аноксии воды) и температура. Первые два фактора являются наиболее важными.

Чем больше органического вещества производится одноклеточными и более крупными водными растениями, тем больше становится органики, способной производить метан. Чем более аноксичными становятся условия, тем меньше будет вырабатываться углекислого газа и больше — метана. Более высокие температуры также смещают баланс в сторону метанобразующих бактерий, что приведет к меньшему производству углекислого газа и большему производству метана. По этим причинам теоретический максимум того, сколько метана могут в конечном итоге произвести наши озера, пруды, водохранилища и реки, действительно очень высок.

Водные растения растут очень быстро и в эвтрофных условиях могут производить огромное количество биомассы в расчете на один гектар в год. Одним из наиболее известных примеров является водяной гиацинт, мощное тропическое водное растение, которое часто образует толстые плавающие ковры над пресноводными прудами и озерами.

Заросли водяного гиацинта весом 470 тонн на 1 га часто увеличивают свой вес на 5% за один день. Это означает, что их рост может составлять до 800 кг сухой биомассы на 1 га в день.

Одноклеточные водные растения могут достигать еще более впечатляющих темпов роста. Согласно экспериментам, проведенным в США в 1970-х годах, в прудах можно производить 70–200 тонн биодизеля с 1 га в год, выращивая одноклеточные водоросли с высоким содержанием масла и удобряя их, например, городскими сточными водами. Поскольку содержание жирных кислот в наиболее богатых маслом цианобактериях составляет 50–60%, это означает, что одноклеточные водоросли могут в экстремальных условиях превращать до 400 тонн атмосферного углерода с 1 га в год в органические углеродные соединения.

Другими словами, водные растения могут производить огромное количество органических веществ, которые могут опускаться на дно пресноводного водоема и там разлагаться. Когда условия становятся настолько аноксичными (бескислородными), что органика эта распадается на метан, а не на углекислый газ, потенциал глобального потепления даже относительно небольшого водоема может стать действительно впечатляющим. Как упоминалось выше, самый высокий зарегистрированный годовой выброс метана из пресноводного водоема составил приблизительно 190 тонн на 1 га, что почти в четверть миллиона раз больше, чем наименьший зарегистрированный годовой выброс на 1 га.

На нашей планете много озер, прудов, рек и водохранилищ — сотни миллионов гектаров, — поэтому имеет смысл вкладывать больше ресурсов в мониторинг их состояния и делать все возможное

для уменьшения количества питательных веществ, которые ежегодно вымываются в эти пресноводные водоемы с полей, пастбищ и навозохранилищ.

В противном случае выбросы метана из пресноводных водоемов могут постепенно превратиться в один из наших худших парниковых кошмаров.



## **5. Пастбища и деградировавшие леса**

В настоящее время, сжигая ископаемое топливо, человечество выбрасывает в атмосферу приблизительно 8,5 млрд тонн углерода в год. Кроме того, подсчитано, что при уничтожении тропических лесов и осушении торфяников ежегодно выделяется еще 1,5 млрд тонн углерода.

Оценка и подсчет выбросов, возникающих в результате изменений в землепользовании, не так просты и понятны, как расчет выбросов, которые образуются при сжигании угля, природного газа или нефти для производства энергии.

Полное уничтожение лесов и осушение торфяников, очевидно, приводят к выбросам углекислого газа, поскольку происходит резкое изменение количества углерода в расчете на один гектар в надземной и подземной биомассе деревьев, а также в лесной подстилке и верхнем слое почвы.

Однако даже гораздо менее существенные изменения могут повлиять на такие хранилища углерода, как леса. Когда лес деградирует таким образом, что средний размер растущих в нем деревьев уменьшается, — хранилище углерода также уменьшается до доли от его прежнего размера, даже если лес все еще выглядит как лес. Когда очень большие и старые деревья заменяются более молодыми деревьями в открытом редколесье, парках

или сельскохозяйственных угодьях, хранилище углерода уменьшается. Когда почва лесных или сельскохозяйственных угодий или пастбищ обрабатывается таким образом, что в ней уменьшается содержание органического вещества, хранилище углерода тоже уменьшается, что означает, что некоторое количество углерода снова выбрасывается в атмосферу в форме углекислого газа.

Аналогичным образом, всякий раз, когда деревья становятся крупнее, или когда леса, поля или пастбища обрабатываются таким образом, что содержание углерода в верхнем слое почвы увеличивается, содержание углерода в атмосфере снижается.

Люди каждый год совершают сотни миллиардов небольших действий, которые уменьшают количество углерода на определенном участке земли. Всякий раз, когда вы рубите большое дерево, вы уменьшаете количество углерода, хранящегося в древесине на этой конкретной территории. Но в то же время люди делают сотни миллиардов мелких вещей, которые имеют обратный эффект, — увеличивают количество углерода, хранящегося на определенном участке земли, сразу или с большой задержкой. Люди сажают деревья или позволяют старым деревьям расти дальше, вместо того, чтобы вырубать их на бревна или дрова.

Все эти миллиарды действий, которые уменьшают наши хранилища углерода, и миллиарды действий, которые увеличивают их, почти уравновешивают друг друга, так что фактическое различие между тем, что высвобождает углерод, и тем, что его улавливает, составляет лишь малую часть всего углерода, который хранится или высвобождается каждый год. Поскольку мы не можем собрать данные ни с каждого квадратного метра, ни даже с каждого гектара или квадратного ки-

лометра Земли, выбор методов сбора статистики о связанных с землепользованием выбросах углекислого газа и размерах биологических стоков углерода — процессах поглощения углекислого газа за счет роста деревьев и другой растительности — опять-таки в значительной степени носит политический характер.

В настоящее время предполагается, что уничтожение тропических лесов и вырубка и сжигание торфяников освобождают около 1,5 млрд тонн углерода в год, а деревья, растущие за пределами лесов, ежегодно поглощают около 3 млрд тонн углерода.

Это один из способов количественной оценки и описания ситуации. Однако, если бы мы сделали более точные расчеты, тщательно измеряя выбросы и стоки на каждом гектаре планеты, то получились бы совсем другие цифры.

Если бы мы посчитали только постоянные или полупостоянные хранилища углерода в древесине и верхнем слое почвы, то в конечном итоге мы могли бы сказать, что биологические стоки углерода составляют 21 млрд тонн углерода в год, в то время как выбросы углерода составляют 20 млрд тонн. Я должен подчеркнуть, что эти цифры — всего лишь примеры или предположения о том, какие цифры мы могли бы получить, если бы делали очень тщательные расчеты. Они не основаны на достоверных данных, потому что у нас их недостаточно.

Если бы мы также посчитали недолгосрочные хранилища углерода, такие как листья, травы и мелкие корни в почве, мы могли бы сказать, что экосистемы суши ежегодно поглощают около 51 млрд тонн углерода и высвобождают около 50 млрд тонн обратно в атмосферу. Мы знаем, что 50 млрд тонн — это приблизительно правильный масштаб, а разница в полтора миллиарда тонн

означает, что примерно 1,5 млрд тонн углерода, которые мы ежегодно выбрасываем в атмосферу, куда-то исчезают и не остаются в воздухе в виде углекислого газа и не растворяются в океане в виде угольной кислоты.

Как я уже говорил, точность подсчета углеродных стоков и выбросов из лесов, пастбищ и сельскохозяйственных угодий является весьма произвольной. Но, возможно, имеет смысл считать немного более скрупулезно, чем мы делаем это сейчас, потому что это поможет привлечь внимание к возможностям наиболее рекомендуемых практик землепользования и укажет на недостатки менее рекомендуемых практик.

Не считая Гренландии и Антарктиды, общая площадь Земли составляет около 13,5 млрд га. Частично это гиперзасушливая пустыня, бесплодные горы и арктическая тундра. Но у нас есть почти 10 млрд га земли, на чьи наземные и подземные хранилища углерода можно воздействовать. В настоящее время на них в значительной степени существует суммарная деятельность человека, осуществляемая на этих землях. Если мы хотим абсорбировать огромное количество углекислого газа из атмосферы, чтобы у нас было больше времени на преобразование наших систем производства и хранения энергии, то самый простой и дешевый способ сделать это — изменить наши системы землепользования.

В этом отношении лесное хозяйство является важным сектором, потому что у нас все еще есть 4 млрд га земли, которые классифицируются как леса. Сельское хозяйство также имеет важное значение, поскольку выбранные методы ведения сельского хозяйства могут превратить поле либо в углеродный сток, либо в источник выбросов

углекислого газа и закиси азота. Кроме того, преобразование традиционных полевых ферм в многоуровневые домашние сады может поглотить огромное количество углекислого газа из воздуха. Это уже происходит в очень больших масштабах.

За последние несколько десятилетий жители разных стран Азии, Африки и Латинской Америки уже посадили десятки миллиардов деревьев, в основном производящих пищу фруктовых и ореховых деревьев, на своих землях или на различных типах общинных земель. Многоуровневые домашние сады или садовые леса уже доминируют во многих наиболее густонаселенных районах мира, таких как Ява и Юго-Западная Нигерия. По данным Всемирного центра агролесоводства в Найроби (Кения), почти половина из 2,2 млрд га обрабатываемых земель в мире в настоящее время как минимум на 10% покрыта деревьями. Около 7% полей в мире превращены в несмешанные многоуровневые домашние сады и более чем на 50% покрыты деревьями.

Но с точки зрения поглощения углерода животноводство, безусловно, является наиболее важным сектором по двум разным причинам. Во-первых, растущая доля всех сельскохозяйственных угодий и неуклонно растущий процент химических удобрений используются для производства кормов для животных вместо продуктов питания, предназначенных для непосредственного потребления человеком. Сельхозживотные уже потребляют в общей сложности 800 млн тонн зерна и 250 млн тонн сои в год. Важно отметить, что этого было бы достаточно, чтобы прокормить все население планеты, даже не считая жмыха, рыбной муки и другой питательной пищи, которая также превращается в корм.

Прежде всего, около 6 млрд га используются как пастбища. Это означает, что около двух третей нашей действительно полезной земли отведено под выращивание мяса и других продуктов животного происхождения. Это слишком большая инвестиция.

Несмешанные территории для выпаса скота, которые используются только как пастбища и классифицируются как постоянные пастбища, в настоящее время составляют 3,5 млрд га. Однако у нас также есть огромные площади закрытого и открытого редколесья и лесов, которые, помимо выращивания деревьев, используются в качестве пастбищных угодий, и у нас есть огромное количество заросших кустарником земель, которые образовались в результате чрезмерного выпаса скота и которые вскоре вновь могут быть преобразованы в пастбища.

Каково совокупное климатическое воздействие всех этих моделей и способов выпаса? Никто не знает. Было слишком мало исследований на эту тему, учитывая площадь рассматриваемых земельных участков и то, что речь идет об обширной мозаике очень разных ситуаций в землепользовании.

Тем не менее, я бы сказал, что поля можно разделить на несколько основных категорий или несколько основных моделей землепользования, типичные характеристики которых, вероятно, применимы на очень больших площадях. Эта оценка частично основана на литературных источниках и частично на моем собственном опыте работы в тысячах африканских, азиатских, латиноамериканских и европейских деревень, связанном с различными проектами по посадке деревьев, лесовосстановлению, управлению лесами и домашнему садоводству за последние 35 лет. Все перечислен-

ные ниже виды воздействия в основном являются результатом содержания крупного рогатого скота и других животных в целях производства мяса. Молоко и сыр также играют определенную роль, но то, что касается пастбищ, является незначительным по сравнению с производством мяса.

**Первая категория:** леса, которые превращаются в пастбища или угодья для выращивания корма для сельхозживотных, обычно при помощи повторного сжигания.

Среди наших шести основных категорий это единственная, по которой у нас уже есть относительно надежные данные. Согласно нынешним оценкам, в результате уничтожения тропических лесов в течение одного года в атмосферу выбрасывается около 1,5 млрд тонн углерода, что составляет 15% от общего объема выбросов углекислого газа, производимого человечеством. ФАО говорит, что чуть более 700 млн тонн этого углерода — или 2,7 млрд тонн, если считать в виде углекислого газа, — напрямую вызваны превращением лесов в пастбища или поля, где растут корма для животных.

**Вторая категория:** сельскохозяйственные угодья или пастбища, давно расчищенные от лесов, производство корма или выпас сельхозживотных на которых все еще продолжает снижать содержание углерода в почве.

При расчистке леса под пастбища или сельхозугодья большая часть углерода, содержащегося в надземных частях деревьев, почти мгновенно или,

по крайней мере, относительно быстро высвобождается в атмосферу. Однако, разложение органического углерода, накопленного в почве, — пни, крупные корни глубоко в почве и гумус — занимает гораздо больше времени. Многие деревья имеют мощную систему стержневых корней, которая может проникать глубоко в землю, в крайних случаях на глубину 50 м или даже 100 м. Это происходит даже в тропических лесах. Вероятно, даже в тропических дождевых лесах. Долгое время мы предполагали, что корневые системы деревьев тропических лесов не проникают в землю более чем на один метр или около того, но когда Даниэль Непстад и его коллеги решили исследовать этот вопрос в Амазонии в 1990 году, они продолжали находить корни, даже когда прорыли на 21 метр вниз. Когда деревья вырубаются, даже органическое вещество в таких очень глубоких корневых системах или, по крайней мере, его часть может окончательно разложиться, но это, вероятно, не может произойти быстро.

Даже если мы исключим глубокие корни, пройдет некоторое время, прежде чем лесные почвы перестанут выделять углекислый газ. По примерным оценкам, в Великобритании почвы сельскохозяйственных угодий по-прежнему теряют около 0,6% своего первоначального содержания углерода в год, а крупные обрабатываемые площади потеряли от 50% до 70% своих хранилищ углерода со времен Промышленной революции. Обширная зона бразильской саванны Серраду, которая в основном используется для выпаса скота, вероятно, потеряла 30% или 50% углерода из своих почв.

Другими словами, вполне вероятно, что многие лесные территории, расчищенные под пастбища или поля, продолжают производить выбросы углекислого газа в течение относительно длительного

времени после того, как деревья были срублены. Эти выбросы не включены в официальную статистику, потому что данные о них слишком обрывочны. Но эти выбросы не могут не существовать, потому что многочисленные выборочные исследования указывают на это.

Это еще один серьезный вопрос, который заслуживает большего внимания исследователей. У нас есть миллиарды гектаров земли, которые раньше были лесами, но с тех пор были превращены в пастбища или поля. Если все эти земли — или, по крайней мере, значительная их часть — все еще теряют углерод и выделяют в атмосферу углекислый газ, было бы хорошо иметь лучшее представление о величине этих выбросов.

Предположим, что 2,5 млрд га из 3,5 млрд га постоянных пастбищ в мире и 1,5 млрд га нынешних сельскохозяйственных угодий изначально были лесами. Никто не знает точные цифры, но я буду использовать эти цифры как основу для мысленного эксперимента.

Предположим, что почвы этих 4 млрд га все еще содержат в среднем 50 тонн углерода на 1 га и ежегодно теряют от 0,5% до 1% этого углерода. Это означало бы, что текущие ежегодные выбросы углерода с этих земель все еще составляют 0,25–0,5 тонны на 1 га, а общий объем выбросов составляет около 1–2 млрд тонн в год.

Это, конечно, кажется невозможным, потому что... куда бы делся весь этот углерод?

Если деревья во многих экосистемах имеют гораздо более глубокие корни, чем мы предполагали, то рост всех этих корневых систем в тех местах, где после вырубки снова разрастается лес, и огромное количество корней, ежегодно отращиваемое деревьями, на самом деле должны улавливать гораздо

больше углерода, чем предполагалось. Если некоторые из поглотителей углерода, относящиеся к деревьям и лесным экосистемам, больше, чем было официально оценено, то здесь нет никакой загадки. Более крупные поглотители просто уравновешивают дополнительные выбросы из почвы.

**Третья категория:** естественные луга, превращенные в пастбища.

На естественных лугах, как правило, развиваются богатые углеродом почвы, известные как моллисоли. Моллисоли часто содержат 500 тонн органического углерода на 1 га, а иногда и больше. Когда естественные луга используются под пастбища слишком интенсивно, травы не успевают выращивать семена, новые растения не заменяют старые, и даже самые сильные многолетние травы в конце концов гибнут. Этот процесс называется опустыниванием, потому что он создает пастбища, которые выглядят как гиперзасушливая естественная пустыня, даже в гораздо лучших условиях выпадения осадков. Согласно глобальной оценке деградации земель, от 20% до 70% различных типов пастбищ страдают от чрезмерного выпаса и от различной степени деградации земель.

Исследования, проведенные в Монголии, показали, что содержание углерода в верхнем слое почвы, как правило, было на 30–50% меньше в районах, которые подвергались длительным периодам чрезмерного выпаса скота. Наиболее пострадавшие районы содержали менее 20 тонн органического углерода на 1 га. Территории, которые пострадали не так сильно, но, вероятно, также пережили чрезмерный выпас в течение последних

нескольких столетий, хранили в почве до 160 тонн углерода на 1 га. Примерное содержание углерода в верхнем слое почвы варьировалось от 5% до 1% и в значительной степени зависело от интенсивности выпаса скота.

Исследования лугов Китая и Казахстана показали аналогичные результаты. Огромные районы потеряли по крайней мере одну треть своего почвенного углерода с 1850 года из-за чрезмерного выпаса скота или, в некоторых случаях, возделывания земли. В некоторых районах исследований из-за чрезмерного выпаса скота за 40 лет исчезли 12% почвенного углерода. Одно из исследований показало сокращение количества углерода в верхнем слое почвы с 56–85 тонн до 5–10 тонн на 1 га. Но даже эти данные не отображают общие потери углерода, потому что в исследованиях измерялось содержание углерода только на глубине 20 см. Если бы измерения проводились на глубине 1–2 м, то они, скорее всего, сообщили бы о гораздо более значительных потерях углерода.

В Аргентине было подсчитано, что почвы региона Западный Чако, вероятно, потеряли около 2 000 млн тонн органического углерода после интродукции крупного рогатого скота в этот район. В сильно деградировавших почвах содержалось всего около 15 тонн углерода на 1 га, в то время как в восстановленных землях, которые в течение некоторого времени были защищены от выпаса скота, в среднем содержалось 70 тонн углерода на 1 га. Когда земли Чако были защищены от выпаса скота, содержание углерода в почве стало увеличиваться со скоростью 2,75 тонны на 1 га в год, что является очень значительным количеством.

Согласно «Длинной тени животноводства», североамериканские Великие равнины, вероятно,

потеряли около 50% органического углерода за 50–100 лет из-за выпаса скота и сбора урожая.

К сожалению, не было предпринято каких-либо серьезных попыток оценить, сколько углерода все еще может выбрасываться в атмосферу со всех истощенных лугов мира.

«Длинная тень животноводства» упоминает обе эти проблемы: данную категорию и предшествующую вторую категорию. Тем не менее, в нем говорится, что 180 млн га сельскохозяйственных земель, на которых выращивается корм для скота, могут терять в среднем 27 кг углерода на 1 га в год, что в мировом масштабе составляет 5 млн тонн, и что общие потери углерода пастбищами могут составлять до 27 млн тонн в год. Эти цифры представляются слишком низкими, даже абсурдно низкими, в свете вышеупомянутых результатов исследований.

**Четвертая категория:** леса и редколесья, используемые под пастбища.

В настоящее время в мире насчитывается около 4 млрд га лесов, большая часть которых до сих пор используется в качестве пастбищ. В Африке к этой категории, вероятно, относится большинство лесов и редколесий за пределами зоны тропаносомоза (сонной болезни) и районы первичных тропических лесов. Это же относится к большей части Южной Азии и многих других частей Азии. Подобные практики относительно распространены даже в Северной Америке и Европе.

В большинстве стран было очень мало исследований о воздействии открытого выпаса скота на леса, или же такие исследования не проводились

вовсе. Однако, согласно исследованиям, проведенным в США, воздействие представляется в первую очередь отрицательным. Выпас наносит ущерб деревьям, даже крупным, так что они начинают гнить. Исследование, проведенное в штате Кентукки, показало, что почти все деревья в лесах, которые использовались в качестве пастбищ для скота, в результате имели сердцевинную гниль и дупла. Выпас также имеет тенденцию уплотнять почву и часто препятствует восстановлению леса или, по крайней мере, замедляет восстановление. Крупный рогатый скот и козы едят древесные ростки или топчут их так, что они погибают или, по крайней мере, серьезно повреждены и не могут вырасти большими и здоровыми деревьями. Выпас скота в лесах, создавая уплотненный слой почвы вблизи поверхности, может также препятствовать пополнению водоносных горизонтов и других ресурсов подземных вод. Это важно, потому что деревья обычно могут достигать очень больших размеров только при наличии достаточных ресурсов подземных вод.

На основании этой информации кажется очевидным, что выпас скота уменьшает как надземные, так и подземные хранилища углерода в большинстве лесов, которые используются в качестве пастбищных угодий. Воздействие может быть очень значительным.

Тем не менее, это воздействие не может быть определено количественно, поскольку у нас нет данных по этому вопросу. Мне не удалось найти каких-либо исследований, в которых была бы предпринята попытка измерить, насколько в среднем уменьшились надземные и подземные хранилища углерода в лесах в результате выпаса скота. Нам крайне необходимо больше исследований на

этую тему. Было бы очень полезно и важно иметь хотя бы приблизительное представление о масштабах проблемы.

Основываясь на том, что я увидел собственными глазами вокруг тысяч сельских деревень, которые я посетил в разных частях мира в связи с различными проектами по посадке деревьев, восстановлению и управлению лесами, я бы сказал, что воздействие, вероятно, является значительным. Выпас скота, скорее всего, довольно значительно сократил средние углеродные хранилища в относительно большом сегменте мировых лесов.

На самом деле, это немного удивительно, что мы так мало знаем об этой теме.

**Пятая категория:** районы, которые используются для подсечно-огневого земледелия и выпаса скота.

Во многих районах подсечно-огневое земледелие, основанное на многократном сжигании леса, совмещено с выпасом крупного рогатого скота, козами или другими животными. В течение первого и второго года выжженный участок используется как поле, а затем превращается в пастбище. Это экологически небезопасный метод землепользования, в результате которого хранилища углерода в почве в расчете на гектар сильно сокращаются. Например, в Индии было подсчитано, что земли, используемые для подсечно-огневого земледелия, содержат всего около 40 тонн углерода на 1 га, включая деревья, другую растительность и углерод в верхнем слое почвы. Я вернусь к этому вопросу в следующей главе.

## **Шестая категория:** районы, в которых чрезмерный выпас привел к зарастанию кустарником.

Во всех пяти вышеупомянутых категориях сельхозживотные приводят к сокращению количества углерода, хранящегося в деревьях, другой растительности и почве. Однако существует также одно значимое явление в землепользовании, при котором чрезмерный выпас оказывает обратное воздействие. Это явление известно как закустаривание. Это процесс, при котором луга или редколесья, которые раньше были лишь редко усеяны деревьями, постепенно зарастают колючими деревьями и кустарниками из-за воздействия пасущихся животных. В основном это происходит по двум разным причинам.

Крупный рогатый скот ест только те листья, травы и ростки деревьев, которые он считает съедобными. Если выпас слишком интенсивный, количество съедобных деревьев и трав сокращается, а количество деревьев и кустарников, которые животные не трогают, увеличивается.

Если чрезмерный выпас продолжается в течение длительного времени, в конце концов, останутся только те растения и деревья, которые крупный рогатый скот и козы не могут есть. При их разрастании типичным результатом является непрходимая чаша колючих деревьев. Удаляя большую часть сухой травы, которая легко воспламеняется и горит, скот также может защитить от легко воспламеняющихся кустарников и больших пожаров определенные типы деревьев, пока они еще уязвимы, например небольшие ростки.

Я не смог найти глобальные статистические данные об этом явлении, но, похоже, по крайней мере несколько сотен миллионов гектаров

открытого леса и саванны уже пострадали от зарастания кустарником. Эти территории не выделяют в атмосферу углекислый газ, они — важный и растущий углеродный сток. В Северной Америке было установлено, что саванна, зарастающая кустарником, обычно поглощает из атмосферы около 1 тонны углерода на 1 га в год. Зарастание кустарником увеличивает как надземные, так и подземные хранилища углерода. Почвы африканской саванны обычно содержат от 37 до 54 тонн углерода на 1 га, но это число может увеличиться, если саванну захватывают густо растущие колючие деревья. Следует также помнить, что в засушливых районах от половины до двух с лишним третей биомассы деревьев, как правило, находятся под землей, и что корни деревьев могут проникать на удивительную глубину, на десятки метров ниже поверхности почвы.

Это означает, что если будут предприняты серьезные попытки рассчитать климатическое воздействие домашних животных, углерод, поглощенный в результате зарастания кустарником, должен быть вычен из других выбросов. Зарастание кустарником по сути образуется в результате чрезмерного выпаса скота и является важным углеродным стоком. Однако, здесь есть одна загвоздка. Самый простой способ отвоевать эти районы для использования — это повторное сжигание. Когда колючие заросли превратятся с помощью огня в смешанные подсечно-огневые и пастьбищные угодья или только пастьбища, большая часть накопленного углерода высвободится в атмосферу в виде углекислого газа, а также будет производиться значительное количество других парниковых газов, сажи, свободного водорода и монооксида углерода.

## Упущеные возможности

Мы также должны помнить об «упущенных возможностях», связанных с 3,5 млрд га постоянных пастбищ и сотнями миллионов гектаров сельскохозяйственных угодий, которые уже обрабатываются, чтобы производить корма для мясо-молочного производства.

Если бы все эти земли были заново засажены лесом, они смогли бы поглотить много углекислого газа из атмосферы. Даже по весьма умеренному предположению, что в древесной биомассе и почве на каждом гектаре можно хранить всего 200 тонн углерода, речь все равно идет о 700 млрд тонн. В большинстве экосистем реальные возможности гораздо больше, даже в очень холодных или засушливых местах.

Например, африканский баобаб (*Adansonia digitata*) может процветать в очень засушливых условиях и мог бы успешно произрастать на огромной территории, охватывающей более половины Африки и включающей всю обширную зону саванны в Сахеле. В большинстве африканских стран баобабы считаются самыми полезными деревьями из существующих. У него крупные плоды, и мякоть фруктов, и семена очень питательны. Фруктовая мякоть при смешивании с водой дает освежающий напиток. Большие семена можно есть сырыми, жаренными или перерабатывать в муку или масло. Съедобны и листья баобаба, их питательная ценность сопоставима со шпинатом и они богаты витамином А. Молодые корни также съедобны, а кора является отличным и часто используемым сырьем для циновок, тканевого волокна, водостойкой черепицы, водонепроницаемых

головных уборов, веревок, сетей, корзин, изоляционного материала и бумаги. Кора после сбора быстро восстанавливается. Деревянная оболочка плода традиционно используются для изготовления чашек, тарелок и другой посуды.

Молодые баобабы нуждаются в защите от пасущихся животных, но взрослые деревья не могут быть уничтожены крупным рогатым скотом или сгореть в лесном пожаре, потому что они накапливают большое количество влаги в своих тканях и отдают ее очень неохотно. Самое главное, они могут стать гигантами там, где ни одно другое дерево не растет хорошо. Семидесятилетний баобаб уже может иметь диаметр 3 м, и баобабы продолжают расти с удивительной скоростью в течение первых 270 или 300 лет, после чего их рост замедляется. Самые большие баобабы, которые я видел, имели диаметр 10–12 м. Целые маленькие деревни иногда существуют в тени одного огромного дерева. Ствол самого большого из когда-либо измеренных баобабов имел диаметр 18 м до того, как был использован местным целлюлозным заводом во времена колониализма.

Баобаб является одним из самых ярких примеров возможностей хранения углерода, связанных с достигающими больших размеров пищевыми деревьями, но существует множество других, почти столь же впечатляющих случаев. Я не могу перечислить все из них здесь, но я написал две книги о производящих пищу деревьях и связывании углерода, одну из них — в соавторстве с Манекой Ганди.

В качестве другой возможности, если бы мы использовали пастбища — или, по крайней мере, значительную их часть — под выращивание культур для биотоплива, то с легкостью многократно заменили бы нынешний уровень потребления ископаемого топлива.

Исследования показали, что в умеренном климате наиболее экологичным способом производства биотоплива является выращивание тополей или других быстрорастущих деревьев и либо их сжигание на теплоэлектростанциях, либо преобразование их биомассы в целлюлозный этанол. Во многих странах Евразии и Северной Америки быстрорастущие тополя с 1 га земли могут обеспечить сырье для 5 000–10 000 литров биоэтанола в год. Во влажных тропиках различные масличные пальмы, такие как персиковая пальма (*Bactris gasipaes*) и африканская масличная пальма (*Elaeis guineensis*), могут обеспечить до 10–15 тонн растительного масла на 1 га в год, плюс примерно эквивалентное количество энергии в виде биогаза и древесной биомассы.

Во многих экосистемах можно было бы даже производить огромное количество биотоплива способом, который также улавливает бы из атмосферы большое количество углерода. Обнаружено, что из произрастающих в Амазонии насаждений дикой пальмы Мавриции извилистой (*Mauritia flexuosa*) можно получать в среднем 3,6 тонны растительного масла на 1 га в год, если удалять лишние мужские деревья, освобождая место для женских плодоносящих деревьев. Этот метод можно улучшить с помощью селекции растений до уровня, который был недавно достигнут на лучших насаждениях персиковой пальмы и африканской масличной пальмы. Прежде всего, Мавриция извилистая — превосходное дерево для хранения углерода: его диаметр достигает 1,5 м, а высота — 35 м, также оно производит тропический торф. Успешное выращивание африканских масличных пальм на торфяниках требует некоторого осушения и ускоряет разложение торфа,

но Мавриция образует торф и может постепенно трансформировать обычные минеральные почвы в глубокие торфяные. В Амазонии Мавриция часто растет на толстых слоях торфа глубиной до 6 м, содержащих до 5 000 тонн углерода на 1 га.

Если заменить мясо животных на его аналоги из сои и другого жмыха, из пшеничного и овсяного белка, из белка грибов или из выращиваемых в пробирке клеток, то, например, можно было бы преобразовать половину наших нынешних пастбищ под производство биотоплива, а вторую половину — использовать для туризма, сохранения биоразнообразия и поглощения углерода из атмосферы.

1,7 млрд га пастбищ умеренной, субтропической и тропической зон могут обеспечить как минимум в 2–3 раза больше энергии, чем мы в настоящее время потребляем в виде ископаемого топлива. Другая половина может быть использована для спасения большей части еще существующих видов животных, грибов и растений, а также для расширения экономического потенциала туризма и увеличения занятости. После того, как люди удовлетворят свои основные потребности, связанные с достаточным количеством продуктов питания, одежды, жилья и медицинского обслуживания, они в основном будут заинтересованы в реализации своего собственного умственного потенциала и в переживании чего-либо, в выполнении чего-то захватывающего, или запоминающегося, или чего-то, что придает смысл их собственному существованию. Это, вероятно, означает, что доля туризма в мировом ВВП продолжит расти, по крайней мере, если мы сможем производить топливо для международных поездок экологически устойчивыми способами.

Туризм уже является одним из основных видов экономической деятельности, обеспечивающим 200 млн рабочих мест с полной занятостью и 300 млн рабочих мест с неполной занятостью, 12% мирового ВВП и около 30% ВВП стран, не входящих в ОЭСР, за исключением Китая.

Производство биотоплива может обеспечить даже больше рабочих мест, чем туризм. Африканская масличная пальма (*Elaeis guineensis*) имеет ужасную репутацию, поскольку индонезийские магнаты пальмового масла засадили масличными пальмами 2 млн га глубоких тропических торфяников и это привело к очень большим выбросам углекислого газа из разлагающегося торфа. С другой стороны, когда 4–5% всей территории Индонезии были засеяны масличными пальмами, это уже обеспечивало 10 млн рабочих мест и примерно 10% ВВП страны. Высаживание масличных пальм или других энергетических культур на пустошах, созданных животноводством, не должно считаться настолько же спорным, если торфяные почвы остаются вне этих программ.

## О муравьях, термитах и сельхозживотных

В некоторых моих предыдущих книгах я утверждал, что, возможно, есть основания для отнесения определенного процента метана, производимого термитами, к сектору животноводства.

В тропических дождевых лесах и других очень густых лесах часто доминируют муравьи. В этих экосистемах совокупный вес муравьев обычно в 4 раза превышает совокупный вес позвоночных, включая млекопитающих, птиц, лягушек и рептилий.

Согласно некоторым ранним исследованиям, тропические леса содержали лишь 2–2,5 г терmitов на 1 м<sup>2</sup>, но после вырубки леса и преобразования этой территории в открытую саванну, используемую в качестве пастбищ, это число увеличилось до 10–11 г на 1 м<sup>2</sup>.

Другими словами, это выглядело так, что при расчистке леса под пастбище большинство муравьев были заменены термитами.

Муравьи плотоядны и не могут есть грубую растительную пищу. Они потребляют только других насекомых, кроме тех видов, что питаются выделениями тли или грибом, который они выращивают в растительной массе, принесенной в муравейник. Муравьи в основном производят углекислый газ в кишечнике и лишь незначительное количество метана.

Термиты, с другой стороны, переваривают все виды биомассы, даже древесину, состоящую из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Это означает, что термиты могут поедать гораздо больше материалов, в том числе и деревянные дома. Только некоторые виды деревьев действительно устойчивы к термитам. Самое главное, в процессе метаболизма термиты могут преобразовывать все виды органических соединений в метан. Несмотря на то, что каждый термит производит всего около 0,5 мкг метана в день, в мире так много термитов, что их совокупные глобальные выбросы оцениваются примерно в 20 млн тонн в год.

Также верно, что на открытых саваннах и пастбищах часто преобладают термитники. Они могут быть очень большими и круглыми, напоминающими естественные холмы, или сложными узкими башнями, поднимающимися на высоту на 4 м, а иногда даже 6–7 м. Иногда весь пейзаж —

до самого горизонта — заполнен бесчисленными термитниками.

Однако с тех пор более точные исследования показали, что популяции терmitов в тропических лесах были недооценены, и что они также содержат в среднем 11 г терmitов на 1 м<sup>2</sup>. Это означает, что превращение тропических лесов в открытые саванны или пастбища не обязательно увеличивает количество метана, выбрасываемого термитами в атмосферу. Однако преобразование нетронутых тропических лесов в древесные насаждения, по-видимому, увеличивает популяции терmitов и их выбросы метана, но еще слишком рано говорить о том, имеет ли это реальное значение с точки зрения глобального потепления.



## **6.**

# **Гори, гори, гори, гори: сжигание 8,6 миллиардов тонн сухой биомассы и роль животноводства**

Каждый год люди сжигают огромное количество биомассы. Оценки варьируются от 7 до 12 млрд тонн биомассы в пересчете на сухое вещество или от 3,5 до 6 млрд тонн в пересчете на органический углерод.

По одной из самых авторитетных оценок на эту тему общий объем может составлять около 8,6 млрд тонн сухого вещества. Распределение этой цифры выглядит следующим образом:

- сжигание саванны и лугов — 3 160 млн тонн;
- сжигание тропических лесов — 1 330 млн тонн;
- сжигание лесов внетропических зон — 640 млн тонн;
- древесное топливо и биотопливо — 2 701 млн тонн;
- производство и сжигание древесного угля — 196 млн тонн;
- сжигание сельскохозяйственных отходов — 540 млн тонн.

Согласно другой оценке, сжигание биомассы (без учета использования древесного топлива и биотоплива) может составлять 3,5–3,9 млрд тонн сухого вещества в год, из которых 1,0–1,4 млрд тонн будет

связано с переложным (подсечно-огневым) земледелием и 2,5 млрд тонн — с лесными пожарами и сжиганием пастбищных угодий и послеуборочных растительных отходов.

Это означает, что по крайней мере теоретически мы могли бы сократить антропогенные выбросы углерода как минимум на 1,7 млрд тонн, а возможно и на 4,5 млрд тонн — от 20% до 50% от общего объема — за счет отказа от сжигания биомассы, не связанной с производством энергии, и использования сэкономленной биомассы для замены ископаемого топлива.

При неконтролируемом сжигании биомассы происходит огромное количество других выбросов помимо углекислого газа, которые также способствуют глобальному потеплению: сажи, угарного газа, свободного водорода, озона, закиси азота и метана.

Метан, закись азота и озон являются сильными парниковыми газами. Угарный газ ( $\text{CO}$ ) и водород ( $\text{H}_2$ ) не являются парниковыми газами (их молекулы имеют только два атома и поэтому не могут колебаться так, чтобы эффективно нагревать воздух), но они оказывают сильное косвенное воздействие на глобальное потепление. Угарный газ конкурирует за одни и те же гидроксильные радикалы с метаном и другими загрязнителями воздуха и тем самым увеличивает продолжительность существования и потенциал глобального потепления местных выбросов метана. Свободный водород производит в стратосфере воду и кристаллы льда, то есть высокие перистые облака, имеющие сильное, хоть и непрямое, влияние на глобальное потепление нашей планеты.

Поскольку поверхность частиц сажи абсолютно черная, они могут нагревать планету даже

в воздухе, поглощая солнечное излучение. Когда частицы сажи падают на снег или лед, они снижают отражательную способность последних. Лед и снег очень хорошо отражают солнечное излучение обратно в космос, прежде чем оно превратится в тепло. Их альбето или отражательная способности равняется 70–90%. Альбето белого свежевыпавшего снега иногда может достигать 98%. Даже небольшое количество сажи на снегу может снизить его альбето на 1% — а чем больше темного вещества накапливается на поверхности льда или снега, тем больше солнечного излучения оно поглощает и тем меньше отражается обратно в космос. Если вы видели весенний снег, вы могли заметить это явление. Каждый темный лист, иголка или пылинка въелись глубже в снег, потому что настолько нагрелись на солнце, что снег вокруг них растаял или испарился. Точно так же участки покрытого сажей снега тают с гораздо большей скоростью.

Если сложить все эти факторы вместе, согласно последней оценке, сажа может нагревать планету на 1,1 Вт на 1 м<sup>2</sup>. Это делает сажу вторым по значимости фактором глобального потепления после углекислого газа (дополнительный углекислый газ сейчас нагревает планету с эффективностью 1,6 Вт на 1 м<sup>2</sup>).

Согласно наиболее точным на данный момент оценкам, 60% мировых выбросов сажи или черного углерода происходит от сжигания биомассы, 42% — от сжигания лесов, саванн и пастбищ и 18% — от сжигания биомассы в жилых помещениях по устаревшим методам, но и другие выбросы парниковых газов из этих источников также относительно значительны.

При сжигании биомассы, вероятно, производится около 690 млн тонн угарного газа в год, а также 39 млн тонн метана, 15 млн тонн свободного

водорода, 1,3 млн тонн закиси азота и 20,7 млн тонн различных оксидов азота (некоторые из которых будут преобразован в озон).

Согласно исследованию, проведенному в штате Андхра-Прадеш (Индия), при переложном земледелии за один цикл сжигания потреблялось около 18 тонн от общего запаса углерода в 40 тонн на 1 га, включая верхний слой почвы, подстилку, корни, деревья и другую растительность. Из этого углерода 1,3–1,8% сгорело до метана и 1,6–1,7% — до окиси углерода, кроме того, образовалось небольшое количество закиси азота. Другими словами, за один цикл сжигания образовалось 234–324 кг метана, 288–306 кг окиси углерода и 9–306 кг закиси азота на 1 га, плюс озон, сажа и свободный водород. Выбросы озона особенно трудно измерить, потому что они создаются с задержкой из различных оксидов азота, образующихся при горении.

Переложное земледелие и многократное выжигание пастбищ также влияют на надземные и подземные хранилища углерода. В тропических и субтропических регионах (за пределами гиперзасушливых регионов, таких как самые сухие районы Сахары) на 1 га приходится всего лишь 40 тонн углерода, включая углерод в почве. Первобытные леса в тропиках хранят сотни тонн углерода на 1 га только в деревьях, а часто почти столько же или даже больше в лесной подстилке и верхнем слое почвы.

Особенно важно избегать многократного выжигания деревьев, другой растительности и почвы на склонах холмов. Как индийские, так и европейские народные движения справедливо критикуют правительства и инженеров за попытки решить проблемы водоснабжения сельского хозяйства, городов, промышленности и производства энергии всего тремя различными методами: строительством большого

количества крупных плотин, строительством еще большего количества крупных плотин и строительством еще большего количества крупных плотин.

Было бы намного лучше запасать дождевую воду в лесных почвах и защищать горные ледники, потому что большие плотины вытесняют миллионы людей, производят большие выбросы метана, вредят биоразнообразию и приводят к затоплению дельт рек и плодородных речных долин, задерживая переносимые речными водами наносы. Но, если горные ледники и лесные почвы не будут защищены, строительства более крупных плотин не избежать.

Гималайские ледники тают, потому что на лед с дождем выпадает большое количество сажи и пыли. Сажа и пыль делают лед темнее, и на солнце он превращается в жидкую воду или сразу испаряется в воздухе в виде водяного пара. Накопление парниковых газов в атмосфере еще не сильно повлияло на гималайские ледники, потому что средняя глобальная температура повысилась только на 1,0 °C, и потому что наиболее значительное потепление произошло в полярных районах, тропики же нагрелись намного меньше. Этого недостаточно, чтобы сильно повлиять на горные ледники, так как температура понижается в среднем на 0,5 °C на каждые дополнительные 100 м высоты. Таким образом, гималайские ледники невозможно спасти без значительного сокращения выбросов сажи во всех секторах, усугубляющих эту проблему. Например, весной на Тибетском нагорье тепловое воздействие сажи на лед и снег составляет около 20 Вт на 1 м<sup>2</sup>.

Многократное выжигание также сводит к минимуму количество органических веществ в верхнем слое почвы. Чем больше лесная почва содержит органической материи и корней, тем

больше она может накапливать воды. И, действительно, разница довольно существенная. В Индии было подсчитано, что густой лес с почвой, богатой органическими веществами, может хранить от 600 000 до 700 000 тонн дождевой воды на 1 га, но если лес уничтожен, эта емкость снижается до менее чем одной десятой и почва теряет большую часть своего органического содержимого.

Значительная часть запасов грунтовых вод Индии уже серьезно загрязнена, и многие водоносные горизонты обмелели из-за чрезмерного использования грунтовых вод. После того, как земля оседает над чрезмерно эксплуатируемым водоносным горизонтом, ущерб становится непоправимым: этот водоносный горизонт никогда не будет содержать столько же воды, как раньше.

Если мы будем также плохо обращаться с лесами на склонах холмов и потеряем большую часть льда в Гималаях, вследствие чего в сухой сезон потоки самых важных рек Азии, включая Гангу, Инд, Брахмапутру, Хуанхэ, Янцзы и Меконг, значительно уменьшатся, то у нас останется единственный вариант — хранить еще больше воды в огромных плотинах. Но если это сделать, то скорость опускания дельт крупных рек увеличится, и это усугубит проблемы, вызванные повышением уровня моря, ураганами и тайфунами.

Огромное количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздух при сжигании биомассы, также наносит вред здоровью людей.

Загрязнение воздуха быстро становится основной причиной смерти на нашей планете. ВОЗ теперь заявляет, что от загрязнения воздуха ежегодно умирает около 7 млн человек, но реальная цифра вполне может быть в 2 раза выше. Евросоюз располагает самой лучшей статистикой

в области здравоохранения. Согласно обширным исследованиям, проведенным в странах ЕС, похоже, что при численности населения Евросоюза в 500 млн человек ежегодная смертность от загрязнения воздуха составляет от 350 000 до 500 000 человек. Поскольку большинство людей, проживающих в Азии, в настоящее время подвергаются воздействию загрязняющих веществ, превышающему показатели в странах ЕС в несколько раз — или несколько десятков раз, — трудно поверить, что ситуация в ЕС может представлять собой средний мировой показатель.

В настоящее время подсчитано, что в сильно загрязненных районах Индии из-за плохого воздуха люди живут в среднем на два года меньше. Однако, как я уже сказал, эта цифра может быть заниженной. Так, например, лишь довольно небольшая часть смертей от сердечно-сосудистых заболеваний объясняется загрязнением воздуха. Эпидемия сердечно-сосудистых заболеваний (инфаркты и инфаркты) в Индии вызвана сложной комбинацией различных факторов, включая повышенное потребление простых углеводов, насыщенных жиров (включая пальмовое масло) и трансжиров (насыщенных жиров из растительного масла), низкое потребление (моно)ненасыщенных жиров с высоким содержанием липопротеинов высокой плотности, отсутствие физической активности среди представителей среднего и высшего классов, а также воздействие загрязненного воздуха и курения. Относительный вклад каждого из этих факторов все еще плохо изучен, но уже кажется очевидным, что роль мелких частиц из воздуха, блокирующих артерии, и других загрязнений воздуха, поддерживающих постоянный низкий уровень воспаления в организме, гораздо важнее, чем считалось раньше.

Более того, вышеупомянутая статистика не учитывает влияние пониженного ультрафиолетового излучения. Людям с темной кожей требуется большее количество интенсивного УФ-В излучения (Ультрафиолет В) для выработки достаточного количества витамина D, чем людям со светлой кожей. Темная кожа — это, по сути, УФ-В фильтр, который защищает производство фолиевой кислоты от интенсивного тропического солнечного света. Точно так же цель северной, очень светлой или розовой кожи — обеспечить максимальное производство витамина D в условиях, когда его недостаток в зимнее время является наиболее важной проблемой для здоровья человека.

Определенные формы загрязнения воздуха (особенно озон) чрезвычайно эффективны в блокировании УФ-В излучения. Согласно последним исследованиям, 80% взрослого населения Индии страдают от дефицита витамина D. Это должно вызывать беспокойство, потому что 18 различных типов рака связаны с дефицитом витамина D. Смертность от рака в самых северных штатах континентальной части США раньше была в 2,5 раза выше, чем смертность от рака в южных штатах, почти наверняка потому, что люди на севере не получали достаточно солнечного света и витамина D зимой. Сейчас люди так часто переезжают из штата в штат, что картина уже не такая четкая, как раньше, но все еще отчетливо видно: чем дальше на север, тем выше уровень смертности от рака. Нехватка витамина D, вероятно, не является основной причиной рака, но снижает способность человеческого организма бороться с раком, потому что витамин D — это своего рода супергормон, который регулирует работу примерно 2 000 генов человека.

В любом случае, мы должны помнить, что наблюдаемая в настоящее время смертность от загрязненного воздуха в значительной степени относится к гораздо более низкому уровню загрязнения, который существовал десятилетия назад. Если к проблеме не отнеслись серьезно, средняя продолжительность жизни среди нынешних молодых людей будет намного ниже.

Как упоминалось в третьей главе, наиболее тревожным аспектом ситуации является то, что огромные облака загрязнителей воздуха, производимые Индией (Южная Азия), Китаем и Юго-Восточной Азией (особенно Индонезией), сливаются вместе, образуя огромное море загрязнения, покрывающее большую часть Азии, где проживает более 4 млрд человек, и оно вскоре может превзойти воспроизведение гидроксильных радикалов, самой важной службы очистки атмосферы.

Но как и почему ситуация стала такой скверной?

Мы всегда загрязняли воздух, сжигая древесину и другую биомассу. С тех пор мы добавили к этому много дополнительных загрязнений, сжигая уголь и нефть с помощью транспорта, тепловых электростанций и заводов. Но также мы сжигаем больше биомассы, чем когда-либо прежде. Сейчас население планеты больше, чем раньше, леса используются более интенсивно, а поля производят во много раз больше продуктов питания благодаря селекции растений, орошению и химическим удобрениям.

Чтобы предотвратить миллиард или несколько миллиардов преждевременных смертей в течение следующих ста лет, мы должны более серьезно отнести к проблеме загрязнения воздуха и сократить вредные выбросы. Это также необходимо для того, чтобы остановить глобальное потепление, повышение уровня моря и таяние гималайских ледников.

Чтобы уменьшить загрязнение воздуха, мы должны сократить выбросы, исходящие от современных отраслей, включая фабрики, предприятия по производству энергии, транспорт и шахты. Однако, например, в Индии, воздух в которой в настоящее время официально является самым загрязненным в мире, большая часть опасных для здоровья выбросов происходит из «традиционного сектора», то есть традиционных отраслей промышленности и сжигания биомассы. Многие традиционные отрасли промышленности сильно загрязняют окружающую среду, например, бесчисленные небольшие кирпичные фабрики в Южной Азии производят черный как смоль дым с высоким содержанием сажи.

Но вернемся к нашей основной теме! Какой процент всех этих выбросов углекислого газа, угарного газа, свободного водорода, сажи, озона, закиси азота и метана, образующихся при сжигании биомассы, следует отнести на счет мяса и других продуктов животного происхождения?

Большая доля выжигания саванн и лугов напрямую связана с производством мяса, потому что эти земли в основном используются в качестве пастбищ. Это составит — согласно разбивке, которую мы использовали выше — 37% мирового сжигания биомассы, или примерно 3 160 млн тонн из 8 600 млн тонн.

Большинство выжиганий тропических и внетропических лесов также следует отнести на счет производства мяса. Большую часть сжигаемых тропических лесов сжигают, чтобы превратить их в пастбища или сельскохозяйственные угодья для выращивания сои или других кормов для животных. Кроме того, фермеры, занимающиеся подсечно-огневым земледелием и до сих пор каж-

дый год сжигающие огромные площади леса, обычно сначала используют выжженный лес для земледелия в течение 1–2 лет, а затем используют его в качестве пастбища в течение более длительного периода времени, часто до тех пор, пока не будет так много сорняков, которые животные не едят, что лес придется снова сжечь. Таким образом, можно утверждать, что большая часть из еще 25% сжигаемой биомассы — 2 000 млн тонн из 8 600 млн — также относится к производству мяса (и молока).

Часть выбросов от сжигания сельскохозяйственных отходов также следует отнести к производству мяса, молока и других продуктов животного происхождения, поскольку определенный процент этих растительных остатков приходится на производство кормов. С другой стороны, выбросы от сжигания древесного топлива и древесного угля нельзя отнести к животноводству, за исключением гастрономических культур, в которых приготовление мяса требует значительно больше древесного топлива, чем приготовление эквивалентного количества (с точки зрения питательности) наиболее распространенных местных вегетарианских блюд. Я недостаточно об этом знаю, но, возможно, стоит изучить этот вопрос.

Вероятно, следует добавить, что сжигание лесов и пастбищных угодий для расчистки под выгоны скота или для обеспечения следующего цикла подсечно-огневого земледелия также связано с вопросами, касающимися прав животных и защиты животных. Многократное и абсолютно ненужное сжигание тысяч миллионов гектаров угодий и лесов также ежегодно уничтожает, помимо всей древесной биомассы, миллиарды птиц, грызунов и других животных.



## 7. **Меньшие проблемы климата**

Существует ряд более мелких, но все же относительно важных вопросов, которым также следует уделить внимание при подсчете углеродного следа мяса, молока и других продуктов животного происхождения. Некоторые из этих меньших климатических проблем, перечисленных здесь, также упоминались *Worldwatch Institute* и в «Длинной тени животноводства».

Как отмечает *Worldwatch Institute*, возможно, есть четкое обоснование для того, чтобы считать королевские креветки и рыбу мясом. В таком случае мы должны отнести большую часть выбросов углекислого газа, вызванных вырубкой мангровых лесов, на счет производство мяса.

В мире по-прежнему насчитывается около 24 млн га мангровых болот, но раньше их было гораздо больше. По одной из оценок, Африка потеряла не менее 55% своих мангровых зарослей, а Азия — не менее 58%. Многие из существующих районов находятся под серьезной угрозой. Мангровые заросли вырубаются ради древесного угля и для других целей, но наиболее существенным фактором их гибели является выращивание королевских креветок.

По существующим оценкам, в Таиланде расчистка 100 000 га мангровых лесов для выращивания креветок привела к ежегодным потерям

800 000 тонн рыбы. Многие промысловые виды рыб проводят один или несколько периодов своего жизненного цикла в мангровых болотах и, таким образом, полностью зависят от них. Мангровые заросли также образуют эффективные природные барьеры против ураганов, тайфунов и цунами.

Но прежде всего, мангровые леса — чрезвычайно эффективные поглотители и хранилища углерода. Гектар мангрового леса поглощает до 40 тонн углерода в год. Примерно треть этого количества сразу же выбрасывается обратно в атмосферу в виде углекислого газа. Другая треть растворяется в море, образуя относительно долговечные химические соединения с продолжительностью жизни до нескольких десятков или даже нескольких сотен лет. Последняя треть заперта в иле мангрового болота и, таким образом, может образовывать более или менее постоянное хранилище органического углерода, по крайней мере, до тех пор, пока мангровый лес остается нетронутым.

Хранилищам углерода в мангровых болотах уделяется на удивление мало внимания, но, согласно совместным исследованиям ученых США, Индонезии и Финляндии, они, по-видимому, содержат в среднем более 1 000 тонн углерода на 1 га. Мангровые деревья обычно растут в иле и торфе на глубине до 3 м. Углерод в иле мангрового болота обычно остается изолированным от атмосферы при условии, что мангровый лес сохранится.

Сохранившиеся мангровые болота, вероятно, ежегодно удаляют из атмосферы около 300 млн тонн углерода. Но если болото превращается в креветочную ферму, оно начнет терять углерод с пугающей скоростью, во много раз превышающей скорость первоначального накопления органических веществ.

Мангровые болота, которые были разрушены, превращены в креветочные хозяйства или иным образом уничтожены, вероятно, уже выбрасывают в атмосферу значительное количество углекислого газа. Не существует надежных глобальных оценок их общего вклада, но мангровые заросли могут быть очень важным игнорируемым источником выбросов парниковых газов. Если и оставшиеся мангровые заросли будут преобразованы в креветочные пруды, то в будущем эти выбросы могут возрасти.

Мы должны стремиться к обратному: если около 30 млн га мангровых зарослей, которые были уничтожены, будут восстановлены обратно в мангровые болота, они превратятся из основного источника выбросов двуокиси углерода в значительный поглотитель углерода, способный связывать около 400 млн тонн углерода в год.

Если рыбу считать за мясо, то мы также должны учитывать выбросы углекислого газа мировыми рыболовными флотами.

Среди торговых точек продуктовые магазины являются самыми злостными потребителями энергии. В Великобритании каждый квадратный метр супермаркета ежегодно потребляет в среднем 275 кВт-часов электроэнергии. Это примерно в 100 раз больше, чем стандартное энергопотребление отдельных домохозяйств на квадратный метр жилого пространства. Большая часть всей этой электроэнергии (около 64%) потребляется на охлаждение, которое по большей части необходимо для свежих мясных и рыбных продуктов. Хлеб, зерно, консервы, фрукты, корнеплоды и другие овощи можно хранить без холодильника. То же самое относится и к домохозяйствам: они нуждаются в холодильниках и морозильниках в основном для хранения мяса, рыбы и молочных продуктов.

Было бы справедливо отнести хотя бы часть этого энергопотребления и вызванные им выбросы парниковых газов к животноводству.

В жарких условиях — особенно в тропических и субтропических регионах — потребление электроэнергии холодильниками и морозильниками представляет собой двойную проблему. В дневное время необходимости в освещении нет, но холодильники и морозильники часто должны работать на полную мощность. Они сохраняют все, что внутри них в прохладном или замороженном состоянии, но с точки зрения всего здания они являются отопительными приборами. Потребляемая ими энергия выделяется в квартиры в виде отработанного тепла. В жарком климате это лишнее тепло невозможно просто вывести наружу, открыв окно, потому что снаружи все нагревается до еще более высоких температур за счет интенсивного солнечного излучения. Проблема все чаще решается путем установки систем кондиционирования воздуха, которые снова потребляют много электроэнергии и способствуют перегреву крупных городских агломераций за счет эффекта острова тепла.

Мясо и рыбу необходимо быстро транспортировать или заморозить, или заморозить и быстро транспортировать, что опять же приводит к выбросам парниковых газов. На производство азотных удобрений приходится не менее 1% выбросов углекислого газа, для обогрева и охлаждения коровников нужна энергия, тракторы потребляют масло, а перекачка воды на поверхность для выращивания кормов требует большого количества дизельного топлива и электроэнергии. Некоторые из этих выбросов были должным образом включены в оценки ФАО, но некоторые по-прежнему представлены недостаточно.

## 8. Что нам делать?

Судя по всему, невозможно предотвратить серьезную дестабилизацию климата без ограничения потребления мяса и других продуктов животного происхождения. Если мы не найдем способ изменить пищевые привычки человечества, то будущие поколения, скорее всего, испытают весь предсказанный набор ужасов, связанных с неуправляемым глобальным потеплением.

Уже одно это обязывает нас принять меры для сокращения потребления мяса и других продуктов животного происхождения в мире. И, конечно же, существует множество других причин и аргументов в поддержку этой политической необходимости.

В мире как минимум 1 млрд человек все еще страдает от недоедания, большинство из них — маленькие дети. Самый простой способ избавиться от этой проблемы — побудить людей есть больше вегетарианской пищи и меньше мяса. Производство мяса — это способ превратить большое количество пищи в гораздо меньшее ее количество, и это также относится, хотя и в несколько меньших масштабах, к производству молока, сыра и яиц.

Воздействие этой «обратной фабрики белка и калорий» еще больше усугубляется тем фактом, что животноводство также является самой серьезной угрозой для наших запасов пресной воды.

По данным ООН, две трети населения мира или более 5 млрд человек будут жить в условиях дефицита воды уже в 2025 году. Согласно определению ООН, люди, живущие в районах с менее чем 1 000 м<sup>3</sup> воды на человека в год, страдают от нехватки воды. Районы с менее 500 м<sup>3</sup> воды на человека в год уже сталкиваются с «абсолютным дефицитом» воды. Если вспомнить, что для производства 1 кг говядины обычно требуется от 20 до 100 м<sup>3</sup> воды, то это очень отрезвляет. В Китае орошающие поля для производства кормов и пастбища уже занимают около половины орошаемых площадей.

Если мы будем настаивать на увеличении потребления мяса, в то время как численность населения в мире вырастет до 9, 10 или 11 млрд человек, прежде чем начнет сокращаться, количество сильно недоедающих людей фактически может увеличиться в разы в течение следующих 50 лет. Но если большинство из нас сделает более разумный выбор и станет веганами или вегетарианцами или, по крайней мере, сократят потребление мяса, мы легко сможем обеспечить достаточное, полноценное, здоровое и сытное питание для всех людей на нашей планете, даже если наше количество достигнет 11 млрд или больше.

Как уже упоминалось, производство мяса и других продуктов животного происхождения — важнейший фактор, загрязняющий наши реки, озера, пруды и мелководья. Если мы продолжим есть огромное количество мяса, все эти проблемы будут постепенно усугубляться, пока чистая вода, которую некоторые из нас еще помнят с детства, не станет лишь далеким и быстро исчезающим почти повсюду на планете воспоминанием. Если же мы сократим потребление мяса, то сможем мало-помалу вернуть чистые, незагрязненные воды, какими

они были в прошлом. Через несколько столетий тоже самое может произойти даже с нашими грунтовыми водами, которые сейчас все больше загрязняются навозом животных, удобрениями и промышленными химикатами.

Превращение лесов, лугов, заболоченных территорий и других естественных сред обитания в поля и пастбища было и остается наиболее важным фактором сокращения биологического разнообразия нашей родной планеты. Чем больше мяса и других продуктов животного происхождения мы потребляем, тем больше земли нам нужно и тем меньше возможности сохранить ее в естественном или относительно естественном состоянии.

Если мы удвоим мировое потребление мяса, то потеряем большую часть тропических лесов и мангровых болот. Климат станет настолько жарким, а океан — закисленным, что мы, скорее всего, потеряют и коралловые рифы. Если это произойдет, то большая часть оставшихся на планете видов растений, животных и грибов будет уничтожена. Этот процесс недавно получил название Шестого массового вымирания — нечто подобное происходило всего пять раз за долгую историю нашей планеты. Прошлые пять массовых вымираний были огромными стихийными бедствиями, но Шестое вымирание вызвано нашими собственными действиями. Известная американская писательница Элизабет Колберт отметила, что Шестое вымирание может стать нашим самым долгим наследием. Его последствия будут заметны до конца существования всего живого на Земле.

Но, если мы уменьшим потребление мяса и других продуктов животного происхождения, огромные участки земли снова могут быть возвращены в их естественное или относительно естественное

состояние. Такие земли могут по-прежнему обеспечивать нас древесиной и другим сырьем, а также съедобными фруктами, орехами, бобами, семенами, корнями, побегами, ягодами и грибами, но ими можно управлять таким образом, чтобы они помогли нам сохранить оставшееся биоразнообразие и поглощали из воздуха огромное количество углекислого газа.

Если нам удастся это сделать, то мы сможем спасти подавляющее большинство всех наземных и морских видов. Восстановление лесов и их почвенных слоев поглотит столько углерода из воздуха, что прекратится закисление поверхностного слоя океана, перегрев планеты будет предотвращен и океаническая пищевая сеть не разрушится.

Большая часть природы Земли сможет вернуться в свое первоначальное великолепие. У каждого вновь будет возможность увидеть огромные стада диких животных, насчитывающие миллионы особей, и даже более массовые скопления диких птиц. Океаны будут полны огромных китов, дельфинов, тюленей, гигантских скатов, тунца и бесчисленного множества других фантастических существ, подобные чудеса снова станут неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. В лесах будут расти древние гигантские деревья размером с соборы и прекраснее, чем что-либо еще на нашей планете.

По ряду причин это также пойдет на пользу нашему здоровью. Большинство наших инфекционных заболеваний изначально происходит от сельскохозяйственных животных. Это зоонозы, болезни животных, которые в какой-то момент преодолели межвидовой барьер и также стали болезнями человека. Мы точно знаем, что оспа, туберкулез, корь и многие бактерии, вызывающие пневмонию, про-

изошли от коров и свиней. Грипп передался нам от кур, а эпидемия СПИДа возникла, когда охотники на шимпанзе заразились во время разделки туш.

Последняя пандемия гриппа началась на промышленных фермах, и они также будут наиболее вероятным источником следующей. Если бы мы перестали есть курицу и свинину, то избавились бы от угрозы новых пандемий гриппа. Это не мелочь! Мы должны помнить, что эпидемия гриппа, начавшаяся в 1918 году, унесла до 100 млн человеческих жизней и повредила нервные системы, сердца, почки, легкие и другие внутренние органы сотен миллионов других людей настолько, что их продолжительность жизни, вероятно, сократилась. Особенно сильно пострадали люди, которые заразились в утробе матери. Впоследствии они гораздо чаще страдали от различных заболеваний и имели более короткую продолжительность жизни. Нынешняя численность населения мира в 3,5 раза больше, чем в 1918 году.

Если мы будем настаивать на потреблении дешевого мяса, то также можем потерять антибиотики — наше самое мощное оружие против бактерий. До эры антибиотиков большинство людей умирали от бактериальных инфекций, и небольшая царапина или один шип могли убить вас, зачастую поистине ужасающим образом. По одной из оценок, антибиотики спасли не менее 800 млн человеческих жизней в течение первых 50 лет после того, как они стали широко доступны.

К сожалению, все большее число штаммов бактерий становится устойчивым к большинству или всем известным антибиотикам. Это происходит отчасти потому, что мы используем слишком много антибиотиков для лечения наших собственных болезней, но главным образом потому,

что мы хотим есть огромное количество дешевого мяса, выращенного на промышленных фермах.

Промышленные фермы возможны только в том случае, если животным регулярно дают небольшое количество антибиотиков в качестве профилактической меры. По данным ВОЗ и Центра по контролю за заболеваниями США, такое нетерапевтическое использование является наиболее важной причиной устойчивости бактерий и появления таких супербактерий, как ванкомицинрезистентный золотистый стафилококк (VRSA) и метициллинрезистентный золотистый стафилококк (MRSA).

Промышленное животноводство потребляет ошеломляющее количество антибиотиков. В США для лечения болезней человека ежегодно используется около 1,4 млн кг антибиотиков, а на крупный рогатый скот, свиней и кур тратится не менее 12 млн кг в год.

Когда врач назначает пациенту антибиотик, пациент в большинстве случаев выздоравливает. Это означает, что антибиотик убивает большую часть микробов, а иммунная система организма уничтожает остальную. На промышленных фермах антибиотики используются не для лечения болезни, а для продления жизни животного на некоторое время. В условиях промышленных ферм все виды инфекционных заболеваний распространяются как пожар, поэтому практически больше ничего нельзя сделать. Трудно представить себе систему, которая была бы более эффективной в разведении штаммов бактерий с множественной лекарственной устойчивостью, экстремально устойчивых и полностью устойчивых. Когда в США фермерским хозяйствам разрешили использовать ципрофлоксацин, антибиотик, который оказался чрезвычайно полезным, например, при лечении тяжелых случаев пневмонии у человека,

процент устойчивых к нему штаммов бактерий вырос с практически нуля до 20% за 7 лет.

У вегетарианцев все еще значительно ниже уровень сердечных заболеваний, инсультов и онкозаболеваний, чем у мясоедов, но эта разница стала меньше.

Это не означает, что мясо и другие продукты животного происхождения стали более здоровыми, потому что верно обратное. Мясо теперь содержит намного больше насыщенных жиров, чем раньше. Кроме того, чем выше по пищевой цепочке вы поднимаетесь, тем больше химикатов и токсинов, включая стойкие органические загрязнители (СОЗ), накапливается в вашем организме.

Как правило, животному нужно около 10 кг пищи, чтобы увеличить собственный вес на 1 кг. Следовательно, съедая 1 кг мяса, мы сами получаем примерно в 10 раз больше токсинов, чем если съедим 1 кг растительной пищи. Это общее правило, конечно, является чрезмерным упрощением. С другой стороны, если животных кормят рыбной мукой или измельченными тушами других животных, концентрация многих токсинов из окружающей среды в мясе может возрасти до еще более высоких уровней.

Диабет зрелого возраста или диабет 2-го типа в последнее время стал самой быстрорастущей серьезной проблемой здравоохранения в мире. Ежегодно диабет уже является причиной более 5 млн преждевременных смертей. Около 350 млн человек в мире страдают диабетом 2-го типа, и, по некоторым прогнозам, к 2040 году их число может увеличиться до 600 млн человек. Окончательный пик эпидемии может быть еще выше: у девочки, родившейся сегодня в США, риск заболеть диабетом составляет почти 40%.

Основные причины пандемии — увеличение потребления сахара и других простых углеводов и снижение физических нагрузок. Но возможно, что СОЗ также способствовали возникновению проблемы. СОЗ — это разнообразная группа вредных и стойких органических соединений, включая пестициды ДДТ, альдрин, дильдрин, хлордан, эндрин, мирекс, гептахлор, токсафен, гексахлорбензол, полихлорированные бифенилы (ПХБ), диоксины и фураны. Многие СОЗ использовались или до сих пор используются в качестве пестицидов или гербицидов, другие образуются как побочные продукты различных промышленных производственных процессов или при сжигании отходов.

Согласно исследованиям, проведенным сначала южнокорейским ученым Док-Хи Ли, а затем подтвержденным другими группами, люди, в тканях которых содержится много ДДТ, примерно в 10 раз чаще, чем средний человек, заболевают диабетом 2-го типа. Большое количество содержания в тканях шести различных СОЗ, по-видимому, увеличивает риск диабета 2-го типа в 38 раз, что является действительно ошеломляющим показателем и одной из самых высоких известных корреляций между заболеванием и фактором окружающей среды.

Это еще одна веская причина не есть мясо или рыбу, выращенную в загрязненных водах. Конечно, вы также можете получить СОЗ, употребляя в пищу загрязненную растительную пищу, но их количество всегда будет намного меньше, чем при потреблении на более высоких уровнях пищевой цепи.

Также, по-видимому, большие дозы диоксинов могут разрушать защитную эмалевую оболочку зубов, подвергая их риску гниения. В Мексике и Индии регионы, которые наиболее активно использовали пестициды, также стали самыми «горячими

точками» по заболеваемости раком в этих странах. Исследование, проведенное в США показало, что женщины, у которых в молодости был высокий уровень ДДТ или его метаболитов в крови, имели в 5 раз больше шансов заболеть раком груди, чем среднестатистическая женщина.

Вполне возможно, что эпидемии рака в местах зарождения Зеленой революции и наблюдаемая связь между воздействием СОЗ и диабетом 2-го типа являются лишь вершиной айсберга, и что с течением времени появятся и другие проблемы со здоровьем, а концентрация тысяч различных, потенциально канцерогенных или иным образом опасных химических соединений в окружающей среде и продуктах питания продолжат расти. Почти наверняка время неприятных сюрпризов еще не закончилось. В такой ситуации самый безопасный способ питания для себя и своих детей — есть как можно больше растительной пищи и как можно меньше мяса и рыбы.

Как я уже говорил, наблюдаемая разница между болезнями сердца, инсультами и раком у мясоедов и вегетарианцев уменьшилась, несмотря на то, что мясо стало менее здоровым. Как это может быть? На самом деле объяснение очень простое. Теперь мы знаем почти с абсолютной уверенностью, что многие вегетарианские продукты очень полезны для нашего здоровья. К ним относятся фрукты, орехи, ягоды, грибы, брокколи и другие виды капусты, большинство овощей, цельнозерновые продукты, особенно из овса и ржи, а также оливковое масло и масло авокадо.

Но сейчас супермаркеты полны продуктов, которые являясь вегетарианскими, содержат так много нездоровых насыщенных жиров, соли, сахара и других коротких углеводов и являются почти таким же вредными, как жирное мясо.

## Изменение политики субсидирования сельского хозяйства

Полный перечень проблем, вызванных или усугубляемых производством мяса, действительно поражает. Легко понять, что что-то нужно делать, и что это нужно делать относительно быстро. Иначе настанут большие неприятности.

Но... с чего же начать? Большинство людей по-прежнему непреклонны в том, что они хотят продолжать есть большое количество мяса.

Один из очевидных вариантов действий — требовать изменения сельскохозяйственной политики. Почти все — за исключением крупных фермеров — ненавидят сельскохозяйственные субсидии или, по крайней мере, субсидии, предоставляемые тем крупным фермерам, которые управляют своими хозяйствами весьма неэффективно. Отчасти это происходит из-за щедрых вливаний от налогоплательщиков.

В 2012 году на субсидирование сельского хозяйства в мире было израсходовано 486 млрд долларов США, из которых 2/3 пришлись на страны-члены ОЭСР. В США в 1995–2010 годах 2/3 всех сельскохозяйственных субсидий пришлись на корм для животных, табак и хлопок. Лишь четверть субсидий использовалась для выращивания сельскохозяйственных культур, непосредственно потребляемых человеком. Культуры, которые имели бы важное значение для здоровья, например овощи, фрукты и орехи, не получали прямых регулярных субсидий.

Другими словами, сельскохозяйственные субсидии использовались для увеличения выбросов углекислого газа, метана, закиси азота и озона, а также для загрязнения рек, озер и прибрежных

морей. Они использовались для уничтожения биоразнообразия и обострения нехватки воды. Они способствовали голоду в мире и причинили ужасные страдания миллиардам разумных животных. Их использование угрожало нам смертельной пандемией гриппа, негативно влияло на качество нашей пищи и могло сделать наши самые полезные лекарства практически бесполезными.

Почему же мы должны субсидировать практику, которая так сильно способствует дестабилизации климата и закислению океана? Почему мы должны субсидировать такие формы производства, которые вредны для здоровья сотен миллионов или даже миллиардов людей? Почему мы должны поддерживать методы, которые можно классифицировать как пытки животных?

Консервативные и правые экспертно-аналитические центры и политические партии критиковали субсидии фермерским хозяйствам по несколько иным причинам, которые также имеют большой смысл. По данным Института Катона, от 10 до 30 млрд долларов, которые ежегодно предоставляются фермерам США в виде сельскохозяйственных субсидий, — точная цифра зависит от определения субсидий — распределяются между примерно 800 000 фермерами. Однако платежи в значительной степени ориентированы на крупнейших производителей. Согласно этому анализу, сельскохозяйственные субсидии на практике являются формой распределения крупных сумм денег налогоплательщиков среди небольшого числа богатых или сверхбогатых землевладельцев и бизнесменов. 10% крупнейших американских фермеров получили 72% субсидий, и следует помнить, что в США даже небольшие фермы зачастую гораздо крупнее, чем среднего размера фермы во всем остальном мире.

Из-за сельскохозяйственных субсидий, выделяемых на орошение, индийские фермеры в настоящее время являются одними из наименее эффективных водопользователей в мире, так как тратят впустую огромное количество воды и электроэнергии. Это привело к быстрому снижению уровня грунтовых вод в некоторых наиболее плодородных сельскохозяйственных регионах Индии.

Экологические организации и организации по защите животных определенно продолжат не соглашаться по многим вопросам с такими организациями, как Институт Катона, в том числе по поводу того, реально ли антропогенное глобальное потепление и следует ли к нему относиться серьезно. Однако, возможно, удастся создать исключительно широкую коалицию для сокращения нерациональных сельскохозяйственных субсидий, потому что здесь следует быть точке соприкосновения для правых и левых, социал-демократических, центристских и «зеленых» партий. Ассоциации производителей мяса и представители мясной промышленности, конечно, будут рьяно сопротивляться этому, но они представляют лишь крошечное меньшинство людей, особенно в промышленно развитых странах. Неправительственные организации, занимающиеся вопросами солидарности и сотрудничества в целях развития стран третьего мира, должны оказать поддержку, поскольку Глобальный Юг также теряет много денег из-за политики субсидирования сельского хозяйства, проводимой богатыми промышленно развитыми странами.

Мы должны либо потребовать прекращения всех сельскохозяйственных субсидий, либо потребовать, чтобы сельскохозяйственные субсидии предоставлялись только тем производствам, которые не загрязняют наши реки, озера и моря,

не производят больших выбросов парниковых газов, не причиняют ужасных страданий животным на фермах, не требуют интенсивного использования антибиотиков и не угрожают нам новыми пандемиями гриппа. Кроме того, сельскохозяйственные субсидии следует предоставлять только тем фермам, которые производят здоровую или более здоровую пищу, а не чрезвычайно вредное жирное мясо, содержащее неестественно высокий уровень насыщенных жиров.

Мясо животных, питающихся травой, более постное и содержит в 5–10 раз меньше насыщенных жиров, чем мясо животных, выращенных на промышленных фермах и откормленных кукурузой.

Другими словами, если мы продолжим предоставлять сельскохозяйственные субсидии, они должны поддерживать производство здоровой растительной пищи, предназначенной для непосредственного потребления человеком, а также, возможно, производство биотоплива для наших будущих автомобилей, грузовиков, автобусов, кораблей и самолетов. Если мы хотим и дальше использовать автомобили, корабли и самолеты, нам придется как-то производить топливо для них. Когда мы преодолеем нынешний экономический спад, нефтяное топливо снова станет чрезвычайно дорогим, и конкуренция за землю и воду между производством биотоплива и производством мяса станет очень интенсивной. Я бы предпочел субсидировать производство биотоплива вместо производства мяса, потому что субсидирование производства биотоплива снижает наши выбросы парниковых газов, а субсидирование производства мяса их увеличивает.

Если и поддерживать производство мяса, то субсидии следует предоставлять только системам, производящим здоровое мясо с низким содержанием

насыщенных жиров и управляемым таким образом, чтобы углеродные хранилища в почве и растительности — в деревьях, растущих на одной земле — увеличивались, а не сокращались. Нелечебное использование антибиотиков в животноводстве должно быть запрещено, а производство должно быть спланировано так, чтобы оно не приводило к эвтрофикации близлежащих рек, озер или водохранилищ, а также морей, к которым реки текут, — с целью предотвращения крупных выбросов закиси азота и метана.

На практике это означало бы направление субсидий, предоставляемых на производство мяса, на поддержку методов «свободного выпаса» крупного рогатого скота и только при условии обращения с почвами и древесным покровом таким образом, чтобы они становились стоками углерода, а не значительными источниками выбросов углекислого газа.

Если крупный рогатый скот или свиньи содержатся на промышленных фермах, где им не дают двигаться и кормят кукурузой, они становятся очень толстыми, и большая часть этого жира представляет собой нездоровые насыщенные жиры. То же самое произойдет и с человеком, которому не разрешат двигаться и заниматься спортом и постоянно будут кормить огромным количеством питательной пищи.

Такое изменение политики субсидирования сельского хозяйства означало бы, что настоящее мясо станет предметом роскоши. Те из нас, кто настаивает на том, чтобы есть мясо, все еще смогут это делать. Они не смогут позволить себе есть настоящее мясо каждый день — если только они не являются сверхобеспеченными — но мясо, которое они ели бы, было бы гораздо лучшего качества

и содержало в 5–10 раз меньше насыщенных жиров, а животные, которые умерли ради его производства, жили нормальной жизнью.

Другими словами, все люди будут вольны покупать мясо. Единственная разница будет заключаться в том, что люди, употребляющие мясо, должны будут платить всю цену самостоятельно, без государственных субсидий.

Большинство людей, вероятно, даже не заметят разницы, потому что уже сейчас все труднее отличить качественные «мясные продукты», произведенные из растительного сырья, от настоящего мяса или курицы. Люди действительно не могут почувствовать разницу между «фаршем» из соевого или пшеничного белка и настоящим мясным фаршем, другие «мясные продукты» из грибных, соевых или зерновых белков также становится все труднее отличить от дешевого мяса животного происхождения.

В ближайшем будущем у нас также будет «настоящая синтетическая плоть», или мясо, выращенное в биореакторах с помощью генетически модифицированных бактерий и стволовых клеток животных. При производстве такого искусственного мяса выделяется в 20 раз меньше углекислого газа и расходуется в 25 раз меньше воды, чем при производстве настоящего мяса. Но самое главное, если мы делаем мясо из растительного белка или выращиваем его в культурах тканей, нам не нужно обращаться с разумными, живыми, чувствующими, мыслящими существами — которые во многих отношениях похожи на нас сильнее, чем мы готовы признать, — как если бы они были культурой клеток.

Было бы гораздо рациональнее субсидировать производство искусственного мяса, чем производство настоящего мяса, за исключением тех случаев,

когда производство мяса из животных на свободном выгуле сочетается с восстановлением плодородия почв и древесного покрова, который будет поглощать большое количество углекислого газа из атмосферы.

С этим тесно связан вопрос, должны ли производители мяса компенсировать обществу экстернализированные издержки своей деятельности. Производство мяса приводит к очень большим выбросам парниковых газов, которые угрожают сокращением (в результате испарения) количества воды, доступной для сельского хозяйства, домашних хозяйств, промышленности и производства энергии, а также затоплению домов одного миллиарда или, возможно, нескольких миллиардов людей, и вызовет чрезвычайно разрушительные супер-тайфуны и супер-ураганы. Производство мяса загрязняет пресные воды и мелководные моря, что приводит к огромным экономическим потерям для секторов туризма и недвижимости. Эпидемии гриппа и появление мультирезистентных штаммов бактерий, вызванные промышленным животноводством, обременяют остальную часть общества огромными социальными, медицинскими и экономическими издержками.

Возможность экстернализации таких издержек и обременения ими остального общества также может рассматриваться как субсидия. Поэтому резонно задаться вопросом, следует ли заставлять производителей мяса и молока компенсировать ущерб, который они наносят климату, пресным водам, мелководным морям и здоровью населения.

Если мы прекратим выделять сельскохозяйственные субсидии на производство мяса и заставим его производителей платить за ущерб, который они наносят окружающей среде и здоровью

населения, мясо станет намного дороже. С другой стороны, отмена прямых и косвенных субсидий на производство мяса позволит снизить налоги, собираемые государством. Подавляющее большинство людей — возможно, более 95% — вероятно, сэкономят (намного) больше денег, чем потеряют. Только люди, которые настаивали на продолжении потребления очень большого количества дорогого настоящего мяса, смогут в конечном итоге потратить больше, чем они могли бы сэкономить.

Люди имеют право знать:  
Делая животноводство  
максимально прозрачным

Пол Маккартни однажды сказал, что если бы бойни имели стеклянные стены, никто бы не стал есть мясо. Это важный момент. Люди должны иметь право знать, что на самом деле происходит на промышленных фермах и скотобойнях, но владельцы этих предприятий, конечно, заинтересованы в том, чтобы люди не знали мрачных фактов о том, откуда взялось их мясо и как оно было произведено.

Хотя и маловероятно, что в будущем бойни и промышленные фермы будут сделаны из стекла, в скором времени станет возможным сделать их почти такими же прозрачными, как если бы у них действительно были стеклянные стены.

Микрокамеры и эндоскопы с USB-подключением становятся все меньше и дешевле. Очень маленькие высококлассные микрокамеры теперь можно купить менее чем за 200 долларов США, а в будущем они будут стоить лишь часть от этой суммы. Восьмиметровый эндоскоп с камерой и USB-подключением из Китая уже можно получить за

несколько десятков долларов. Микровертолеты также можно купить менее чем за 100 долларов, а самые маленькие из них могут приземлиться на руку человека. Скоро у нас появятся микровертолеты размером с насекомое, которые можно будет оборудовать качественными камерами.

Скотобойни и промышленные фермы не могут укрыться от таких новых высокотехнологичных устройств, которые скоро станут доступны всем, включая организации за благополучие животных, по защите прав животных и окружающей среды. Это означает, что производители мяса больше не смогут помешать людям знать, что происходит внутри таких предприятий. На самом деле, им даже не следует пытаться, потому что нет смысла вести безнадежную битву из-за худшей из возможных причин.

## **Список источников**

### **Введение: Скот, климат и цифры**

Различные оценки доли антропогенных выбросов парниковых газов, которые следует отнести на производство мяса и домашних животных: Steinfeld, Henning et al: Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, UNFAO, 2006; Goodland, Robert and Anhang, Jeff: Livestock and Climate Change: What if the Key Actors in Climate Change are Cows, Pigs and Chickens, Worldwatch, November/December, 2009. См. также: Rifkin, Jeremy: Beyond Beef, The Rise and Fall of the Cattle Culture, New York, Dutton, 1992.

#### **1. Животноводство, реактивный азот и закись азота**

На долю животноводства приходится 65% антропогенных выбросов закиси азота и 75–80% выбросов закиси азота в сельском хозяйстве: Steinfeld et al, ibid; Livestock, Environment and Development, the Role of Livestock in Climate Change, FAO, Rome. См. также: Koneswaran, Kouri and Nierenberg, Danielle: Global Farm Animal Production and Global Warming: Impacting and Mitigating Climate Change, Environmental Health Perspectives 116 (5): 578–582, May 2008; Growing Greenhouse Gas Emissions due to Meat Production, UNEP, 22 October, 2012.

Глобальный приток закиси азота: Thompson, R.L. et al: Nitrous Oxide Emissions 1999 to 2009 from a Global Atmospheric Inversion, Atmospheric Chemistry and Physics 14, 1801–1817, 2014.

Новые расчеты Пауля Крутцена относительно выбросов закиси азота: Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A. and Winiwarter, W.: N<sub>2</sub>O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels, *Atmospheric Chemistry Discussions* 7: 11191–11205, 2007. См. также: Del Grasso et al: estimating agricultural nitrous oxide emissions, *Eos* 89 (51). 529–530, 2008.

Выбросы закиси азота с заброшенных полей в Финляндии: Sarkkola, Sakari (ed): Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa, tutkimus-ohjelman loppuraportti, Maa- ja metsätalousministeeriö, 11/2007.

## 2. Угроза из бездны: животноводство и океанические выбросы закиси азота

Океанические выбросы закиси азота: Babbin, Andrew R., Bianchi, Daniele, Jayakumar, Amar and Ward, Bess B.: Rapid Nitrous Oxide Cycling in the Suboxic Ocean, *Science* 5 June 2015; Bange, H.W.: New Directions: the Importance of Oceanic Nitrous Oxide Emissions, *Atmosphere and Environment* 40: 198-199, 2006; Naqvi, S.W.A., Bange, H.W., Farsas, L., Monteiro, P.M.S., Scravton, M.I. and Zhang, J.: Coastal Hypoxia/Anoxia as a Source of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O, *Biogeosciences Discussions* 6: 9455–9523, 2009; Kroeze, C. and Seitzinger, S.P.: Nitrogen Inputs to Rivers, Estuaries and Continental Shelves and Related Nitrous Oxide Emissions in 1990 and 2050: a Global Model, *Nutrient Cycling and Agroecosystems* 52: 195-212, 1998; Walker, John T., Stow, Graig A. and Geron, Chris: Nitrous Oxide Emissions from the Gulf of Mexico Hypoxic Zone, *Environmental Science and Technology* 44: 1617–1623, 2010.

Выбросы закиси азота из мелководных морей могут составить 820 000 тонн: Seitzinger, S.P., Kroeze, C. and Styles, R.V.: Global Distribution of N<sub>2</sub>O Emissions from Aquatic Systems: Natural Emissions and Anthropogenic Effects, Chemosphere: Global Change Science 2: 267–279, 2000.

Выбросы закиси азота с западного побережья Индии и из Аравийского моря: Naqwi, S.W.A. et al: Increased Marine Production of N<sub>2</sub>O due to Intensifying Anoxia of the Indian Continental Shelf, Nature 408: 346–349, 2000; Bang, H.W., et al: Nitrous Oxide Emissions from the Arabian Sea: A Synthesis, Atmospheric Chemistry and Physics, 1: 61–71, 2001; Coddispoti, L.A., Elkins, J.W., Yoshinari, T., Friedrich, G.E., Sakarnoto, C.M.T., Salhard, T.T.: On the Nitrous Oxide Flux from productive Regions that Contain Low Oxygen Waters, Proceedings of the International Symposium on the Indian Ocean, New Delhi, India, 1992.

Выбросы закиси азота из Мексиканского залива: Walker, John T., Stow, Craig A. and Geron, Chris: Nitrous Oxide Emissions from the Gulf of Mexico Hypoxic Zone, Environmental Science and Technology 44: 1617–1622, 2010.

Выбросы закиси азота из эстуария Брисбена (Австралия) и некоторых эстуариев в Индонезии: Muller, D. et al: Nitrous Oxide and Methane in two Tropical Estuaries in a Peat-dominated Region of North-Western Borneo, Biogeosciences Discussions, 18 January, 2016.

Притоки закиси азота из Южно-Китайского моря: Han, Yu, Zhang, Gui-Ling, Shao, Yu-Chuan and Liu, Su-Mei: Distributions and Sea-to-air Fluxes of Nitrous Oxide in the Coastal and Shelf Waters of the North Western South China Sea, Estuarine Coastal and Shelf Science 133: 32–44, November 2013.

Выбросы закиси азота из эстуария Янцзы и близлежащей морской зоны: Zhang, G.-L., Zhang, J., Liu, S.M., Ren, J.L., Zhao, Y.C.: Nitrous Oxide in the Changjiang (Yangtze River) Estuary and its Adjacent Marine Area: Riverine Input, Sediment Release and Atmospheric Fluxes, *Biogeosciences* 7: 3505–3516, 2010.

Выбросы закиси азота и метана из прибрежных вод Европы: Bange, Hermann, W.: Nitrous Oxide and Methane in European Coastal Waters, *estuarine Coastal and Shelf Science* 70 (3): 361–374, November, 2006.

Приток антропогенной закиси азота из мелководных морей и внутренних водоемов может достигать 2,4 млн тонн: Galloway, J.N. et al: Nitrogen Cycles: Past, Present and Future, *Biogeochemistry* 70: 153–226, 2004. См. также: Galloway, J.N. et al: The Nitrogen Cascade, *Bioscience* 53 (4): 341–356, 2003.

Выбросы закиси азота в водах восточно-тропической северо-тихоокеанской зоны кислородного минимума (ЗКМ) и вероятность гораздо более крупных океанических выбросов закиси азота в будущем: Babbin et al, 2015, *ibid*; Chandler, David L.: Ocean Cycling of Nitrous Oxide is more Intense than thought, Emissions are increasing, June 5, 2015, *Science X Network*.

Выбросы закиси азота с побережья Перу: Arevalo-Martinez, D.L., Kock, A., Löscher, C.R., Schmitz, R.A. and Bange, H.W.: Massive Nitrous Oxide Emissions from the tropical South Pacific Ocean, *Nature Geoscience* 8: 530–533, 21 May, 2015.

Ожидаемый рост выбросов закиси азота по данным ЮНЕП: Chetney, Nina: UNEP: Nitrous Oxide Emissions Could double by 2050, *Reuters*, November 21, 2013.

### 3. Коровы, навоз и метан

Глобальный баланс метана, поглотители и источники: Augenbraun, Harvey, Matthews, Elaine and Sarma, David: Global Methane Inventory, NASA, Goddard Institute for Space Studies, 2013; Kirschke, Stefanie et al: Three Decades of Global Methane Sources and Sinks, *Nature Geoscience*, published online 22 September 2013; Johnson, K.A. and Johnson, D.E.: Methane Emissions from Cattle, *Journal of Animal Science* 73: 2483–2492, 1995; Bousquet, P. et al: Contribution of Anthropogenic and Natural Sources to Atmospheric Methane Variability, *Nature* 443: 439–443, 2006.

Последняя оценка МГЭИК относительно потенциала глобального потепления (ПГП) метана: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, IPCC, 2013, Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Джеймс Хансен указывает на косвенный потенциал глобального потепления метана: Hansen, James: *Storms of my Grandchildren*, Bloomsbury, 2011.

Сценарий «гидроксильного холокоста»: Pearce, Fred: *The Last Generation*, Eden Books, 2007.

Измерения Университета штата Пенсильвания: Hristov, A.N. et al: The Use of an Automated System (Greenfeed) to Monitor Enteric Methane and Carbon Dioxide Emissions from Ruminant Animals, *Journal of Visualized Experiments* 103: 52904, 2015.

Только в США животноводство производит 1,6 млрд тонн навоза в год: Saxena, Anand M.: *The Vegetarian Imperative*, John Hopkins University Press, Baltimore, 2011.

Выбросы метана из свиного навоза: Fleisch, Thomas K., Verlf, Xavier P.C., Desjardins, Raymond L. and Worth, Devon: Methane Emissions from a Swine

Manure Tank in Western Canada, Canadian Journal of Animal Science 93 (1): 159–169, October 5, 2012.

Выбросы метана из коровьего навоза: Masse, D.I., Masse, L., Llaveau, S., Benchaar, C. and Thomas, O.: Methane Emissions from Manure Storages, Transactions of the Asabe (American Society of Agricultural and Biological Engineers) 51: 1775–1781, 2008.

#### 4. Угроза из мелководья

Озера производят 8–48 млн тонн метана в год: Bastviken, David, Coe, Jonathan, Pace, Michael and Tranvik, Lars: Methane Emissions from Lakes: Dependence of Lake Characteristics, Two Regional Assessments and a Global Estimate, Global Biochemical Cycles 18, 20 October 2004.

Озера и водохранилища производят 103 млн тонн метана в год: Bastviken, D., Tranvik L.J., Downing, J.A., Crill, P.M. and Enrich-Prast A.: Freshwater Methane Emissions Offset the Continental Carbon Sink, Science 311: 50, January 2011.

Водохранилища гидроэлектростанций могут производить до 104 млн тонн метана в год: Li, Siyue and Lu, X.X.: Uncertainties of Carbon Emissions from Hydroelectric Reservoirs, Natural Hazards 62: 1343–1345, 24 March 2012; Lima, I.B.T. et al: Methane Emissions from Large Dams as Renewable Energy Resources: A Development Nation Perspective, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 13: 193–206, 2008.

Факторы, которые в будущем могут увеличить выбросы метана из водохранилищ и других пресноводных водоемов: Radford, Tim: Warming May Increase Freshwater Methane Emissions, Climate

Central, March 23, 2014; Prairie, Yves and Del Giorgio, Paul: A New Pathway of Freshwater Methane Emissions and the Putative Importance of Microbubbles, Inland Waters, 3: 311–320, 2013; Maeck, Andreas et al: Sediment Trapping by Dams Creates Methane Emission Hot Spots, Environmental Science and Technology 47: 8130–8137, 2013; Magill, Bobby: Methane Emissions May Swell — from Behind Dams, Scientific American, October 29, 2014.

За 40 лет выбросы метана из водохранилищ могут удвоиться: Siyue, Li and Lu, Xi Xi: Greenhouse Gas Emissions from Reservoirs Could Double within 40 years, Science, 28 June, 2011.

Водные выбросы метана варьируются от 190 тонн до 0,78 кг на гектар в год: Ortiz-Llorente, M.J. and Alvarez-Cobelas, M.: Comparison of Biogenic Methane Emissions from Unmanaged Estuaries, Lakes, Oceans, Rivers and Wetlands, Atmospheric Environment 59: 328–337, November 2012.

Выбросы метана из мелководных морей: Sun, M.S., Zhang, G.-L., Cao, X.P., Mao, X.-Y., Li, J. and Ye, W.-W.: Methane Distribution, Flux and Budget in the East China Sea and Yellow Sea, Biogeosciences Discussions 12: 7017–7053, 2015; Bange, 2006, ibid.

Закись азота из озера Байяндянь (Китай): Yang, Zhifeng, Zao, Ying, Xia, Xinghua: Nitrous Oxide Emissions from Phragmites Australis-dominated Zones in a Shallow Lake, Environmental Pollution 166: 116–124, July, 2012. Yoh, M., Terai, H., Saiso, Y.: Accumulation of Nitrous Oxide in the Oxygen Deficient Layer of Freshwater Lakes, Nature, 301: 327–329, 1983.

Темпы роста тропического водяного гиацинта: Goodland, Robert J.A., Watson, Catharine and Ledec, George: Environmental Management in Tropical Agriculture, Westview Press, Boulder, Colorado, 1984.

Биодизель из водорослей: Sheehan, J. et al: A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Programme: Biodiesel from Algae, National renewable Energy Laboratory, July, 1998; Bassam, N. El: Energy Plant Species, James & James Science Publishers, London, 1998; Briggs, Michael: Widescale Biodiesel Production from Algae, <http://www.americanenergyindependence.com/algae farms.aspx>; Strahan, David: A tank of the green stuff, New Scientist, 16 August, 2008.

## 5. Пастбища и деградировавшие леса

Максимальная глубина корневой системы деревьев: Douglas, Sholto J. and Hart, Robert A. de J.: Forest Farming, ITDG, London, 1985.

Корни деревьев тропических лесов Амазонки проникают в землю на 21 м: Walker, Gabrielle: How did paradise begin?, New Scientist, 21 September, 1996.

Скорость, с которой бывшие лесные почвы Британии и Серраду все еще теряют углерод: Goodall, Chris: Ten Technologies to Fix Energy and Climate, Profile Books, 2008.

Влияние выпаса скота на почвенный углерод в Монголии: Wang, Qinxue and Batkishig, Ochirbat: Impact of Overgrazing on Semiarid Ecosystem Soil Properties: A Case Study of the Eastern Hovsgol Lake Area, Mongolia, Journal of Ecosystem Ecograph, 4:1, 2014.

Влияние выпаса скота на почвенный углерод в Китае: Linghao, Li, Zuonghong, Chen, Qibing, Wang, Xianghua, Liu and Yonghong, Li: Changes in Soil Carbon Storage due to Over-Grazing in Leymus Chinensis Steppe in the Xilin River Basin of Inner Mongolia, Journal of Environmental Sciences 9: 486–490, 1997.

Влияние выпаса скота на почвенный углерод в Казахстане и других регионах Центральной Азии: Suleimanov, Mekhilis and Thomas, Richard J.: Central Asia: Ecosystems and Carbon Sequestration Challenges in Lal, Rattan et al (eds): Climate Change and Terrestrial Carbon Sequestration in Central Asia, Taylor & Francis, London, 2007; Saparov, A., Pachikin, K., Frokitina, O. and Nasarov, R.: Dynamics of Soil Carbon and Recommendations on Effective Sequestration of Carbon in the Steppe Zone of Kazakhstan in Lal, Rattan, 2007, ibid.

Влияние выпаса скота и собра урожая на почвенный углерод в Западном Чако: Abril, A. & Bucher, E.H.: Overgrazing and Soil Carbon Dynamics in the Western Chaco of Argentina, Applied Soil Ecology 12: 159–167, 2001.

Потеря почвенного углерода на Великих равнинах Северной Америки: Steinfeld, ibid, 2006. О явлении в целом смотри также: Radford, Tim: Loss of Soil Carbon will Speed Global Warming, The Guardian, 8 September, 2005.

Влияние выпаса скота на леса в Кентукки: Higgins, Steve, Wigertman, Sarah and Stringer, Jeff: Woodland Winter feeding of Cattle, Water Equality Best Management Practices, University of Kentucky, College of Agriculture.

Зарастание кустарником: Hudak, A.T., Wessman, C.A. and Seastedt, T.R.: Woody Overstorey Effects on Soil Carbon and Nitrogen Pools in South African Savanna, Austral Ecology 28: 173–181, 2003.

Сколько углерода может быть поглощено различными многоуровневыми домашними садами и агролесоводческими системами: Isomäki, Risto and Gandhi, Maneka: The Book of Trees – A Vasudhaiva Kutumbakam perspective, The Other India Press, 2004: Isomäki, Risto: Puukirja, Maan ystävät ja Ympäristö ja kehitys, 1998.

Пальма Мавриция: Lähteenoja, Outi, Ruokolainen Kalle, Schulman, Leif and Oinonen, Markku: Amazonian Peatlands: an Ignored C Sink and Potential Source, Global Change Biology 15: 2311–2320, 2009; Shanley, Patricia and Medina, Gabriel (eds): Frutiferas e Plantas Uteis na Vida Amazonica, CIFOR, Belem, 2005.

Количество термитов в различных экосистемах: Sanderson, M.G.: Biomass of Termites and Their Emissions of Methane and Carbon Dioxide: a Global Database, Global Biogeochemical Cycles 10: 543–557, December 1996.

## 6. Гори, гори, гори, гори

Глобальные объемы сжигания биомассы (без учета сжигания энергоносителей): Lauk, Christian and Erb, Karl-Heinz: Biomass consumed in anthropogenic vegetation fires: Global Patterns and Processes, Ecological Economics 69: 328–334, 2009.

Количество биомассы ежегодно сжигаемой при переложном земледелии в Индии: Gundimeda, Haripriya: Accounting for Carbon in the National Accounting Framework: A Note on Methodology, issue paper prepared for: UNSD, EEA, World Bank Expert Group Meeting on Experimental Ecosystem Accounts, London 5–7, 2011; Ahuja, D.R.: Estimating Regional Anthropogenic Emissions of Greenhouse Gases, in Khosloo, T.N. et al (eds): Indian Geosphere Biosphere, Karmany Publications, New Delhi, 1991.

Выбросы парниковых газов с гектара за один цикл сжигания в штате Андхра-Прадеш (Индия): Prasad, V. Krishna et al: Greenhouse Gas Emission Inventory from Biomass Burning due to Shifting Cultivation in India, Geocarto International 17: 13–20, 2002.

Выбросы парниковых газов и мелких частиц при различных формах сжигания биомассы: Andreae, M.O. and Merlet, P.: Emission of Trace Gases and Aerosols from Biomass Burning, Global Geochemical Cycles, 15: 955–966, 2001.

Выбросы сажи при сжигании биомассы: Bond, T.C. et al: Bounding the Role of Black Carbon in the Climate System: A Scientific Assessment, Journal of Geophysical Research. Atmosphere 118: 5380–5552, 2013.

Дым от переложного земледелия в январе – мае в Северо-Восточной Индии: Kharol, Shailesh Kumar, Badarinath, K.V.S. and Roy, P.S.: Studies on Emissions from Forest Fires using Multi-Satellite Dataset over North East Region of India, [https://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8\\_pdf/3\\_WG-VIII-3/02.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/3_WG-VIII-3/02.pdf); Blake Cohen, Jason and Wang, Chien: Estimating Global Black Carbon Emissions using a Top-Down Kalman Filter Approach, Journal of Geophysical Research Letters, 14 January, 2014.

Тепловое воздействие сажи, вероятно, составляет 1,1 Вт/м<sup>2</sup>: Bond, T.C., Doherty, S.J., Fahey, D.W. and Forster, P.: Bounding the Role of Black Carbon in the Climate System, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118: 5380–5552, January, 2013.

Тепловое воздействие сажи в Тибетском нагорье: Hansen, James and Nazarenko, Larissa: Soot Climate Forcing via Snow and Ice Albedos, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, published online December 29, 2003.

Источники выбросов сажи: Ramanathan, V. and Garmichael, G.: Global and Regional Climate Changes due to Black Carbon, Nature Geoscience 1: 221–22, 23 March, 2008.

Водоаккумулирующая способность горных ле-

сов: Padre, Shree: Rain Water Harvesting, Altermedia, Thrissur, 2003.

Смертность от загрязнения воздуха в мире: Burden of Disease from Household Air Pollution per 2012, summary of results, World Health Organization, 2014; 7 Million Premature Deaths Annually linked to Air Pollution, WHO News Release 25 March 2014; Lim, Stephen S. et al: A Comparative Risk assessment of Burden of Disease and Injury Attributed to 67 Factors and Risk Factor Clusters in 21 Regions 1990–2010: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, Lancet 380: 2224–2260, 2012; Agarwal, Anil and Narain, Sunita (eds): The State of India's Environment 1984–85, New Delhi, 1985.

От загрязнения воздуха ежегодно умирают 500 000 человек в странах-членах ЕС: Health at a Glance: Europe 2014, OECD and the European Union.

Проблемы со здоровьем, связанные с дефицитом витамина D, см., например: Holick, Michael F.: The Vitamin D Solution, Hudson Street Press, 2010.

## 7. Меньшие проблемы климата

О запасах углерода мангровых лесов: Donato, Daniel C., Kauffmann, J., Boone, Murdiyarso, Daniel, Kurnianto, Sofiyan, Stidham, Melanie and Kanninen, Markku: Mangroves Among the Most Carbon-Rich Forests in the Tropics, On carbon absorption of mangrove forests: Warne, kennedy: Forests of the Tide, National Geographic, February 2007.

Энергопотребление британских супермаркетов: Monbiot, George: Heat, Penguin Books, 2005.

## 8. Что нам делать?

К 2025 году две трети населения мира столкнется с нехваткой воды: International Decade for Action Water for Life 2005–2015, UNWATER, 24.11.2014; By 2025, Two-third of the World's Population May Face Water Scarcities, [www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity](http://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity).

Половина оросительной воды в Китае идет на корм и пастбища: Irrigation areas, irrigated crops, environment, [www.fao.org/water/aquastat](http://www.fao.org/water/aquastat).

Концепция Шестого массового вымирания: Kolbert, Elizabeth: The Sixth Extinction, Bloomsbury, 2014.

Текущая и будущая распространенность диабета: Moalem, Sharon: Survival of the Sickest, Harper, 2007; Lieberman, Daniel E.: The Story of the Human Body, Vintage Books, 2013.

В 2013 году от диабета умерло 5,1 млн человек: IDF Diabetes Atlas, Sixth Edition, International Diabetes Federation.

О диабете 2-го типа и стойких органических загрязнителях: Lee, Duk-Hee et al: A Strong Dose-response Relation between Serum Concentrations of Persistent Organic Pollutants and Diabetes, Diabetes Care, 29: 1638–1644, 2006.

Воздействие ДДТ увеличило риск рака груди в 5 раз: Cohn, Barbara et al: DDT and Breast Cancer in Young Women: New Data on the Significance of Age at Exposure, Environmental Health Perspectives 115: 1406–14, October, 2007.

Заболевания, которые мы приобрели в результате употребления мяса и содержания одомашненных животных: Wolfe, Nathan: Preventing the Next Pandemic, Scientific American, April, 2009; Wolfe,

Nathan et al: Origins of Major Human Infectious Diseases, *Nature* 447: 279–283, 2007; Quammen, David: Spillover, Animal Infections and the Next Human Pandemic, W.W. Norton and Company, London and New York, 2012; Mann, Charles C.: 1491, The Americas Before Columbus, Granta, 2005.

Прямая и косвенная смертность от эпидемии гриппа 1918–1919 годов: Barry, John M.: *The Great Influenza, The Epic Story of the Deadliest Plague in History*, Penguin Books, 2005; Levitt, Steven D. and Dubner, Stephen J: *Superfreakonomics*, Harper, 2009.

Происхождение эпидемии свиного гриппа, см., например: Nilsson, Mats-Erik & Ennart, Henrik: *Vaara vaanii kattilassa*, Atar, Helsinki, 2011; Lymbery, Philip and Oakeshott, Isabel: *Farmageddon, The True Cost of Cheap Meat*, Bloomsbury, 2014.

Количество антибиотиков, принимаемое людьми и скармливаемое домашнему скоту в США: Safran Foer, Jonathan: *Eating Animals*, Penguin, 2009; about the problem see also Lymbery, ibid, 2014.

Животные на травяном корме содержат в 5–10 раз меньше насыщенных жиров, чем животные, откормленные кукурузой на промышленных фермах: Leheska, J.M. et al: Effects of conventional and grain-feeding systems on the nutrient composition of beef, *Journal of Animal Science* 86: 3575–3585, 2008; см. также: Cordain, L. et al: Fatty acid analysis of wild ruminant tissues: Evolutionary implications for reducing diet-related chronic disease, *European Journal of Clinical Nutrition* 56: 181–191, 2002; Liebermann, Daniel L: *The Story of the Human Body, Evolution, Health and Disease*, Vintage Books, 2013.

Сельскохозяйственные субсидии составляют 486 млрд долларов США: Biron, Carey L.: *Global Agricultural Subsidies Near USD 500 billion*,

Favouring Large-Scale Producers, Mint Press News; 22 March, 2014.

Две трети субсидий США идет на мясо, табак и хлопок: Allen, Arthur: U.S. touts Fruit and Vegetables while subsidizing Animals that become Meat, The Washington Post, October 3, 2011.

Правая критика сельскохозяйственных субсидий: Edwards, Chris: Agricultural subsidies, Cato Institute, June 2009.

Сельскохозяйственные субсидии и водопользование в Индии: Clay, Jason: Are Agricultural Subsidies Causing More Harm than Good?, Guardian, 8 August, 2013.

Искусственное мясо: Hodson, Hal: Meat without murder? We had the first lab-grown burger. Now a bioreactor for growing artificial meat on a large scale is about to be built, New Scientist, 31 October, 2015.

