



Academy of
Preventive Medicine

THE LANCET

**Питание в эпоху антропоцена: научный доклад
Комиссии EAT–Lancet о путях обеспечения
здоровых рационов питания при помощи
устойчивых продовольственных систем**

[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)31788-4/fulltext?utm_campaign=tleat19&utm_source=hub_page](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)31788-4/fulltext?utm_campaign=tleat19&utm_source=hub_page)

Авторы и члены Комиссии

- [Prof Johan Rockström, PhD](#)
- [Brent Loken, PhD](#)
- [Marco Springmann, PhD](#)
- [Prof Tim Lang, PhD](#)
- [Sonja Vermeulen, PhD](#)
- [Tara Garnett, PhD](#)
- [David Tilman, PhD](#)
- [Fabrice DeClerck, PhD](#)
- [Amanda Wood, PhD](#)
- [Malin Jonell, PhD](#)
- [Michael Clark, PhD](#)
- [Line J Gordon, PhD](#)
- [Jessica Fanzo, PhD](#)
- [Prof Corinna Hawkes, PhD](#)
- [Rami Zurayk, PhD](#)
- [Juan A Rivera, PhD](#)
- [Prof Wim De Vries, PhD](#)
- [Lindiwe Majele Sibanda, PhD](#)
- [Ashkan Afshin, MD](#)
- [Abhishek Chaudhary, PhD](#)
- [Mario Herrero, PhD](#)
- [Rina Agustina, MD](#)
- [Francesco Branca, MD](#)
- [Anna Lartey, PhD](#)
- [Shenggen Fan, PhD](#)
- [Beatrice Crona, PhD](#)
- [Elizabeth Fox, PhD](#)
- [Victoria Bignet, MSc](#)
- [Max Troell, PhD](#)
- [Therese Lindahl, PhD](#)
- [Sudhvir Singh, MBChB](#)

- Sarah E Cornell, PhD
- Prof K Srinath Reddy, DM
- Sunita Narain, PhD
- Sania Nishtar, MD
- Prof Christopher J L Murray, MD

Содержание

Авторы и члены Комиссии	2
Резюме	6
Введение	12
Пища, планета и здоровье.....	12
Интегрированная мировая повестка дня по продовольственной системе	16
Безопасное функционирование систем продовольственного обеспечения	17
Область применения и ограничения.....	21
Раздел 1: Здоровые рационы питания	25
Диапазон неопределённости при количественном выражении критериев здорового рациона питания	27
Актуальный уровень знаний	28
Компоненты, составляющие рацион питания	29
Специальные предостережения.....	41
Краткая сводка доказанных критериев здоровых рационов питания	43
Анализ питания в целом: адекватность питания и смертность.....	43
Раздел 2: Устойчивое пищевое производство	47
Перспективы системы Земля при устойчивом пищевом производстве	47
Неопределенность в оценках устойчивого пищевого производства	50
Изменение климата	50
Использование водных ресурсов	54
Потоки азота и фосфора	57
Потеря биоразнообразия.....	61
Изменение системы землепользования	65
Научные целевые индикаторы и стратегические направления по обеспечению устойчивого производства продуктов питания.....	68
Раздел 3: Обеспечение здоровых рационов питания посредством устойчивых экологически безопасных систем продовольственного снабжения	70
Введение.....	70
Оценка влияния производства определенных пищевых продуктов на окружающую среду.....	71
Общее влияние производств паттернов пищевых продуктов на окружающую среду	73
Сценарии обеспечения здоровых рационов питания при помощи устойчивых (экобезопасных) продовольственных систем	73
Анализ сензитивности.....	86
Неопределенность в результатах моделирования.....	88
Раздел 4: Основы для Великой Продовольственной Трансформации	92

Уроки прошлых успешных глобальных преобразований	92
Пять стратегий Великой Продовольственной Трансформации.....	97
<i>Заключение.....</i>	114
<i>Список литературы</i>	115

Резюме

Системы продовольственного обеспечения (от сельского хозяйства и пищевой промышленности до организаций общественного питания) имеют все возможности для того, чтобы работать на благо здоровья населения Земли и поддерживать при этом экологическую устойчивость окружающей среды. Однако и здоровье людей, и экология планеты находятся сегодня под угрозой.

Обеспечение возрастающего населения Земли здоровыми рационами питания при помощи устойчивых продовольственных систем является важнейшей задачей современности, требующей безотлагательного решения. Несмотря на то, что объем производства продуктов питания растет вместе с ростом численности населения, более 820 миллионов человек потребляют сегодня недостаточное количество пищи, и гораздо большее число людей питается некачественными продуктами, что приводит к витаминно-минеральной (микронутриентной) недостаточности и росту распространенности алиментарного ожирения и хронических неинфекционных заболеваний, возникающих в результате неправильного питания, таких как коронарная болезнь сердца, инсульт, сахарный диабет. Нездоровое питание вносит больший вклад в рост заболеваемости и смертности, чем незащищенный секс, алкоголь, наркотики и курение вместе взятые. Ввиду того, что большая часть населения планеты питается неправильно, и многие биосистемы и процессы испытывают негативное воздействие со стороны систем, производящих пищевые продукты небезопасным для окружающей среды способом, человечество остро нуждается в глобальной трансформации всей системы продовольственного обеспечения.

Отсутствие научно обоснованных целевых индикаторов (то есть качественных и количественных характеристик, которым необходимо соответствовать) для здоровых рационов питания и устойчивых пищевых производств, при помощи которых должны обеспечиваться здоровые рационы питания, препятствует реализации полномасштабных и скоординированных действий по трансформации мировой продовольственной системы. Для разработки глобальных целевых индикаторов устойчивых продовольственных систем (пищевых производств, функционирующих без вреда для здоровья человека и экологии планеты) и здоровых рационов питания (рационов, обеспечивающих здоровье), находящих сильное научное подтверждение, была создана Комиссия EAT-Lancet. В ее состав вошли 19 специальных уполномоченных и 18 соисполнителей из 16 стран, являющихся профессионалами из таких сфер знаний и практики, как здравоохранение, сельское хозяйство, политические науки, наука об устойчивости окружающей среды. Установленные глобальные целевые индикаторы детерминируют условия функционирования продовольственных систем, гарантирующие безопасную эксплуатацию окружающей среды продовольственными системами, которые также позволяют оценить, какие пищевые рационы и способы производства пищевых продуктов помогут уверенно достичь Целей в области устойчивого развития (ЦУР) ООН при соблюдении Парижского соглашения 2015 года.

Мы количественно описываем универсальный здоровый рацион питания, обозначив его как эталонный рацион. Он будет служить основой для оценки влияния на здоровье человека и окружающую среду адаптированных рационов и рационов, альтернативных по отношению к существующим стандартным пищевым рационам, многие из которых состоят из большого количества нездоровых продуктов питания. Целевые индикаторы эталонного здорового рациона питания разработаны на основе обширных научных литературных данных по пищевым продуктам и пищевым паттернам (продуктовым наборам) и их влиянию на здоровье человека. Эталонный рацион состоит преимущественно из овощей, фруктов, цельных зерен, бобовых, орехов и ненасыщенных жиров, включает малое или умеренное количество морепродуктов и птицы, и исключает либо содержит в малом количестве красное мясо, переработанные мясные продукты, добавленный сахар, рафинированные зерновые продукты и крахмалистые овощи. В масштабе планеты уровень потребления здоровых продуктов питания существенно ниже эталонного, заданного в универсальном здоровом рационе. При этом все большее число людей потребляет избыточное количество нездоровых продуктов. Анализ, проведенный при использовании нескольких подходов, дает нам веские основания утверждать с большой долей уверенности, что глобальная адаптация эталонного здорового рациона питания окажет мощное благотворное влияние на здоровье населения планеты, что значительно снизит уровень преждевременной смертности.

Комиссия интегрирует такие научные задачи, как количественное описание универсального эталонного здорового рациона питания, научное обоснование целевых индикаторов устойчивых продовольственных систем и требований к сельскохозяйственным, агропромышленным и другим объектам продовольственной системы, соответствие которым позволит сузить границы деградации окружающей среды, вызванной функционированием этих объектов, минимизировать негативное влияние пищевых производств всех уровней на экологию планеты (то есть очертить научно обоснованные границы безопасного функционирования глобальной продовольственной системы). Целевые индикаторы безопасной эксплуатации окружающей среды пищевыми производствами определены в рамках шести ключевых процессов Земли (в рамках шести измерительных шкал). Имеются неоспоримые доказательства того, что системы, производящие продукты питания, являются одними из главных факторов, вызывающих глобальные изменения в окружающей среде. В частности, объекты продовольственной системы вносят существенный вклад в изменения климата, потерю биоразнообразия, проблему эксплуатации водных ресурсов, нарушение круговорота азота и фосфора, изменение состава почв, а также в химическое загрязнение почв, которое Комиссией не оценивалось. Производство продуктов питания зависит от постоянно функционирующих биофизических систем, регулирующих и поддерживающих стабильность экосистем Земли; таким образом, эти системы и процессы снабжают нас совокупностью глобальных системных индикаторов устойчивости и безопасности системы продовольственного снабжения. Согласно заключению Комиссии, количественные научные целевые индикаторы формируют универсальные и масштабируемые планетарные ограничения для

продовольственной системы. Тем не менее, диапазон неопределенности пороговых показателей пищевых производств остается высоким ввиду сложности, присущей динамике экосистем Земли.

Рационы питания неразрывно связаны как со здоровьем человека, так и с устойчивостью окружающей среды. Целевые индикаторы здоровых рационов и устойчивых систем продовольственного обеспечения интегрированы в единые рамки безопасного (как для здоровья человека, так и для окружающей среды) функционирования продовольственных систем, что позволяет идентифицировать так называемые win-win рационы питания (победные рационы), характеризующиеся тем, что являются здоровыми, и тем, что при производстве продуктов, входящих в рацион, не наносится вред окружающей среде. По нашему глубокому убеждению, описанная модель универсальна. Она вписывается в традиции питания всех мировых культур, в любые системы пищевого производства, и наделена высоким потенциалом для адаптации к локальным условиям и масштабирования.

Предложенная нами модель обладает большими перспективами на будущее. Согласно нашим оценкам, экологичные, безопасные для здоровья человека и природы системы производства продовольствия позволят обеспечивать здоровым рационом питания (эталонным рационом) возрастающее население планеты, численность которого, согласно прогнозам по мировому развитию, составит к 2050 году порядка 10 миллиардов человек. При этом следует иметь в виду, что даже незначительное отклонение от эталона, например, небольшое увеличение потребления красного мяса или молочных продуктов, крайне усложнит или сделает невозможным решение этой глобальной задачи. Безопасные пищевые производства могут обеспечивать рационы, отвечающие критериям эталонного здорового рациона питания, и соответствующие при этом культурным традициям питания и кухне всех народов мира, так как эталонный рацион может быть адаптирован под любые культурные запросы и местные условия природной среды.

Так как современные системы продовольственного обеспечения являются основными причинными факторами ухудшения здоровья людей и деградации окружающей среды, человечество крайне нуждается в принятии срочных коллективных мер по трансформации питания и пищевых производств в масштабах планеты. Разработанная интегральная модель трансформации, включающая научные целевые индикаторы, может обеспечить устойчивую нормализацию рациона питания населения. Комиссия пришла к выводу, что глобальные продовольственные системы смогут обеспечить «победными» (выгодными и для здоровья человека, и для экологии) рационами каждого человека к 2050 году и в дальнейшем. Однако для достижения этой цели потребуются быстрое принятие многочисленных мер, беспрецедентная мировая кооперация и приверженность поставленной цели, что является ничем иным, как Великой Продовольственной Трансформацией.

Мы фокусируемся главным образом на вопросах экологической безопасности пищевых производств и проблемах влияния рационов питания на здоровье человека. Однако продовольственные системы складываются под влиянием гораздо

большого числа факторов. В преобразование глобальной продовольственной системы должно быть вовлечено множество заинтересованных сторон, от отдельных потребителей до политиков и всех участников цепочки продовольственного снабжения, которые должны работать вместе во имя достижения общей глобальной цели по обеспечению устойчивого здорового питания, доступного для всех.

Ключевые тезисы

1 Нездоровая и созданная в неустойчивых системах производства пища создает глобальные риски для здоровья людей и планеты. Более 820 миллионов человек потребляют недостаточное количество пищи, и гораздо большее число людей придерживается нездоровых рационов питания, вызывающих болезни и, соответственно, повышающих риск преждевременной смерти. Более того, глобальное пищевое производство оказывает сильнейшее антропогенное воздействие на Землю, угрожающее локальным экосистемам и стабильности экологии Земли.

2 Приверженность современным трендам питания в сочетании с прогнозируемым ростом населения до 10 миллиардов человек к 2050 году усугубит риски для здоровья людей и экологии планеты. Ожидается рост глобального бремени неинфекционных заболеваний, увеличение парникового эффекта пищевых производств и загрязнения окружающей среды соединениями азота и фосфора, а также нанесение дальнейшего ущерба биоразнообразию планеты и снижение стабильности экосистем Земли в результате эксплуатации водных и земельных ресурсов.

3 Оздоровление пищевых рационов посредством устойчивой системы продовольственного обеспечения является необходимым условием для достижения Целей в области устойчивого развития ООН и соблюдения Парижского соглашения. Кроме того, научные целевые индикаторы здоровых рационов питания и устойчивых (экологических и безопасных) пищевых производств, крайне необходимы в качестве движущей и направляющей силы Великой Продовольственной Трансформации.

4 Здоровые рационы питания предполагают соответствующее потребление калорий и состоят из большого разнообразия

7 С учетом того, что пищевые производства являются одним из самых весомых глобальных факторов риска деградации окружающей среды, все существующие на Земле устойчивые системы продовольственного снабжения должны функционировать безопасным для окружающей среды способом. В частности, устойчивые продовольственные системы, обеспечивающие около 10 миллиардов человек, не должны использовать дополнительные площади земли и наносить ущерб биоразнообразию, должны сократить потребление воды, ответственно контролировать эксплуатацию водных ресурсов, существенно уменьшить загрязнение соединениями азота и фосфора, производить нулевые выбросы углекислого газа, и не вызывать дальнейшего увеличения выбросов метана и закиси азота.

8. Для трансформации современных продовольственных систем в устойчивые пищевые производства к 2050 году требуется как минимум 75% сокращение разницы в урожайности, существующей между разными регионами планеты, глобальное перераспределение квот азотных и фосфорных удобрений, утилизация фосфора, радикальное улучшение эффективности удобрений и использования воды, срочная разработка и реализация плана сельскохозяйственных мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов, принятие новых методов по управлению земельными ресурсами, благодаря которым сельское хозяйство станет производить отрицательную эмиссию углерода (то есть поглощение CO₂ сельскохозяйственными объектами будет преобладать над его выделением, иначе говоря, аграрное производство превратится из источника углекислого газа в его главного

растительных продуктов, небольшого количества животных продуктов, в основном из ненасыщенных, а не насыщенных жиров, и из ограниченного количества рафинированных зерновых продуктов, продуктов глубокой технологической переработки и добавленного сахара.

5 Оздоровление планетарного рациона питания к 2050 году потребует существенных изменений в питании населения, включая сокращение более чем на 50% глобального потребления нездоровых продуктов питания, таких как красное мясо и сахар, и увеличение более чем на 100% потребления здоровых продуктов (орехов, фруктов, овощей, бобовых и других). При этом следует учесть, что необходимые изменения будут сильно различаться по регионам.

6 Преобразование современных рационов питания в здоровые с высокой долей вероятности существенно улучшит здоровье людей, и предотвратит 10.8-11.6 миллионов смертей в год, что в процентном выражении означает сокращение смертности на 19,0–23,6%.

потребителя), а также фундаментальный сдвиг приоритетов пищевого производства.

9. Научные целевые индикаторы здоровых рационов питания, обеспечивающихся устойчивыми продовольственными системами, тесно переплетены с Целями в области устойчивого развития ООН. К примеру, достижение этих целевых индикаторов будет зависеть от того, будут ли люди получать высококачественную первичную медико-санитарную помощь, которая предусматривает консультирование по вопросам планирования семьи и обучение навыкам здорового питания. Целевые индикаторы и Цели в области устойчивого развития ООН по водным и земельным ресурсам, климату и биоразнообразию могут быть достигнуты только за счет строгой приверженности делу и глобальному партнерству при реализации задуманного.

10. Для обеспечения доступных всем здоровых пищевых рационов через устойчивые экологически безопасные продовольственные системы потребуются такие меры, как существенный сдвиг ассортимента производимых продуктов в сторону здоровых продуктовых наборов, значительное сокращение потерь пищи и пищевых отходов, и крупная модернизация пищевых производств. Эта универсальная для всего человечества цель достижима, однако чтобы ее добиться, необходимо принять научно обоснованные целевые индикаторы во всех секторах, что активизирует и направит в нужное русло деятельность всех заинтересованных сторон – от отдельных действующих лиц до профильных организаций, функционирующих во всех секторах на всех уровнях.

Человечество никогда не стремилось изменить мировую систему продовольственного обеспечения в масштабах, предусмотренных Комиссией. Для достижения этой глобальной цели недостаточно политической воли одной или нескольких стран, а проблемы, поднятые Комиссией, относятся к числу сложно разрешимых. Имеющиеся примеры социальной реакции на глобальные изменения позволяют извлечь три урока. Во-первых, один человек или научный прорыв, скорее всего, не могут стать катализатором системных изменений. Во-вторых, для

осуществления изменений крайне важны научные исследования и сбор доказательств. В-третьих, для достижения каких-либо целей должна присутствовать политическая воля во всех ее проявлениях, от мягких до жестких. Вместе эти три вывода направляют теоретические поиски путей трансформации глобальных продовольственных систем. Кроме того, мы разработали пять специфических и осуществимых стратегий, основанных на научных доказательствах. Наши модели и анализ подтвердили их эффективность для осуществления Великой Продовольственной Трансформации. Эти стратегии представлены ниже.

(1) Добиваться международной и национальной приверженности цели по оздоровлению рациона питания. Научные целевые индикаторы, установленные Комиссией, служат руководством для внедрения необходимых изменений, которые заключаются в увеличении потребления растительной пищи и значительном сокращении потребления продуктов животного происхождения. Исследования показали, что такой сдвиг положительно скажется на окружающей среде и здоровье человека. Добиться общественного согласия следовать такому рациону питания можно через пропаганду, популяризацию преимуществ здорового питания для здоровья человека и окружающей среды, постоянные образовательные программы для различных групп населения (осуществляемые при помощи СМИ и других каналов передачи информации), и совершенствование координации совместных усилий министерств здравоохранения и охраны окружающей среды.

(2) Смена приоритетов аграрного производства от погони за большими урожаями к сосредоточению на производстве здоровой пищи. Сельское хозяйство должно быть сфокусировано на выращивании и производстве большого разнообразия здоровых продуктов с высокой питательной ценностью, полученных при помощи подходов и технологий, поддерживающих биоразнообразие, а не на увеличении объема выращивания лишь нескольких культур, большинство из которых используется в животноводстве.

(3) Устойчиво интенсифицировать пищевые производства для улучшения качества продукции. Сегодняшняя мировая продовольственная система неустойчива и нуждается в сельскохозяйственной революции, которая должна базироваться на стабильной интенсификации, направляться требованием быть устойчивой (безопасной для здоровья человека и окружающей среды) и системными инновациями. Эти изменения приведут к следующим благоприятным результатам: сокращение разрыва по урожайности на пахотных землях; радикальное повышение эффективности использования удобрений и воды; переработка (утилизация) фосфора; глобальное перераспределение квот на использование азотных и фосфорных удобрений; реализация мер по смягчению последствий изменения климата, включая преобразования в управлении урожаем кормовых культур; увеличение биоразнообразия в сельском хозяйстве.

(4) Строгое и хорошо скоординированное управление охраной и использованием земельных и океанических ресурсов. Подобное управление предполагает политику отказа от расширения сельскохозяйственных угодий за счет лесов, богатых разнообразной флорой и фауной, и территорий, находящихся в пределах природных

экосистем. Обозначенная политика предусматривает восстановление и засаживание лесом истощенных и деградированных земель, разработку механизмов регуляции международного землепользования, а также принятие стратегий по сохранению биоразнообразия (англ. Half Earth strategy) для защиты устойчивости и высокой продуктивности пищевых производств. Мировой океан нуждается в тщательной защите, гарантирующей, что рыболовство не нанесет ущерба экосистемам, рыбные запасы будут использоваться ответственно, а мировое производство аквакультур будет расширяться устойчивым безопасным способом с учетом его влияния на экосистемы земли и океана.

(5) Сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов по крайней мере в два раза, что согласуется с задекларированными ООН глобальными Целями в области устойчивого развития. По существу, сокращение потерь продуктов, случающихся на всех этапах производственной траектории от производства до потребителя, имеет большое значение для обеспечения безопасного функционирования глобальной системы продовольственного снабжения. Чтобы добиться 50% сокращения продуктовых потерь и пищевых отходов, необходимо прибегать к определенным технологическим решениям на всех звеньях цепочки продовольственного снабжения и применять определенную общественную политику.

Существует возможность интегрировать системы продовольственного обеспечения в рамки международной, национальной и бизнес-политики во имя улучшения здоровья людей и укрепления устойчивости окружающей среды. Установление четких научно обоснованных целевых индикаторов, направляющих трансформацию пищевых производств, является важным шагом на пути к реализации этой возможности.

Введение

Пища, планета и здоровье

За последние 50 лет системы продовольственного обеспечения и рационы питания (продовольственные наборы) претерпели существенные изменения. Благодаря фокусированию усилий на наращивании урожайности и совершенствовании технологий по производству продуктов питания удалось уменьшить количество населения, страдающего от голода, повысить продолжительность жизни, понизить уровень детской смертности и бедности в мире.^{1,2} Однако все эти достижения сводятся на нет из-за того, что все возрастающая доля населения Земли придерживается нездоровых рационов питания, отличающихся высокой калорийностью и большим содержанием продуктов, подвергшихся глубокой технологической переработке, и продуктов животного происхождения. Возникновение, укоренение и расширение влияния этого тренда частично обусловлено интенсивной урбанизацией, ростом доходов населения и недостаточной доступностью продуктов с высокой питательной ценностью.^{3,4} Переход на нездоровый рацион питания не только увеличивает бремя ожирения и других алиментарно-зависимых хронических неинфекционных заболеваний, но и

вносит ощутимый вклад в деградацию окружающей среды.^{5,6} Проблема питания в эпоху антропоцена является одной из самых серьезных проблем 21 века, создающей угрозу здоровью человека и экологии окружающей среде.

В последние десятилетия международное сообщество предприняло определенные шаги по борьбе с голодом и нездоровым питанием, и включило задачу по решению проблем голода и нездорового питания в мировую повестку дня, приняв такие программные документы как Цели развития тысячелетия, Цели в области устойчивого развития, Десятилетие действий ООН по проблемам питания. Тем не менее, большое количество людей в мире все еще страдает от недоедания, а распространенность избыточного веса, ожирения и других хронических неинфекционных заболеваний продолжает расти. Низкокачественные рационы питания обуславливают недостаточность питания, избыточный вес, ожирение и стойкие микронутриентные дефициты. Во всем мире более 820 миллионов человек недоедают,⁷ 151 миллион детей имеют задержку физического развития, 51 миллион детей имеют признаки истощения⁸ и более 2 миллиардов людей страдают от недостаточности микронутриентов.⁹ Вместе с тем растет распространенность заболеваний, возникающих в результате приверженности нездоровым пищевым рационам, характеризующимся обилием высококалорийных технологически переработанных продуктов с низкой биологической ценностью. В частности, в настоящее время порядка 2,1 миллиарда взрослых имеют избыточный вес или ожирения,¹⁰ а количество людей, страдающих сахарным диабетом, за последние 30 лет увеличилось вдвое.^{11,12} Болезни, порождаемые нездоровым питанием, имеют наибольший удельный вес в глобальном бремени заболеваний, а вклад неправильного питания в рост заболеваемости и преждевременной смертности больше, чем от незащищенного секса, потребления алкоголя, наркотиков и курения вместе взятых.⁴ Ввиду того, что большая часть населения планеты получает неадекватное питание (недостаточное/избыточное/неполноценное), рацион питания человечества нуждается в срочной трансформации.

Слайд №1: Глоссарий

Антропоцен

Геологическая эпоха, характеризующаяся доминированием антропогенного фактора среди всех других факторов, вызывающих изменения на Земле.

Биосфера

Оболочка Земли, населенная живыми организмами, включающая литосферу (внешняя твердая оболочка поверхности Земли), гидросферу (водная оболочка планеты) и атмосферу (газовая оболочка, окружающая Землю). Биосфера играет важную роль в регулировании экосистем

Планетарные ограничения

Девять ограничений, каждый из которых представляет собой систему или процесс, играющий важную роль в регулировании и поддержании стабильности планеты. Они определяют глобальные биофизические пределы (границы), в рамках которых должно действовать человечество для поддержания стабильности и жизнеспособности системы Земля. Иными словами, это условия, которые необходимо соблюдать, чтобы сохранить благополучие системы Земля для будущих поколений.

Земли, обеспечивая обмен энергией и питательными веществами между ними.

Критерии безопасного функционирования (границы безопасности)

Пороговые величины, установленные в границах минимального диапазона научной неопределенности, которые служат руководством для принятия решений, обеспечивающих безопасное функционирование, и имеющих допустимый уровень риска. Принятые критерии являются базовыми, неизменными, и не привязаны к определенному временному периоду.

Система Земля

Взаимодействующие между собой физические, химические и биологические процессы Земли, происходящие на суше, в океане, атмосфере и на полюсах. Система Земля включает в себя естественные природные циклы, такие как круговорот веществ в природе (круговорот углерода, воды, азота, фосфора и т.д.). Живые существа, в том числе люди, являясь неотъемлемой частью системы Земля, оказывают большое влияние на природные циклы.

Продовольственная система

Все элементы и виды деятельности, относящиеся к производству, переработке, распределению, приготовлению и потреблению пищи. Работа Комиссии фокусируется на двух полюсах мировой продовольственной системы: финальном – потребление (здоровый рацион питания), и начальном – производство (устойчивые пищевые производства).

Великая Трансформация Продовольственная

Беспрецедентный спектр мер, предпринимаемых во всех секторах продовольственной системы на всех уровнях, которые направлены на нормализацию рациона питания при

Безопасное функционирование продовольственных систем

Способы и критерии функционирования пищевых производств, гарантирующие безопасную эксплуатацию окружающей среды и отсутствие вреда для здоровья человека, которые заданы научными целевыми индикаторами по защите здоровья людей и обеспечению устойчивости пищевых производств, установленными Комиссией. Соответствие пищевых производств критериям безопасности для здоровья человека и окружающей среды позволит обеспечить население планеты численностью порядка 10 миллиардов человек здоровыми рационами питания, не выходя за рамки биофизических пределов ресурсов Земли.

Научные целевые индикаторы

Количественные и качественные характеристики, которым необходимо соответствовать, чтобы отвечать определенным требованиям. Устанавливаются исходя из последних достижений и запросов науки и практики, и актуальны в определенных временных рамках, достигаются за счет международного научного консенсуса. Для сдерживания прироста глобальной средней температуры на планете (для противодействия глобальному потеплению) Межправительственная группа экспертов по изменению климата установила целевые индикаторы по максимально допустимым выбросам углекислого газа. Комиссия EAT-Lancet выработала глобальные научные целевые индикаторы, определяющие качественную и количественную структуру пищевого рациона, обеспечивающего здоровье человека, а также целевые индикаторы, детерминирующие границы безопасного функционирования пищевых производств, которых мы должны придерживаться, чтобы уменьшить деградацию окружающей среды, вызываемую функционированием

помощи устойчивых систем производства пищи.

Неинфекционные заболевания

Хронические заболевания, вызываемые совокупностью генетических, физиологических, экологических и поведенческих факторов. В число основных видов неинфекционных заболеваний входят сердечно-сосудистые, рак, хронические заболевания органов дыхания, сахарный диабет.

мировой продовольственной системы на всех уровнях.

Целевые индикаторы, основанные на научных доказательствах

Целевые индикаторы, выработанные коллегиально членами рабочей группы, состоящей из международных экспертов разных профилей знаний и практики. Целевые индикаторы устанавливаются на основе экспертных оценок при соблюдении принципов научной строгости для достижения международного научного консенсуса по определенной проблеме (например, научные целевые индикаторы, обозначенные Межправительственной группой экспертов по изменению климата). Эти целевые индикаторы применяются, например, для обоснования честным и прозрачным путем квот на выбросы парниковых газов для индивидуальных компаний с учетом необходимости сокращения выбросов согласно Парижскому соглашению. Целевые индикаторы, основанные на научных доказательствах, и научные целевые индикаторы - это не одно и то же, их отличает разная степень осуществимости и актуальности.

Продовольственная система является самым влиятельным фактором глобальных изменений экологии окружающей среды. Сельское хозяйство занимает около 40% всей земли,¹³ пищевые производства выбрасывают до 30% от мировых выбросов парниковых газов¹⁴ и используют до 70% от глобального потребления пресной воды.^{2,15} Превращение природных экосистем в пахотные земли и пастбища является основным фактором, ставящим многие виды живых существ под угрозу вымирания.¹⁶ Чрезмерное и неправильное использование азота и фосфора приводит к заболачиванию и возникновению мертвых зон в озерах и прибрежных зонах.¹⁷ От пищевых производств страдают также и морские экосистемы. Более 60% мировых запасов рыбы уже выловлено, и более 30% подвергается чрезмерному вылову. С 1996 года мировой улов морской рыбы падает.¹⁸ Кроме того, быстро развивающийся аквакультурный сектор может негативно повлиять на береговые зоны обитания флоры и фауны, запасы пресной воды и наземные экосистемы, непосредственно используемые для поддержания аквакультур и производства кормов для рыбоводства.¹⁹ Перед лицом вызова обеспечить 10 миллиардов человек здоровыми и устойчивыми рационами питания к 2050 году, и в связи с ростом

числа экологических систем и процессов, эксплуатируемых небезопасным образом, становится очевидным, что способы производства продуктов питания необходимо срочно пересмотреть.

Интегрированная мировая повестка дня по продовольственной системе

Рационы питания имеют непосредственное отношение к здоровью человека и к устойчивости окружающей среды.^{5,6} Нездоровые рационы питания плохо сказываются как на здоровье человека, так и на устойчивости окружающей среды, это проигрышные рационы (англ. – lose-lose diet).²⁰ Они характеризуются высокой калорийностью, большим содержанием сахара, насыщенных жиров, красного мяса, а также продуктов, прошедших глубокую технологическую переработку. Кроме того, деградация окружающей среды, порожденная злоупотреблением проигрышными нездоровыми рационами, может в свою очередь вносить определенную лепту в упадок состояния здоровья людей. К негативным последствиям перепроизводства нездоровых продуктов питания относятся: преждевременная смертность по причине болезней, провоцируемых плохим качеством воздуха, обусловленным сжиганием биомассы для высвобождения земель под сельское хозяйство,²¹ снижение уровня продовольственной безопасности ввиду падения урожайности вследствие изменений климата,²² снижение питательной ценности определенных растительных культур по причине повышения концентрации углекислого газа в атмосфере,²³ а также ухудшение проблемы голода из-за экстремальных погодных явлений, таких как засуха.⁷ EAT-Lancet Комиссия фокусируется на вопросах связей между рационом питания, здоровьем человека и устойчивостью окружающей среды, в то время как другие комиссии, сформированные под эгидой журнала «Lancet», занимались изучением других факторов, связанных с данной проблематикой.^{1,24,25}

Глобальная система продовольственного обеспечения нуждается в трансформации во имя защиты здоровья людей и стабильности окружающей среды, а также для искоренения современного нездорового тренда в культуре питания человечества. Однако подобная трансформация будет неосуществимой, если человечество не пересмотрит свои взгляды по отношению к продовольственной системе и собственному питанию. Человечество должно признать неразрывную связь между здоровьем и устойчивостью окружающей среды, и, интегрировав две эти проблемы, внести в общую глобальную повестку дня задачу по обеспечению себя здоровыми рационами питания при помощи устойчивых продовольственных систем. Призыв к созданию интегрированной программы по трансформации человеческой деятельности озвучен еще в 80-х годах прошлого века,²⁶ в то время как концепция здоровых и устойчивых продовольственных систем, находящаяся в фокусе внимания настоящей Комиссии, появилась лишь в последние годы.

Два главных программных документа внесли в мировую повестку дня проблемы общественного здоровья и устойчивости окружающей среды. В Целях в области устойчивого развития ООН (ЦУР)²⁷ озвучен призыв к странам всего мира побороть

бедность, защитить планету, обеспечить благосостояния для всех людей, а также искоренить голод и плохое качество питания. В обозначенные в ЦУР направления для всеобъемлющей международной политики включены вопросы улучшения здоровья людей и поддержания устойчивости окружающей среды, вошедшие в большую часть ЦУР. Парижское соглашение, хотя и направлено на борьбу с неблагоприятными изменениями климата, тем не менее, рассматривает также вопрос влияния изменений климата на здоровье человека. Более того, достижение цели Парижского соглашения по ограничению роста глобальной средней температуры на уровне ощутимо ниже 2°C , а именно, в $1,5^{\circ}\text{C}$, невозможно только за счет ограничения эмиссии углекислого газа. Для достижения этой цели необходимо перейти на пищевые производства с отрицательной эмиссией углекислого газа, то есть пищевые производства должны стать основными поглотителями углерода, а не быть основным источником выбросов углекислого газа. Это означает, что системы продовольственного обеспечения должны предусматривать защиту естественной функции природных экосистем по поглощению углекислого газа. Революционные изменения системы продовольственного обеспечения, необходимые для защиты здоровья человечества и сохранения устойчивости окружающей среды, имеют важное значение и для выполнения Парижского соглашения.²⁸ С учетом мощного влияния продовольственных систем на здоровье населения планеты и устойчивость окружающей среды, эти международные соглашения по мировой повестке дня предоставляют беспрецедентную возможность для катализации изменений в сознании людей, необходимых для инициации и воплощения в жизнь преобразований глобальной продовольственной системы.

Безопасное функционирование систем продовольственного обеспечения

Для достижения ЦУР и целей Парижского соглашения недостаточно их простого провозглашения. Четкие научные целевые индикаторы, определяющие качественные и количественные характеристики здоровых рационов питания и безопасных для здоровья людей и окружающей среды пищевых производств, послужат направляющей силой деятельности политиков, бизнеса и всех других участников системы продовольственного обеспечения. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК - IPCC) сформулировала научные целевые индикаторы по оценке изменений климата, установив максимально допустимый объем выбросов углекислого газа (CO_2), который позволит сдерживать рост глобальной средней температуры на планете. Целевые индикаторы по сокращению выбросов CO_2 обеспечили возможность оценить величину остаточного эмиссионного бюджета CO_2 (допустимый суммарный антропогенный выброс CO_2 за установленный период времени) и риски по изменению климата для общества, которые легли в основу Парижского соглашения, подписанного 195 странами. Установленный предел роста глобальной температуры в $1,5\text{-}2^{\circ}\text{C}$ является целевым индикатором, основанным на научных доказательствах (Слайд №1), согласованным путем переговоров и политического консенсуса, базирующимся на современном научном понимании. В отношении мировой системы продовольственного обеспечения четкие научные целевые

индикаторы не установлены. Отсутствие таких целевых индикаторов является препятствием для политиков и бизнеса, находящихся в поиске руководства по достижению ЦУР, связанных с продовольственным обеспечением, и выполнению обязательств Парижского соглашения.

Мы можем концептуализировать комплексную мировую повестку дня по здоровью и устойчивости окружающей среды с задачей по трансформации глобальной продовольственной системы, в том случае, если для нее установлены четкие научные целевые индикаторы, соответствующие концепции безопасного функционирования пищевых производств. Концепция безопасного функционирования пищевых производств предложена Rockström и коллегами в 2009 году,²⁹ происходит из представления о планетарных ограничениях (Слайд №1) и определяется как «безопасное для человечества функционирование, не нарушающее устойчивости системы Земля, и гармонично ассоциированное с ее биофизическими подсистемами или процессами». Мы используем концепцию о планетарных ограничениях в качестве основы для разработки характеристик безопасно функционирующих пищевых производств, то есть продовольственных систем, обеспечивающих защиту здоровья человека и устойчивость окружающей среды. Характеристики безопасного функционирования пищевых производств детерминированы научными целевыми индикаторами, которые устанавливают, в каком количестве должны потребляться определенные группы пищевых продуктов, чтобы обеспечить здоровье человека (напр. 100-300 г фруктов в день, Таблица 1), а также планетарными ограничениями, диктующими, каким требованиям должны отвечать пищевые производства, чтобы гарантировать стабильность системы Земля. Требования к функционированию системы продовольственного снабжения детерминируются следующими ограничивающими показателями/измерительными шкалами: общее количество пахотных земель, скорость потери биоразнообразия, объемы используемой пресной воды, объемы выбросов в атмосферу парниковых газов, а также степень загрязнения азотом и фосфором из-за азотных и фосфорных удобрений, используемых в сельском хозяйстве (Таблица 2). Названные требования к здоровым рационам питания и пищевым производствам позволяют идентифицировать характеристики безопасного функционирования продовольственных систем, гарантирующие достижение целей по обеспечению здоровья человека и сохранению экологической устойчивости окружающей среды.

	Потребление макронутриентов (допустимый диапазон), г/д	Потребляемые калории, ккал/день
Цельнозерновые продукты*		
Рис, пшеница, кукуруза и др.	232 (общее кол-во полученной энергии в день составляет 0-60%)	811

Корнеплоды или крахмалсодержащие овощи		
Картошка и маниока	50 (0-100)	39
Овощи		
Все овощи	300 (200-600)	...
Темно-зеленые овощи	100	23
Красные и оранжевые овощи	100	30
Другие овощи	100	25
Фрукты		
Все фрукты	200 (100-300)	126
Молочные продукты		
Цельное молоко или продукты, созданные на его основе (напр. сыр)	250 (0-500)	153
Источники белка‡		
Говядина и баранина	7 (0-14)	15
Свинина	7 (0-14)	15
Курица и другая птица	29 (0-58)	62
Яйца	13 (0-25)	19
Рыба§	28 (0-100)	40
Бобовые		
Сухая фасоль, чечевица, горох*	50 (0-100)	172
Соевые продукты	25 (0-50)	112
Арахис	25 (0-75)	142
Лесные орехи	25	149
Добавленные жиры		
Пальмовое масло	68 (0-68)	60
Ненасыщенные жиры¶	40 (20-80)	384
Молочные жиры (включая в составе молока)	0	0
Свиное или говяжье сало	5 (0-5)	36
Сахаросодержащие продукты		
Все подсластители	31 (0-31)	120
Для каждого индивидуального человека оптимальное потребление энергии для поддержания нормальной массы тела зависит от физических габаритов и уровня физической активности. Технологическая переработка продуктов (например, частичная гидрогенизация масла, рафинирование зерен, добавление соли и консервантов) меняет свойства продуктов таким образом, что они могут оказывать существенное негативное влияние на здоровье человека. *Пшеница, рис, сухая фасоль и чечевица – масса в сухом и неприготовленном (сыром) виде. †Сочетание и разнообразность цельнозерновых продуктов может варьироваться при сохранении изокалорийности потребления. ‡Говядина, баранина и свинина являются взаимозаменяемыми продуктами. Курицу и другую птицу можно заменять на яйца, рыбу или растительные источники белка. Бобовые,		

арахис, лесной орех, семена и соевые продукты являются взаимозаменяемыми. §Под морепродуктами понимается рыба и моллюски (напр. мидии и креветки), которые можно получать как путем вылова, так и путем разведения. Хотя морепродукты разнообразны, состоят как из растительной, так и животной пищи, в настоящем отчете внимание уделяется именно животным морепродуктам. ¶Ненасыщенные жиры на 20% поступают за счет оливкового, соевого, рапсового, подсолнечного и орехового масла. ||Употребление свиного или говяжьего сала необязательно, они могут поступать в организм в случае потребления в пищу свинины или мяса крупного рогатого скота.

Таблица 1: Здоровый эталонный рацион питания с указанием допустимого диапазона потребления. Указано для суточной калорийности рациона 2500 ккал/день

Границы, очерчивающие безопасное функционирование пищевых производств, трудно устанавливать для сложных систем, и они нуждаются в постоянном уточнении и пересмотре. система Земля и биология человека – это сложные саморегулирующиеся адаптивные системы, взаимодействующие через системы обратных связей. В этой связи все научные целевые индикаторы, определяющие критерии безопасности функционирования продовольственных систем, призванных обеспечивать здоровые рациона питания при помощи устойчивых пищевых производств, ассоциированы с некоторой степенью неопределенности. В целях предосторожности и минимизации возможных будущих рисков, границы неопределенности всегда устанавливаются на самом нижнем конце диапазона научной неопределенности таким образом, чтобы с большой долей вероятности гарантировать, что в очерченных границах продовольственные системы будут функционировать безопасным для здоровья человека и окружающей среды способом.³⁰ Эти границы должны рассматриваться как руководство к действию для принимающих решения, что позволит принимать решения с допустимым уровнем риска для здоровья человека и устойчивости окружающей среды. Функционирование пищевых производств вне рамок безопасности хотя бы в одной из вышеназванных измерительных шкал процессов Земли (напр. высокая скорость утраты биоразнообразия) или в отношении какой-либо группы пищевых продуктов (напр. недостаточное потребление овощей) увеличивает риск нанесения вреда стабильности системы Земля и здоровью человека. Если рассматривать win-win-рационы питания, то есть победные рационы²⁰ (рационы, выгодные и для здоровья человека, и для устойчивости окружающей среды) как интеграцию важнейших вопросов современной мировой повестки дня – здоровье человека и экологическая ситуация на планете, - как подход, позволяющий снабжать человечество здоровыми рационами питания при помощи безопасных пищевых производств, то глобальные цели по здоровью населения и состоянию экологии Земли станут осуществимыми.

	Контрольные параметры	Пороговые значения (с указанием диапазона неопределенности)
--	-----------------------	---

Изменение климата	Парниковые газы (CH ₄ и N ₂ O)	5 Гт эквивалента CO ₂ в год (4.7–5.4).
Круговорот азота	Внесение азота	90 Тг азота в год (65–90; * 90–130 †)
Круговорот фосфора	Внесение фосфора	8 Тг фосфора в год (6–12;* 8–16†)
Использование пресной воды	Потребление воды	2500 км ³ в год (1000–4000)
Утрата биоразнообразия	Скорость вымирания	Десять вымерших видов на миллион видов в год (1–80)
Изменения наземной системы	Площадь пахотных земель	13 миллионов км ² (11–15)
* Нижний предел диапазона, если не приняты улучшенные методы производства и перераспределения. † Верхняя граница, если будут приняты улучшенные методы производства и перераспределения, и 50% применяемого фосфора будет переработано.		

Табл. 2: Научные целевые индикаторы для шести ключевых процессов Земли и контрольные параметры, используемые для количественного определения границ безопасного функционирования (шкалы измерения границ безопасности)

Область применения и ограничения

ЕАТ-Lancet Комиссия объединила ученых их разных научных дисциплин для того, чтобы оценить глобальную продовольственную систему, выработать глобальные научные целевые индикаторы, и на их основе направить человечество на путь принятия здоровых рационов питания, произведенных при помощи устойчивых пищевых производств. Поскольку разработка обозначенных целевых индикаторов относится к числу трудноразрешимых задач, Комиссия сфокусировалась на двух полюсах мировой продовольственной системы: финальном – потребление (здоровый рацион питания), и начальном - производство (устойчивые пищевые производства). Потребление и производство пищевых продуктов являются самыми весомыми факторами из всех, оказывающих влияние на здоровье человека и на устойчивость окружающей среды. Тем не менее, система продовольственного обеспечения складывается не только из этих двух крайних полюсов. Хотя Комиссия подразумевает под понятием «продовольственная система» только два ее концевых полюса (производство и потребление), она признает, что продовольственная система не ограничивается только этими звеньями системы. Система продовольственного снабжения состоит из всей совокупности разноплановых элементов (например, окружающая среда,

вовлеченные в нее люди разных специальностей, входные условия, процессы, инфраструктуры и учреждения) и деятельности, связанной с производством, переработкой, распределением, приготовлением и потреблением пищи.³¹ Комиссия подчеркивает, что Великая Продовольственная Трансформация осуществима, только если за ее реализацию возьмутся все действующие лица политической, продовольственной и других участвующих систем, и только если все будут работать единым фронтом по всем направлениям, на всех без исключения уровнях. Более того, мы признаем, что продовольственная система оказывает воздействие на общество, культуру, экономику, а также на экологию планеты, благополучие животного и растительного мира. Ввиду обширности и глубины темы, многие важные вопросы не были охвачены. Для того, чтобы добиться глобальной цели по оздоровлению рациона питания человечества при помощи устойчивых пищевых производств, еще многое предстоит проанализировать и изучить. Комиссия не устанавливает целевые индикаторы, основанные на научных доказательствах (Слайд №1), от имени какой-либо страны, поскольку не имеет на это полномочий. Комиссия является независимым научным органом, опирающимся в своей деятельности на самые передовые научные достижения, и созданным для того, чтобы провести глобальную оценку продовольственной системы, разработать глобальные научные целевые индикаторы здорового рациона питания и устойчивого безопасного пищевого производства. Эти целевые индикаторы выступают в роли впервые созданного научного руководства по оздоровлению рациона питания при помощи устойчивой продовольственной системы. Несмотря на то, что межправительственной научной группы или всеобъемлющего международного соглашения по питанию не существует (подобия Парижского соглашения), инициатива по разработке глобальных целевых индикаторов может существенно переломить ситуацию благодаря тому, что побудит науку дальше дорабатывать глобальные научные целевые индикаторы по оценке рационов питания, здоровья человека, экологической безопасности (устойчивости) пищевых производств и состояния окружающей среды, и с другой стороны простимулирует бизнес и политиков переводить разработанные дефиниции (определения) на язык оперативных (рабочих) целевых индикаторов, основанных на научных доказательствах, для различных секторов, регионов и стран.

Концепция планетарных ограничений расширяет понятие устойчивого пищевого производства, включая в него присущий пищевым производствам аспект их влияния на экологию окружающей среды, вписывая тем самым локальное явление в глобальную шкалу измерений. Тем не менее, эта модель не предоставляет плана по переводу глобальных целевых индикаторов в национальные и субнациональные правительственные, или в местные для предприятий и других местных организаций и заинтересованных сторон. Задача Комиссии - сформировать у всех потенциальных участников Великой Продовольственной Трансформации правильное представление о национальных, отраслевых и социально-политических целевых индикаторах и приоритетах, помочь осознать глобальный экологический контекст, с которым должна соотноситься деятельность всех многочисленных и разноплановых участников системы продовольственного снабжения.

Предложенный подход является первой попыткой идентифицировать характеристики системы конкретного локального уровня с учетом глобальных планетарных перспектив.

Комиссия не предлагает простого глобального решения обсуждаемых здесь проблем. Для того чтобы обеспечить безопасное функционирование систем производства продуктов питания потребуются принятие и внедрение множества разнообразных решений и инноваций. В отношении пищевых производств мы избегаем сравнения отдельных видов продовольственных систем (напр. органических и неорганических пищевых производств), так как уже существует большое количество сравнительных исследований,³² и дебаты о специфических системах хозяйствования и диетах могут звучат слишком категорично и маскировать разнообразие контекстов и доступных решений. Мы предлагаем рекомендации по здоровому рациону питания, и предоставляем большой простор для выбора конкретных существующих в мире диет (например, вегетарианская или пескатариянская). За счет того, что универсальный здоровый рацион состоит из обширных групп продуктов, употреблять которые рекомендуется в пределах довольно широкого диапазона, при составлении индивидуального пищевого рациона легко учесть личные предпочтения. Гарантированных решений не существует, и настоящий доклад не позволит пользователям представленного анализа принять целостную концепцию безопасного функционирования продовольственных систем.

Комиссия не рассматривала разные сценарии роста населения планеты, например, такой как Разделяемые (общие) Социально-экономические Пути (альтернативные модели развития человечества в случае отсутствия мероприятий по борьбе с изменениями климата). Главным драйвером увеличения требований к системе продовольственного снабжения является рост численности населения планеты. Ожидается, что население Земли увеличится примерно с 7,6 миллиардов человек в 2017 году до 9,8 миллиардов человек к 2050 году. Замедление темпа прироста населения будет иметь важное значение для его обеспечения здоровыми и устойчивыми рационами питания. Широкий доступ всех членов общества к услугам по охране репродуктивного здоровья (включая планирование семьи), к информации и образованию - необходимая составляющая успеха в деле по контролю рождаемости. В своем анализе мы опираемся на альтернативную модель развития человечества, обозначенную как «Разделяемый (общий) Социально-экономический путь 2», согласно которой ожидается умеренный прирост населения (до 9,2 миллиарда человек к 2015 году), а также берем в расчет общепринятые показатели (рост населения, ВВП) и исторические закономерности (Приложение, стр. 1).

В заключении отметим, что хотя Комиссия ориентируется на временной период до 2050 года, обсуждаемые в докладе вопросы выходят за рамки 2050 года. Ожидается, что к 2100 году население превысит 11 миллиардов человек, если не будут приняты меры по стабилизации роста населения (Приложение, стр. 2). Вполне возможно обеспечить до 10 миллиардов человек здоровыми рационами

питания, производимыми при помощи экологически безопасных устойчивых продовольственных систем, однако превышение этого порога снижает вероятность решения этой задачи.

Преодоление неопределенности

Лишь небольшая доля научных выводов о питании, здоровье человека и устойчивости окружающей среды может быть сделана с абсолютной уверенностью, потому что доказательства, в силу разных причин, среди которых сложность изучения названных научных проблем, страдают определенной степенью неполноты и несовершенства. Научное сообщество находится в постоянном поиске ответов для заполнения пробелов в знаниях, следовательно, понятийный аппарат научных дисциплин, изучающих названные проблемы, должен непрерывно обновляться. Мы попытались положить в основу нашего анализа самые надежные и передовые научные данные, но при этом мы признаем, что некоторая неопределенность существует. Поэтому для выведенных величин мы обозначаем область значений, в которых уверены, указываем диапазон неопределенности, приводим все доступные нам доводы (качественные, количественные доказательства, причинно-следственные связи, последовательность доказательных рассуждений) и степень валидности данных, к которым апеллируем. Степень нашей уверенности предельно высока в отношении направления и силы ассоциаций, описанных в настоящем докладе, но касательно детальных количественных показателей некоторая степень неопределенности сохраняется. Моделирование и анализ сензитивности позволяют оценить последствия этой неопределенности.

Раздел 1: Здоровые рационы питания

Что такое здоровый рацион питания?

Определение здоровых рационов питания имеет повышенное значение в силу многих причин. Например, понятие здорового рациона используются при создании руководства по питанию для населения, для оценки питания и консультирования пациентов в клинических условиях, для разработки стратегий по улучшению питания, и для мониторинга качественной и количественной структуры питания индивидуума или популяции. Однако в практическом отношении определение качественных и количественных характеристик универсального здорового рациона питания является трудновыполнимой задачей. Ее сложность обусловлена многими обстоятельствами, в числе которых индивидуальные различия в физиологических потребностях в энергии и пищевых веществах в зависимости от пола и возраста, состояния здоровья, уровня физической активности, наличия беременности у женщин.

Слайд №2: Достижимость эталонного рациона питания

Хотя эталонный рацион питания, призванный обеспечивать здоровье, соответствует многим традиционным паттернам питания, некоторым людям или популяциям эталонный рацион может показаться экстремальным или недостижимым и непригодным. Однако в глобальном масштабе характеристики универсального эталонного рациона согласуются со строгими вегетарианскими диетами и с диетами, позволяющими умеренное количество животных продуктов, то есть полностью соответствуют традициям питания многих народов мира. Лучшим изученным примером служит Средиземноморская диета, сходная с диетой острова Крит середины 20 века. Эта диета характеризуется незначительным содержанием красного мяса (среднее потребление красного мяса вместе с птицей составляет 35 г/день)¹², обилием растительной пищи и большим содержанием жиров (около 40% от суточной калорийности рациона), потребляемых в основном в виде оливкового масла.¹³ На тот момент продолжительность жизни греков была одной из самых длительных в мире.¹⁴

Многие другие традиционные культуры питания, существующие в Индонезии, Мексике, Индии, Китае и Западной Африке, также предполагают потребление незначительного количества красного мяса, которое может употребляться только в особых случаях или добавляется как второстепенный ингредиент в смешанные блюда.¹⁵⁻¹⁷ Некоторые из народностей названных регионов используют в своем питании малое количество молочных продуктов или вовсе их не используют, причем представители этих народов часто страдают непереносимостью лактозы, и в меньшей степени подвержены переломам костей, по сравнению с жителями стран с высоким потреблением молочных продуктов.¹⁸ Народы некоторых стран Западной Африки потребляют большое количество орехов (например, в Нигере - около 100 г/день), а для многих популяций стран Азии характерен высокий уровень потребления соевых продуктов (например, на Тайване - 46 г/день).¹⁶ Уровень потребления бобовых традиционно высок во многих культурах, например, в Мексике, Индии и Руанде.^{15,19} Таким образом, в мире широко представлены традиции питания, конгруэнтные эталонному рациону, а кулинарный опыт народов мира позволяет освоить бесконечное разнообразие рецептов приготовления здоровых и вкусных блюд.

Здоровый рацион питания должен поддерживать здоровье человека, которое ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения, WHO) определяет как «состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов». Мы рассматривали рационы питания для практически здоровых людей старше 2 лет. Дети первых двух лет жизни отличаются особыми потребностями в питании, которое должно обеспечивать быстрый рост и развитие, но их рацион питания оказывает лишь несущественное влияние на функционирование продовольственных систем, поскольку дети 0-2 лет составляют небольшой процент от всего населения Земли, и их потребности в абсолютном количестве пищи (выражаемой в граммах) незначительны. В этом разделе обсуждаются только вопросы влияния питания на здоровье. Отметим также, что мы не рассматривали вопросы безопасности пищевых продуктов (т.е. микробное и другие формы заражения).

Как и в большинстве руководств по здоровому питанию, при определении здорового рациона мы оперируем группами пищевых продуктов, учитывая, что

рацион должен быть адекватен потребностям организма человека в пищевых веществах и энергии. Использование групп пищевых продуктов – самый прямой путь связать пищевые производства со здоровьем человека. Однако оперирование исключительно группами пищевых продуктов не позволяет принять во внимание добавленные жиры, сахар, соль и другие компоненты, поэтому они также будут рассмотрены. Определение здорового рациона питания основано на доказательствах, полученных в ходе таких видов исследований, как контролируемые испытания влияния различных паттернов питания/продуктов питания на показатели здоровья людей с умеренно выраженными рисками заболеваний, наблюдательные (обсервационные) исследования и рандомизированные контролируемые испытания. В качестве доказательств мы приводим также имеющиеся систематические обзоры, мета-анализы и объединенные анализы первичных данные (Приложение, стр. 4–12). Обширные обзоры, в которых задокументированы данные о важном значении качественной структуры питания опубликованы ранее.^{33,34}

Рекомендуемый нами здоровый универсальный эталонный рацион питания составлен из основных групп продуктов с указанием диапазона их суточного потребления. Такая структура эталонного рациона позволяет гибко адаптировать к его требованиям любые паттерны питания (Табл. 1), составлять индивидуальный рацион из предпочитаемых продуктов, но из каждой обязательной к употреблению пищевой группы, в предпочитаемых пропорциях, не выходящих за рамки рекомендуемых норм (Слайд №2).

Диапазон неопределённости при количественном выражении критериев здорового рациона питания

У нас есть веские базирующиеся на большом количестве воспроизводимых научных доказательств основания уверенно заявлять, что выведенный нами эталонный рацион питания полностью отвечает физиологическим потребностям в энергии и пищевых веществах детей старше 2-х лет и взрослых, а также уменьшает риск хронических неинфекционных заболеваний, и, следовательно, снижает общую смертность. Зачастую, не всегда удастся определить оптимальное количество потребления той или иной специфической группы пищевых продуктов отчасти в силу того, что это зависит от употребляемого количества других составляющих рациона питания. Кроме того, для некоторых групп продуктов характерна приблизительно линейная связь между уровнем их потребления и риском заболеваний, что усложняет идентификацию оптимального уровня их потребления. Хотя положительная линейная связь между потреблением и риском заболеваний и предполагает, что оптимальное потребление вредных здоровью продуктов равно нулю, эффект нулевого потребления пищевых продуктов с неблагоприятным влиянием на здоровье невозможно будет отличить от эффекта при потреблении их в малом количестве. Более того, калорийность всей совокупности потребляемых за день групп пищевых продуктов не должна выходить за рамки рекомендуемых норм суточного потребления энергии.

Чтобы сделать возможным расчет пищевой и энергетической ценности потребляемого рациона питания, оценку его влияния на здоровье человека и устойчивость окружающей среды, мы присвоили номер каждой группе продуктов эталонного рациона питания. Также для каждой группы продуктов мы указали верхние и нижние границы рекомендуемой нормы потребления (обозначили диапазон неопределённости), в пределах которых их потребление будет являться оптимальным для здоровья, что подтверждается научными исследованиями питания некоторых народностей мира, в которых доказана безопасность и польза для здоровья длительного соблюдения традиционной диеты, по своим характеристикам (по качественному и количественному продуктовому составу) соответствующей выведенному нами эталонному рациону питания. В ходе последующих анализов мы используем альтернативные количественные значения для некоторых ключевых групп продуктов питания с целью проведения анализа сензитивности. Используя несколько подходов, мы оцениваем влияние эталонного рациона питания на уровень преждевременной смертности. Мы ожидаем, что последующие исследования позволят еще более точно определить оптимальный диапазон потребления каждой специфической группы пищевых продуктов, а также подробнее детализировать влияние различных паттернов питания на здоровье человека.

Актуальный уровень знаний

Калории и баланс калорий

Установлено, что среднесуточное потребления калорий в мире на душу населения составляет 2370 ккал/день.³⁰ Результаты проведенного в США широкомасштабного исследования фактического питания взрослого населения³⁵ свидетельствуют, что мужчины в среднем потребляют около 2800 ккал/день, а женщины – 2000-2200 ккал в день. Потребление энергии будет ниже среди групп населения с меньшим индексом массы тела (ИМТ; измеряется в $\text{кг}/\text{м}^2$) и выше среди групп населения с более высоким уровнем физической активности. В этой связи мы используем величину в 2500 ккал/день как основу для разных вариантов изокалорийных рационов питания (то есть рационов с одинаковой калорийностью/энергетической ценностью). Потребление 2500 ккал/день соответствует средним потребностям в энергии у 30-летнего мужчины весом 70 кг, и 30-летней женщины весом 60 кг, чей уровень физической активный - от умеренного до высокого. Этот уровень потребления калорий выше, чем предлагается в других исследованиях, где за основу берется показатель в 2100 ккал/день, который предполагается для поддержания ИМТ 22 $\text{кг}/\text{м}^2$, что значительно ниже среднего ИМТ в мире. Достижение среднего ИМТ 22 $\text{кг}/\text{м}^2$ существенно бы оздоровило население Земли, страдающего в настоящее время широкой распространённостью избыточной массы тела и ожирения. Однако эффективные комплексные меры, способные обратить вспять эпидемии ожирения, наблюдающейся во многих странах мира, пока не установлены, а предпринимаемые в разных странах попытки ощутимого результата пока не приносят. Таким образом, принимать за цель ИМТ 22 $\text{кг}/\text{м}^2$ и меньший уровень потребления калорий рискованно, поскольку это сузит окно возможностей для достижения такой цели по улучшению здоровья, как повышение уровня

физической активности, на которую требуются дополнительные затраты энергии, получаемой из пищи. Не смотря на то, что от применяемой величины калорийности суточного пищевого рациона будет зависеть абсолютное количество продуктов питания, которое необходимо произвести, на выводы относительно влияния различных диетических паттернов на экологическую ситуацию или на здоровье человека это повлияет минимально.

Компоненты, составляющие рацион питания

Основные источники белка

Адекватным для взрослого человека количеством потребления белка является 0,8 г на кг масса тела, что составляет 56 г в день для человека весом 70 кг или около 10% от суточной калорийности рациона питания. Качество белка (определяется по влиянию на скорость роста) детерминировано аминокислотным составом пищевого продукта, и белки животного происхождения имеют более высокое качество, чем белки из растительных источников. Белок высокого качества особенно важен для растущего организма детей, и, вероятно, и для пожилых людей, испытывающих возрастную потерю мышечной массы. Однако получение комплекса аминокислот, максимально стимулирующего репликацию (деление) и рост клеток, может оказаться не оптимальным вариантом питания на протяжении большей части взрослой жизни, потому что ускоренная репликация клеток может увеличить риск рака.³⁶ Белок может давать косвенный положительный метаболический эффект за счет того, что может заменять собой чрезмерно потребляемые углеводы, особенно если это рафинированные крахмалистые продукты и сахар. Во многих контролируемых исследованиях питания³⁷ показано, что изокалорийная замена углеводов на белки уменьшает кровеносное давление и концентрацию липидов в крови. Аналогичный эффект был отмечен при замене углеводов мононенасыщенными жирами. Эти факты позволяют предположить, что благоприятное воздействие на здоровье оказывается именно сокращением потребления углеводов в рационе.

Поскольку белок потребляется в составе продуктов, содержащих жиры и многие другие пищевые вещества, влияющие на здоровье, к выбору источников белка следует подходить с учетом качественных характеристик пищевых продуктов-носителей белка. При изучении питания также необходимо брать в расчет то, в составе каких продуктов потребляется белок. Хотя большинство продуктов питания содержит определенное количество белка, такие продукты, как мясо, молочные продукты, рыба, яйца, бобовые (включая сою), а также орехи и семена относятся к числу самых богатых источников белка, и во многих национальных кухнях считаются взаимозаменяемыми. Эти основные источники белка зачастую являются неотъемлемой частью различных диетических паттернов, таких как эврифагия (всеядность), вегетарианство, пескетарианство и веганство.

В научном докладе³³ 2015 года Консультативного совета по питанию США приводится заключение о том, что для людей старше 2-х лет сбалансированная

вегетарианская диета может являться здоровым питанием. В крупнейшем проспективном исследовании³⁸ вегетарианских диет было продемонстрировано, что среди людей, придерживающихся веганской, вегетарианской, пескетарианской или полувегетарианской диеты, риск преждевременной смертности от всех причин на 12% ниже, чем среди эврифагов (всеядных), а самый низкий риск был отмечен среди пескетарианцев.³⁸ При использовании другого подхода, а именно, количественной оценки растительного содержания рациона в баллах - чем выше балл, тем больше в рационе здоровых растительных продуктов (присвоение положительных баллов за потребление здоровых растительных продуктов, но не рафинированных зерновых продуктов и сахара, и присвоение отрицательных баллов за потребление животных продуктов) - была выявлена отрицательная корреляция между баллом за растительное содержание пищи и риском таких заболеваний, как сахарный диабет второго типа и коронарная болезнь сердца.^{39,40} Полученные результаты свидетельствуют о том, что сдвиг пропорций в продуктовой структуре рациона питания в сторону увеличения доли здоровых растительных продуктов (цельнозерновых круп, фруктов, овощей, орехов и бобовых) за счет сокращения доли продуктов животного происхождения, без полного отказа от здоровых животных продуктов, оказывает благотворное влияние на здоровье.

В подавляющем большинстве исследований взаимосвязи показателей здоровья с потреблением белковых продуктов не проводился сравнительный анализ различных пищевых продуктов. В немногочисленных проведенных сравнительных исследованиях сопоставлялись последствия для здоровья от употребления разных белковых продуктов в составе изокалорийных рационов. Причем, остальная часть сравниваемых рационов (все другие продукты, входящие в рацион за минусом белковых продуктов) представляла собой главным образом рафинированные углеводы (белый хлеб, очищенный рис, кукуруза и сахар). Тем не менее, не смотря на это ограничивающее обстоятельство, благодаря мета-анализу проспективных исследований удалось выявить, что⁴¹ потребление обработанного/переработанного красного мяса (изделий из говядины, свинины, баранины) повышает риск преждевременной смерти от всех причин и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Потребление цельного непереработанного красного мяса хотя и слабо, но все же ассоциировано с повышением риска смерти от ССЗ. Несмотря на немногочисленность научных данных, можно с уверенностью констатировать, что белое мясо (птица и рыба) не повышает риск преждевременной смерти. В других мета-анализах показано, что красное мясо повышает риск инсульта⁴² и сахарного диабета 2 типа.⁴³ В рамках двух масштабных исследований^{44–46} было установлено, что потребление красного мяса (переработанного и непереработанного) линейно связано с общей смертностью при отсутствии порогового значения, что означает, что оптимальный уровень потребления для красного мяса – от нулевого до низкого (Приложение, стр.2). Объединенный анализ трех больших когорт обнаружил, что увеличение количества потребления красного мяса до 35 г/день линейно связано со значительным повышением риска заболевания сахарным диабетом 2 типа (на 6%).⁴⁷

В рамках других исследований был проведен сравнительный анализ влияния разных источников белка на риск других социально значимых заболеваний.

Потребление красного мяса незначительно коррелирует с повышенным риском развития коронарной болезни сердца, если сравнивать с остальными пищевыми продуктами рациона из других пищевых групп. Тем не менее, сопоставление красного мяса с такими источниками белка как птица, рыбы, и особенно орехи и бобовые, выявило четкую ассоциацию красного мяса с повышенным риском ишемической болезни сердца. Подобные связи были обнаружены в отношении диабета 2 типа, инсульта и общей смертности (Приложение, стр. 2).^{44,45} Традиционная Средиземноморской диета включает лишь малое количество красного мяса, а люди, придерживающиеся этой диеты отличаются исключительным долголетием (Слайд №2). В 1960-х годах, когда среди греков, живущих на острове Крит, наблюдался низкий уровень распространенности коронарной болезни сердца и общей преждевременной смертности, среднее потребление островитянами красного мяса и птицы вместе взятых составляло 35 г в день.⁴⁸ Основываясь на научных доказательствах в отношении рака прямой и толстой кишки, Международное агентство по изучению рака постановило, что обработанное/переработанное красное мясо (то есть мясо, подвергнутое засаливанию, вялению, копчению и другим способам консервирования, иначе говоря, мясная продукция) будет рассматриваться как канцероген Группы 1, поскольку канцерогенность мясной продукции доказывается достаточно обширными фактическими данными. Необработанное цельное красное мясо, ввиду некоторой противоречивости научных данных, было классифицировано как канцероген Группы 2, то есть продукт с вероятной канцерогенностью для человека. Между потреблением других основных источников белка в среднем и более старшем возрасте и другими типами раковых заболеваний четкой связи установлено не было. В то же время, показано, что потребление большого количества красного мяса в подростковом⁴⁹ и раннем взрослом возрасте⁵⁰ повышает риск развития рака молочной железы, в отличие от умеренного потребления.

В проспективном когортном исследовании с участием около 131 000 мужчин и женщин, длившемся 32 года, изучалась связь потребления белка из различных пищевых источников с общей и причинно-специфической смертностью.⁵¹ В рамках исследования периодически проводилась оценка рациона питания участников исследования. Выяснилось, что замена белка животного происхождения на белок растительного происхождения была ассоциирована со значительным снижением уровня общей смертности. Согласно результатам регрессионного анализа, если 3% калорий, получаемых от белка из переработанного красного мяса, заменить эквивалентным количеством растительного белка, то величина такого показателя как отношение рисков (ОР) равна 0,66 (доверительный интервал ДИ 95%: 0,59-0,75), а при замене белка из цельного непереработанного красного мяса показатель ОР равен 0,88 (0,84-0,92).

Повышение риска сердечно-сосудистых и других заболеваний при потреблении большого количества красного мяса, по-видимому, отчасти обусловлено также и другими веществами, входящими в его состав. У красного мяса высок такой показатель макронутриентной структуры продукта как величина отношения

насыщенных жирных кислот к полиненасыщенным. Кроме того, в мясе содержится железосодержащий белок гем, а при кулинарной обработке мяса высокими температурами (жарка, гриль, открытый огонь) в нем формируются определенные канцерогенные вещества. Перечисленные факторы могут вносить свою лепту в повышение риска сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и некоторых видов рака у активно потребляющих красное мясо людей, имеющих более высокие риски названных заболеваний по сравнению с теми, кто предпочитает получать белок через растительную пищу.⁴⁶ Примечательно, что говяжий жир лишь на 4% состоит из незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, в то время как куриный жир и жир лосося состоят из этих жирных кислот на 21 и 40% соответственно. Химический состав разных видов мясной продукции гетерогенен, однако многие из них содержат в большом количестве соль (натрий), нитраты, нитриты и другие консерванты, которые могут повышать риск развития рака.

Большая часть научных доказательств канцерогенности красного мяса получена в ходе исследований, проведенных в Европе и США. Сводный анализ результатов исследований когорт из стран Азии⁵² установил обратно пропорциональную связь между потреблением мяса птицы и красного мяса (в основном свинины) и риском преждевременной смерти от всех причин. Эти расхождения в результатах исследований, осуществленных в Азии, США и Европе, могут частично объясняться тем фактом, что население Азии потребляет меньше мяса, чем население Европы и США. Авторы отмечают также, что на результатах исследования могли сказаться ковариаты (факторы, сосуществующие с изучаемым фактором), например, такая ковариата, как социально-экономический статус. Как правило, регулярное потребление мяса могут себе позволить люди с достаточно высоким социально-экономическим статусом, которые обычно более здоровы, чем людьми с низким социально-экономическим статусом. Поскольку многие страны Азии совсем недавно обрели финансовое благополучие (в последние 10-12 лет), текущее потребление красного мяса не соответствует уровню его потребления на протяжении длительного предшествующего периода. Как и в случае с изучением влияния курения на здоровье, потребуются много десятилетий, чтобы получить достоверные научные данные о последствиях злоупотребления красным мясом для здоровья жителей Азии. Среди китайцев, проживающих в Сингапуре, который уже несколько десятилетий является финансово состоятельной страной, обнаружено, что потребление красного мяса ассоциировано с повышенным риском развития сахарного диабета 2-го типа.^{47,53} Однако в странах с низким уровнем дохода, где основная доля пищевых калорий поступает за счет крахмалистых углеводов, включение в рацион мяса или других белковых продуктов, скорее всего, улучшит микронутриентный статус человека (уменьшит дефицит определенных витаминов и минералов) и даст положительный метаболический эффект за счет снижения гликемической нагрузки пищи (Слайд №3).

Ввиду того, что красное мясо не является обязательной составляющей здорового рациона питания, и того что наблюдается линейная прямая связь между его потреблением, общей смертностью и риском определенных неинфекционных заболеваний среди популяций, которые потребляют красное мясо на протяжении

многих лет, оптимальный объем его потребления может быть равен 0 г/день, особенно если заменить этот пищевой продукт на растительный источник белка. Так как научные данные о рисках потребления малого количества красного мяса страдают неопределенностью, мы пришли к заключению, что оптимальное потребление красного мяса должно находиться в пределах 0-28 г/день, а для эталонного рациона предложили среднее значение между крайними точками этого диапазона - 14 г/день. Поскольку потребление мяса птицы в сравнении с красным мясом имело более благоприятные последствия для здоровья, мы решили, что оптимальным диапазоном потребления мяса птицы должны считаться пределы 0-58 г/день. Для эталонного рациона определена цифра, равная среднему значению между пограничными точками диапазона - 29 г/день (Табл. 1).

Потребление молокопродуктов в больших количествах, по крайней мере, по три порции в день, широко пропагандировалось в западных странах как средство укрепления здоровья костей, так как эти продукты богаты кальцием. Тем не менее, оптимум потребления кальция остается не выясненным. Действующая в США рекомендация по суточному потреблению кальция в количестве 1200 мг/день проистекает из исследований по изучению сбалансированности питания, которые длятся три недели и менее.⁵⁴ По-видимому, такие исследования выявляют текущие метаболические переходы кальция в организме (кальцинирование костной ткани и вымывание из нее кальция), но не дают возможности оценить долгосрочные потребности организма в потреблении кальция.

В отчетах ВОЗ отмечается, что в регионах с незначительным потреблением молокопродуктов наблюдается более низкая частота переломов костей в сравнении с регионами с интенсивным потреблением молока и молочных продуктов.⁵⁵ Эксперты заключили, что оптимальное потребление кальция составляет 500 мг/день, а в регионах с низкой частотой встречаемости переломов меньшее потребление также может быть оптимальным. В Великобритании рекомендация потреблять кальций в количестве 700 мг/день установлена как адекватная норма потребления.⁵⁶ Такие более низкие величины адекватных норм потребления кальция (в сравнении с США) имеют огромное практическое значение для пересмотра рекомендаций по здоровому питанию, потому что многие пищевые продукты содержат скромное количество кальция, и широкое многообразие паттернов питания, не включающих молокопродукты, может обеспечить поступление 300-400 мг кальция в день. Несмотря на гетерогенность проспективных исследований потребления кальция, получены четкие доказательства того, что у взрослых получение более 500 мг кальция в сутки не снижет риска переломов.⁵⁷ В порции молока (250 г) содержится 300 мг кальция. Предложенный Комиссией эталонный рацион питания обеспечивает поступление 718 мг кальция в сутки.

Имеющиеся научные данные о долгосрочных последствиях для здоровья потребления молокопродуктов в детском и подростковом возрасте достаточно скудные. Можно предположить, что уровень потребления молочных продуктов на ранних этапах онтогенеза должен быть высоким в связи с бурным ростом и развитием костной системы организма. Однако отмечается, что у женщин,

потреблявших в подростковом возрасте большое количество молока, риск переломов шейки бедра не снижен, а у мужчин даже повышен.⁵⁸

Проспективные исследования не выявили значимого роста или снижения общей смертности и риска сердечно-сосудистых заболеваний при увеличении количества потребляемых молокопродуктов,⁵⁹ при этом есть основания считать, что замена молокопродуктов орехами и другими растительными источниками белка приводит к снижению уровня общей смертности и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний.⁵¹ По всей видимости, ввиду того, что молоко богато кальцием, его потребление в большом количестве уменьшает риск заболевания раком прямой и толстой кишки,⁶⁰ но в то же время, повышает риск рака простаты у мужчин,⁶¹ особенно, запущенных стадий.⁶² Некоторые данные свидетельствуют о том, что употребление йогурта может снижать риск заболевания сахарным диабетом и набора лишнего веса.^{63,64} Несмотря на то, что обезжиренные молочные продукты более предпочтительны для здоровья, чем жирные, весь производимый молочный жир попадает в систему продовольственного обеспечения в основном в виде сливочного масла и сливок. Таким образом, обезжиривание молокопродуктов не оказывает заметного влияния на здоровье населения, так как люди потребляют молочный жир в составе других продуктов.

Так как не было получено четких доказательств того, что потребление молока или молокопродуктов в количестве более 0-500 г/день улучшает показатели здоровья и снижает риск некоторых видов рака, широкий диапазон употребления молочных продуктов приемлем для поддержания хорошего здоровья. В силу того, что потребление ненасыщенных растительных масел снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний, в отличие от молочного жира, а оптимальным уровнем потребления молочных продуктов, согласно результатам исследований, обычно оказывались величины, приближенные к нижней границе указанного диапазона, в нашем эталонном рационе питания мы установили рекомендуемый уровень потребления молокопродуктов, равный 250 г/день.

Слайд №3: Пища животного происхождения в странах Африки к югу от Сахары

Люди, живущие в странах Африки к югу от Сахары, являются самыми незащищенными в плане продовольственной безопасности. Около 220 миллионов человек имеют недостаточное питание.¹ Несмотря на наличие программ по обогащению пищевых продуктов микронутриентами (витаминами и минералами), бремя микронутриентных дефицитов, анемии и отставания в физическом развитии остается высоким. Хотя некоторые страны добились существенного прогресса в борьбе с голодом и отставанием в физическом развитии (например, в Руанде, Уганде, Гане, Танзании и Малави процент

Однако в последние десятилетия потребление пищи животного происхождения на душу населения в странах Африки к югу от Сахары сократилось и составляет около 164 ккал/день на душу населения (Замбия). Для сравнения, в США этот показатель равен 995 ккал/день. По прогнозам Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации ООН (ФАО), к 2050 году доступность белков животного происхождения на душу населения в странах Африки к югу от Сахары составит лишь 13 г/день, что меньше среднемирового показателя

голодающих и имеющих задержку физического развития сократился с 44 до 24,5%, с 38,3 до 29%, с 46% до нуля, с 50% до 34%, с 53% до 37% соответственно), процент детей, имеющих задержку физического развития в целом по Африке уменьшился незначительно – с 38% в 1990 году до 34% в 2008 году.² Из 36 стран с самым высоким бременем отставания в физическом развитии среди детей до 2 лет, 21 (58%) страна находится на Африканском континенте, при этом 40 или более процентов детей из этих стран страдают задержкой физического развития. Иногда, недоедание в этих странах сопровождается низким потреблением животных продуктов и другой богатой белком пищи.³

В силу того, что во многих странах Африки к югу от Сахары в пищевом рационе преобладают углеводы, увеличение в рационе питания детей доли животных продуктов, в том числе за счет продуктов животноводства, может улучшить качество их питания, поступление микронутриентов, пищевой статус и общее состояние здоровья.⁴⁻⁷ В ходе обсервационных исследований было установлено, что высокое потребление животных продуктов положительно влияло на рост, пищевой статус, когнитивные функции, моторное развитие детей, а также повышало их активность.

доступности животного белка по состоянию на 2011 год более чем в два раза, а также меньше рекомендуемой нами нормы потребления, представленной в эталонном рационе питания (Табл. 1).

Поскольку многие регионы, такие как страны Африки к югу от Сахары, до сих пор испытывают серьезные проблемы недостаточного и неполноценного питания населения, а преимущественно растительный рацион питания, доступный детям из этих регионов, не удовлетворяет потребности их растущего организма в энергии и питательных веществах,⁸⁻¹¹ роль продуктов животного происхождения должна быть тщательно исследована. Вполне возможно обеспечить всех жителей планеты здоровыми рационами питания, производимыми при помощи устойчивых продовольственных систем, однако для достижения этой цели необходимо подробно проанализировать локальные и региональные реалии в каждом уголке нашей планеты.

Потребление рыбы снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний.^{65,66} В рыбе в большом количестве содержатся омега-3 жирные кислоты, которые выполняют множество критических функций в организме человека. Они являются предшественниками эйкозаноидов – важнейших молекулярных агентов ЦНС, структурными элементами каждой клетки организма, и регуляторами частоты сердечных сокращений. Около 2 г омега-3 жирных кислот в неделю, получаемых в составе рыбы (это соответствует 1-2 порциям жирной рыбы в неделю), может снизить риск смерти от кардиоваскулярных заболеваний более чем на треть.⁶⁵

В организме рыб, принадлежащих видам из последних звеньев пищевой цепочки, может накапливаться большое количество ртути, обладающей неврологической токсичностью. Большое количество ртути обнаруживается в королевской макрели, акуле, рыбе-меч, тунце и кафельнике. Беременные и кормящие грудью женщины должны избегать их употребления в пищу. Однако потреблять адекватное количество омега-3 жирных кислот критически важно для развития нервной системы. Было отмечено, что 3-х летние дети, матери которых в период беременности включали в меню рыбу более двух раз в неделю или принимали

пищевые добавки из рыбьего жира, демонстрировали более высокие показатели когнитивного развития по сравнению с детьми, чьи матери потребляли меньшее количество рыбы в период беременности.⁶⁷ Можно избежать проникновения ртути в организм, если выбирать мелкую рыбу и удовлетворять потребность в омега-3 жирных кислотах за счет их растительных источников, богатыми α -линоленовой кислотой, что также способствует понижению риска развития коронарной болезни сердца.⁶⁸ Крайне важно четко определить, в какой степени омега-3 жирные кислоты из растительных источников могут заменить омега-3 жирные кислоты из рыбы в отношении профилактики других заболеваний, поскольку растительные источники омега-3 более доступны для широких слоев населения, чем рыба.

Около 28 г рыбы в день может обеспечить организм необходимым количеством незаменимых омега-3 жирных кислот, и снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний; поэтому такой рекомендованный уровень потребления рыбы установлен нами в эталонном рационе питания. Также мы предлагаем широкий диапазон потребления рыбы 0-100 г/день, так как более высокий уровень потребления рыбы способствует поддержанию здоровья в отличном состоянии. α -линоленовая кислота растительного происхождения является альтернативой другим омега-3 жирным кислотам, но имеющиеся научные данные пока не позволяют сделать вывод о требуемом количестве ее потребления.

Яйца являются широко распространенным источником высококачественного белка и других жизненно важных питательных веществ, необходимых для обеспечения процессов быстрого роста. Существовавшие ранее опасения касательно возможной роли яиц в провоцировании болезней сердца и сосудов (БСК) ввиду большого содержания в них холестерина были сняты. Масштабные проспективные исследования⁶⁹ не выявили связи между потреблением большого количества яиц (ежедневно по яйцу в день) и риском БСК ни в одной из изучавшихся когорт, за исключением людей, страдающих сахарным диабетом. Следует иметь в виду, что в рамках этих исследований по умолчанию сравнивались типичные рационы питания, которые часто далеки от идеала. В этой связи изокалорийная замена яиц белками растительного происхождения может уменьшить риск неинфекционных заболеваний. Однако в странах с низким уровнем дохода замена части основной пищи – крахмалистых углеводов – на яйца может значительно повысить питательную ценность детского рациона и помочь в решении проблемы отставания в физическом развитии.⁷⁰ В эталонном рационе питания для яиц установлен рекомендуемый уровень потребления 13 г/день (1,5 яйца в неделю), но в странах с низким уровнем дохода и с низким качеством питания потребление яиц в большем количестве может дать определенные преимущества.

Орехи, включая арахис, отличаются высокой питательной плотностью, содержат главным образом ненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, витамины, минералы, антиоксиданты и фитостеролы. В ходе наблюдательных и интервенционных исследований^{71,72} было обнаружено, что потребление орехов способствует снижению концентрации липидов в крови, уменьшению окислительного стресса, воспаления, висцерального ожирения, гипергликемии, а

также повышению чувствительности к инсулину. Согласно данным метаанализа 25 контролируемых исследований питания,⁷² участники исследований получали в среднем по 67 г орехов в день, при этом отмечалось снижение концентрации в крови общего холестерина, липопротеинов низкой плотности и триглицеридов, а также уменьшение величины отношения липопротеинов низкой плотности к липопротеинам высокой плотности (ЛПНП), причем, наблюдалась прямая зависимость выраженности изменений параметров крови от дозы орехов. Проспективные исследования указывают на высокий профилактический потенциал орехов: оказалось, что потребление большого количества орехов снижает риск БСК,^{73–75} сахарного диабета 2-го типа, и общую смертность.^{76,77} В рамках испанского исследования «PREDIMED»⁷⁸ отобранные случайным образом участники получали по 30 грамм разных орехов в день как часть Средиземноморской диеты, что приводило к снижению риска БСК на 28%.⁷⁸ Орехи обладают высокой энергетической плотностью, поэтому дают чувство сытости надолго, и не провоцируют набор лишнего веса. По данным обсервационных и клинических исследований, потребление орехов способствует контролю веса и снижает риск ожирения.⁷³ Мы рассматриваем орехи как здоровую альтернативу красному мясу, и в предложенном нами эталонном рационе питания орехам отводится 50 г/день (это может быть арахис или лесной орех и другие орехи). Орехи и другие источники белка растительного происхождения являются взаимозаменяемыми, причем для повышения питательности рациона желательно употреблять их в разнообразном сочетании.

В ходе контролируемых исследований питания продемонстрировано, что потребление бобовых снижает концентрацию «плохого» холестерина (ЛПНП) в крови и артериальное давление.⁷⁹ В проспективных исследованиях^{74,80} было зафиксировано, что потребление бобовых ассоциировано со сниженным риском коронарной болезни сердца, в отличие от потребления красного мяса, однако, диапазон при 95% ДИ (доверительном интервале) был широким в силу того, что уровень потребления бобовых был низким. Соевые бобы богаты полиненасыщенными жирными кислотами, в том числе α -линоленовой кислотой. В соевых продуктах содержатся высокие концентрации фитоэстрогенов, и они оказывают слабый эстрогенный эффект, который может блокировать действие эндогенных эстрогенов и таким образом понижать риск рака молочной железы и других гормонально-зависимых видов рака. В Шанхайском исследовании женского здоровья (Shanghai Women's Health Study),⁸¹ показано, что потребление соевых продуктов в детстве и в начале взрослой жизни обратно пропорционально связано с риском развития рака молочной железы в менопаузе. Учитывая изложенные научные данные, мы включили в эталонный рацион 50 г/день фасоли/чечевицы или гороха и 25 г/день соевых бобов (масса сухого веса).

Другие источники белка, такие как насекомые, которые являются важным компонентом в некоторых традиционных рационах питания, пригодны для повсеместного потребления. Эти альтернативы, возможно, и не окажут кардинального влияния на окружающую среду, в то же время, их воздействие на показатели здоровья в долгосрочной перспективе еще не было изучено. Цианобактерии (сине-зеленые

водоросли) являются традиционным элементом питания в некоторых культурах. Они содержат большое количество белка по аминокислотному профилю аналогичного белку яиц.⁸² Выращивание «мяса» в пробирке (In-vitro) из культивированных животных стволовых клеток рассматривается как альтернатива обычному мясу.⁸³ Вопрос влияния такой «новой» пищи на здоровье человека остается не изученным, но содержание питательных веществ в In-vitro мясе модифицировать гораздо легче, чем химический состав обычного мяса.

Основные источники углеводов (зерновые и корнеплоды)

Зерновые культуры являются основным источником энергии практически во всех существующих в мире рационах питания. Рафинирование зерна приводит к потере значительного количества питательных веществ и пищевых волокон, что влечет серьезные последствия для здоровья человека. Потребление цельнозерновых продуктов и пищевых волокон из зерна понижает риск заболевания коронарными болезнями сердца, сахарным диабетом 2-го типа и общей смертности.⁸⁴ Исследованию влияния цельнозерновых и рафинированных зерновых продуктов посвящено не так много научных работ, однако известно, что рафинированные зерновые продукты, являющиеся главным источником углеводов с высоким гликемическим индексом, отрицательно сказываются на метаболизме человека и повышают риск возникновения метаболических расстройств, набора лишнего веса и БСК.^{64,85} Результаты проспективного международного исследования,⁸⁶ проведенного преимущественно в странах с низким и средним уровнем дохода, показали, что, если вклад углеводов в калорийность суточного рациона превосходит 60%, то наблюдается рост общей смертности. В контролируемых исследованиях питания^{37,87} было зафиксировано, что потребление большого количества углеводов повышает концентрацию триглицеридов в крови, снижает концентрацию «хорошего холестерина» (липопротеинов высокой плотности - ЛПВП), а также повышает кровяное давление, особенно у индивидуумов с резистентностью к инсулину. Эти результаты имеют глобальное значение ввиду наблюдающегося сегодня снижения уровня физической активности, так как физическая пассивность провоцирует накопление лишней жировой массы в теле, и оба этих фактора понижают чувствительность к инсулину. Злоупотребление на этом фоне углеводами усугубляет метаболические нарушения, что, в свою очередь, повышает риск БСК и сахарного диабета.^{88,89}

Картофель содержит большое количество калия и некоторые витамины, однако является также источником легкоусвояемых (быстрых) углеводов, то есть отличается высокой гликемической нагрузкой. Ежедневное потребление картофеля ассоциировалось с повышенным риском развития сахарного диабета 2 типа,⁹⁰ гипертонии⁹¹ и набором лишнего веса⁹². Маниоки выращивают по всему миру в силу ее устойчивости к полувсасушливым условиям, однако, если перерабатывать маниоку в муку, как это практикуется в Африке, она теряет питательную ценность и ее гликемический индекс растет, что может сделать продукты из муки маниоки причиной метаболических и кардиометаболических нарушений, и набора лишнего веса.

Наибольшая доля нашего рациона питания приходится на источники углеводов, что важно для удовлетворения физиологической потребности организма в энергии. Научные данные не позволяют четко определить квоту углеводов в пищевом рационе, однако есть основания считать, что доля углеводов должна быть меньше 60% от калорийности суточного рациона, при этом подчёркивается необходимость потребления цельнозерновых продуктов. В свете вышесказанного, в эталонном рационе установлена рекомендуемая суточная норма потребления для цельнозерновых продуктов, равная 232 г/день, а для корнеплодов и крахмалсодержащих овощей - 50 г/день (при этом верхний предел суточного потребления корнеплодов и крахмалсодержащих овощей равен 100 г/день).

Фрукты и овощи

Фрукты и овощи являются наиважнейшими источниками многих микронутриентов, включая провитамин А, который предотвращает ночную слепоту. Согласно многочисленным научным доказательствам, фрукты и овощи играют огромную роль в профилактике БСК; причем, профилактический эффект достигается за счет потребления фруктов и овощей в количестве около 5 порций в день,^{93,94} а еще большее их потребление может принести дополнительную пользу для здоровья. Потребление овощей в большом количестве способствует снижению кровяного давления, а также снижает риск заболевания сахарным диабетом 2-го типа.⁹⁶ В ходе лонгитюдных долгосрочных наблюдений за питанием и состоянием здоровья взрослых в США зафиксировано, что при повышении потребления большинства некрахмалистых овощей снижается риск увеличения веса,⁹² в то же время было обнаружено, что потребление картофеля, кукурузы и гороха повышает риск набора лишнего веса. Потребление фруктов и овощей оказалось слабо связанным с уменьшением заболеваемости раком после учета различий по другим факторам образа жизни, таким как курение и индекс массы тела (ИМТ).^{97,98}

В рамках эталонного рациона питания мы рекомендуем потреблять 300 г овощей и 200 г фруктов в день, что примерно эквивалентно 5 порциям овощей и фруктов в сутки. По всей видимости, наибольшую пользу для здоровья можно получить от сочетания разнообразных овощей и фруктов, чему рекомендуется уделять внимание при составлении индивидуального рациона питания.

Добавленные жиры (видимый жир): общий жир, специфические виды жирных кислот и источники жиров

Добавленные жиры (видимый жир), извлекаемые из животных продуктов (например, топленое масло, сливочное масло и сало) и из продуктов растительного происхождения (например, растительные масла, маргарин, шортенинг), используются в приготовлении бесконечного многообразия блюд. В некоторых диетах за счет жиров покрывается около 30% от калорийности суточного пищевого рациона. Во многих рекомендациях по питанию предлагается сократить или ограничить потребление общего жира во имя повышения защиты здоровья от риска развития БСК и рака. Однако научные данные, полученные в ходе проспективных когортных и рандомизированных исследований, указывают на отсутствие пользы для здоровья от сокращения содержания общего жира в рационе питания.^{99,100}

Получены научные свидетельства преимущества замены в рационе питания насыщенных жиров на растительные ненасыщенные масла, особенно на масла, богатые полиненасыщенными жирными кислотами омега-3 и омега-6.^{99,101–103} Доказано, что замена насыщенных жиров на ненасыщенные существенно уменьшает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Потребление трансизомеров жирных кислот, содержащихся в частично гидрогенизированных маслах, особенно пагубно для здоровья.¹⁰⁴

Несмотря на то, что при изучении влияния жиров на риск заболеваний рассматриваются определенные жирные кислоты, все пищевые масла всегда представляют собой комбинацию насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, специфический состав и пропорции которых зависят от источника их получения и способа обработки. Наиболее потребляемые масла в мире – это пальмовое и соевое. В сравнении с соевым маслом, пальмовое содержит незначительное количество полиненасыщенных жиров (9% против 60%), но большое количество насыщенных жиров (52% против 16%), и пользуется большим спросом в странах с низким и средним уровнем дохода. Жирно-кислотный состав переработанного промышленным путем пальмового масла объясняет тот факт, что при его потреблении повышается уровень «плохого холестерина» ЛПНП в крови, если сравнивать с менее насыщенным растительными маслами.¹⁰⁵ Результаты сравнительного «случай-контроль» исследования,¹⁰⁶ проведенного в Коста-Рике, подтверждают, что потребление пальмового масла, полученного промышленным способом, значительно повышает риск инфаркта миокарда, в отличие от негидрогенизированного соевого масла. Во многих странах Западной Африки и в некоторых регионах Бразилии красное пальмовое масло, прошедшее минимальную промышленную обработку, является важным источником провитамина А, так как оно содержит большое количество β -каротина. Потребление красного пальмового масла не исследовалось в контексте риска БСК, но можно предположить, что его умеренное потребление приемлемо в плане не причинения вреда сердечно-сосудистой системе организма.

В рамках исследования «PREDIMED»⁷⁸ проводилось сравнение рациона питания с низким содержанием жира со Средиземноморской диетой, богатой содержанием оливкового масла первого холодного отжима (экстра-вирджин). Оказалось, что благодаря экстра-вирджин оливковому маслу снижается риск БСК и улучшается когнитивная деятельность. Рапсовое масло, известное также как каноловое, состоит из обилия мононенасыщенных жиров и содержит существенное количество омега-3 жирных кислот. Рандомизированное исследование с участием людей, переживших инфаркт миокарда, показало, что соблюдение Средиземноморской диеты, включающей большое количество рапсового масла, значительно уменьшает риск повторного инфаркта или преждевременной смерти.¹⁰⁷ В рамках наиболее успешной национальной программы по борьбе с БСК (реализована в Финляндии) в рационе питания населения предусмотрена замена молочного жира на рапсовое масло.¹⁰⁸ Среди всех натуральных жировых продуктов молочный жир отличается самой большой пропорцией насыщенных жирных кислот. Подробный проспективный анализа¹⁰⁹ питания и состояния здоровья мужчин и женщин, в котором делалась

поправка на изокалорийность, обнаружил, что, в отличие от ненасыщенных растительных масел, молочный жир существенно повышает риск развития коронарной болезни сердца.

Низкожировые диеты широко пропагандировались как средство для похудения или профилактики избыточной массы тела и ожирения. Большинство рандомизированных исследований по этой теме¹¹⁰ длились менее года, что может привести к ложным выводам, так как зачастую сброшенный в ходе программы вес позже восстанавливался. Кроме того, во многих из этих исследований¹¹¹ не учитывались такие факторы, как интенсивность вмешательства и другие сопутствующие факторы, что крайне важно для достоверности получаемых результатов, так как сам процесс контролирования питания и социальная поддержка могут вносить определенный вклад в успех по борьбе с лишним весом вне зависимости от диеты.¹¹² Мета-анализ¹¹³ более 50 рандомизированных исследований, длившихся не менее года, выявил, что при эквивалентной интенсивности вмешательства соблюдение низкожировых диет для похудения приводило к менее выраженной потере веса, чем соблюдение диет с высоким содержанием жира.

Научные доказательства свидетельствуют в пользу растительных масел, содержащих небольшое количество насыщенных жиров, как альтернативы насыщенным животным жирам. Однако верхняя граница рекомендуемой нормы потребления растительных масел пока не определена, поэтому предлагается широкий диапазон их потребления. В эталонном рационе установлена рекомендуемая суточная норма потребления всех видов жиров на уровне 50 г/день с акцентом на преимущественно ненасыщенных жирах из разнообразных растительных источников.

Сахар и другие подсластители

Сахар, так же, как и рафинированные крахмалистые пищевые продукты, оказывает множественное негативное влияние на метаболические процессы в организме, и при интенсивном потреблении может приводить к повышению уровня триглицеридов в плазме крови.¹¹⁴ Злоупотребление добавленным сахаром, особенно в составе безалкогольных напитков, ассоциировано с набором лишнего веса,^{115,116} повышенным риском сахарного диабета 2-го типа¹¹⁷ и смерти от сердечно-сосудистых заболеваний.¹¹⁸ ВОЗ рекомендует ограничить суточное потребление сахара до менее 10% от калорийности дневного рациона, и отмечает, что сокращение уровня потребления сахара до менее 5% принесет дополнительные преимущества для здоровья. Американская кардиологическая ассоциация настаивает на уровне 5% и ниже. Поскольку сахар не имеет питательной ценности и может негативно влиять на метаболические процессы, в эталонном рационе питания количество всех видов подсластителей ограничено 31 г/день или менее 5% от суточной калорийности рациона.

Специальные предостережения

Дети раннего возраста и подростки

Согласно мировым и национальным рекомендациям, дети до 6 месяцев должны находиться исключительно на грудном вскармливании, и по крайней мере до 2 лет продолжать получать грудное молоко. Грудное вскармливание дает множество преимуществ для детей, в числе которых здоровые темпы физического развития, надлежащее развитие когнитивных функций, долгосрочная, распространяющаяся на десятилетия вперед, защита от ожирения и других неинфекционных заболеваний, что доказывается сниженным риском развития этих патологий у людей, получавших грудное молоко в младенчестве.^{119,120} В суточный рацион детей в возрасте 12-23 месяцев, независимо от того, получают они грудное молоко или нет, рекомендуется включать продукты как минимум 4 пищевых групп из 7, описанных в руководствах по питанию.¹²¹

Девочки-подростки подвержены риску дефицита железа в организме ввиду быстрого роста, сопряженного с началом менструальных кровотечений. Порой на потери железа, происходящие из-за менструальных кровотечений, ссылались как на обоснование рекомендации по увеличению потребления красного мяса с тем, чтобы восполнить потребность в железе. Однако мультивитаминовые и мультиминеральные препараты как менее дорогая альтернатива позволяют решить проблему без опасных последствий, возникающих при потреблении большого количества красного мяса. ВОЗ считает, что в регионах, где уровень распространенности анемии высок, девочки-подростки должны принимать добавки к пище в виде железосодержащих препаратов при соблюдении особых предосторожностей в эндемичных по малярии регионах.¹²²

Беременность и период лактации

Во время беременности и кормления грудью потребление всех групп пищевых продуктов критично для обеспечения роста всех органов и систем органов, мышц и костей плода и ребенка, равно как и для поддержания физиологического и метаболического здоровья матери и дитя. Тем не менее, чрезмерное потребление животного белка сопряжено с повышенным риском ожирения у потомства в 20 летнем возрасте.¹²³ Авторы систематического обзора¹²⁴ пришли к выводу об отсутствии однозначной связи между потреблением беременной молокопродуктов и весом и ростом новорожденного. Убеждение в необходимости включения определенных продуктов животного происхождения в рацион беременных женщин с тем, чтобы обеспечить оптимальный рост и развитие плода и восполнить повышенную потребность в железе, особенно в третьем триместре беременности, широко распространено. Тем не менее, научные данные доказывают, что сбалансированные вегетарианские диеты могут обеспечить здоровое развитие плода с оговоркой, касающейся строгих веганов, рацион которых нуждается в обогащении препаратами витамина В₁₂.¹²⁵ По определению ВОЗ, здоровое питание при беременности заключается в адекватном удовлетворении потребностей в энергии, белке, витаминах и минералах, получаемых из разнообразных продуктов питания, включая зеленые и оранжевые овощи, мясо, рыбу, бобовые, орехи, цельнозерновые продукты и фрукты.¹²⁶

Краткая сводка доказанных критериев здоровых рационов питания

Доказательства, полученные в результате контролируемых исследований питания с оценкой промежуточных факторов риска в качестве исходов вмешательства; длительные наблюдательные исследования по изучению влияния отдельных пищевых компонентов и целостных паттернов питания на заболеваемость и качество жизни;¹²⁷⁻¹²⁹ и рандомизированные клинические испытания позволяют с высокой степенью уверенности заключить, что паттерны питания, соответствующие следующим характеристикам, способствуют низкому риску основных хронических неинфекционных заболеваний и общему благополучию:

1) белок преимущественно растительного происхождения из таких продуктов, как соевая пища, другие бобовые и орехи; рыба или альтернативные источники омега-3 жирных кислот, потребляемые несколько раз в неделю; необязательное умеренное потребление мяса птицы и яиц; низкий или нулевой уровень потребления красного мяса, особенно обработанного/переработанного; 2) жиры представлены в основном растительными ненасыщенными маслами, количество насыщенных жиров незначительно, а частично гидрогенизированные масла исключены; 3) источниками углеводов являются главным образом цельнозерновые продукты, содержание рафинированных углеводсодержащих продуктов незначительно, сахар составляет менее 5% от общей калорийности суточного рациона; 4) по меньшей мере пять порций фруктов и овощей в день (без картофеля); 5) умеренное и необязательное потребление молока и молокопродуктов.

Здоровый рацион питания, отвечающий описанным критериям, является гибким и универсальным, поскольку совместим с широким разнообразием продуктов, сельскохозяйственных систем, культурных традиций и индивидуальных пищевых предпочтений. Эти характеристики здорового рациона питания вписываются в различные типы всеядных, вегетарианских и веганских диет. Доказательства преимуществ определенных паттернов питания, практикуемых различными популяциями, например, таких как Средиземноморская диета и здоровая растительная диета, свидетельствуют, что уже сегодня многие страны могут создать все условия для здорового питания населения. Указанные в Таблице 1 рекомендуемые суточные нормы потребления разных пищевых продуктов служат лишь отправной точкой для дальнейших исследований, направленных на оценку потенциала по обеспечению населения планеты здоровыми рационом питания при помощи продовольственных систем, функционирующих устойчивым безопасным образом (Слайд №2).

Анализ питания в целом: адекватность питания и смертность

Мы количественно выразили полезность эталонного рациона питания для здоровья двумя способами: через оценку адекватности пищевой ценности и путем прогнозирования влияния на уровень смертности. Для того, чтобы оценить адекватность пищевой ценности разработанного эталонного рациона питания, сначала мы проанализировали химический состав рациона, используя базы данных по химическому составу пищевых продуктов, в основном из США (Приложение,

стр. 13). Мы также сопоставили данные по химическому составу пищевых продуктов и фактическому питанию населения в конкретных странах с эталонным рационом для оценки величины изменений, которые необходимо внести в рационы питания населения разных регионов для приближения их питания к эталонному рациону (Рисунок 1).

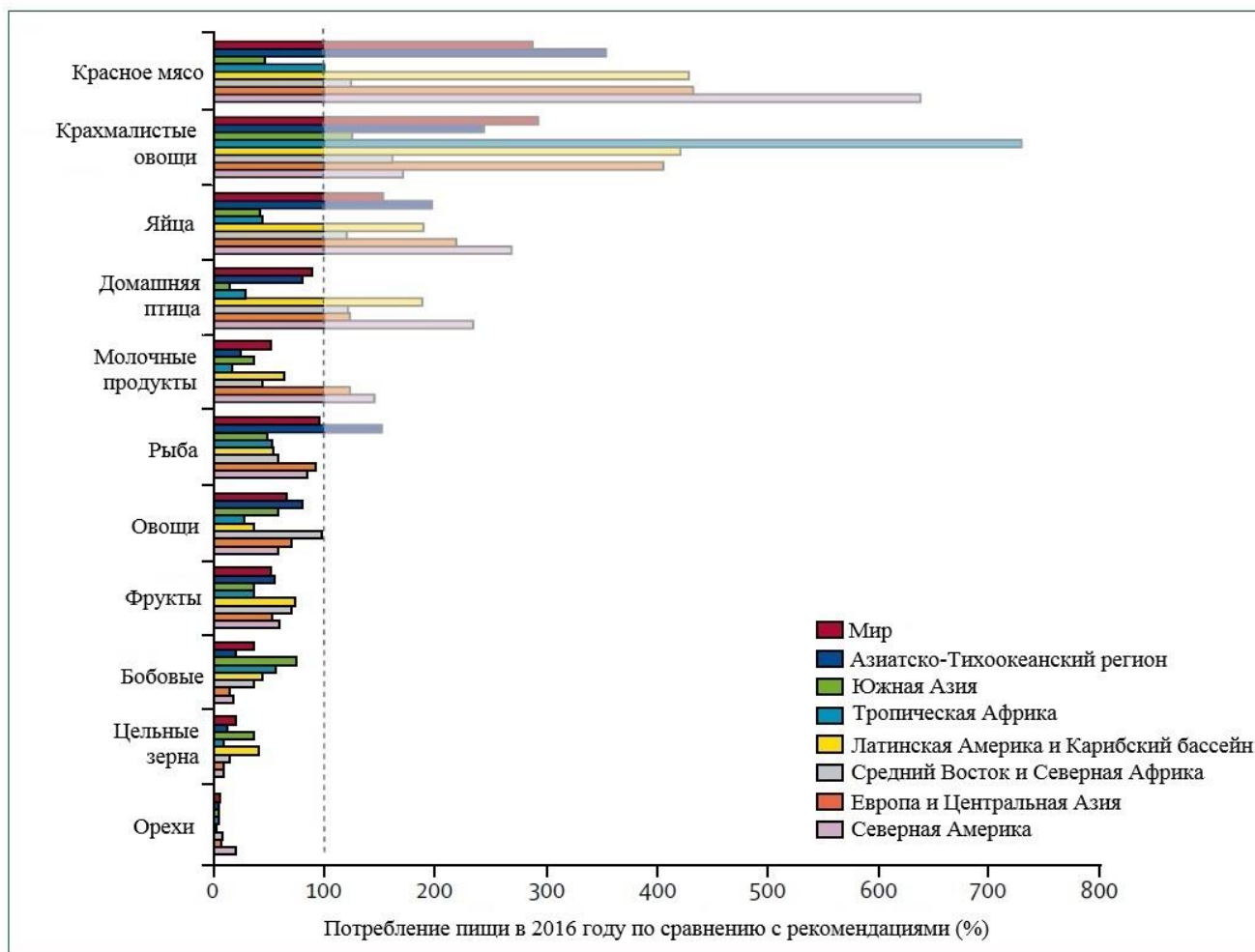


Рисунок 1: Разница между фактическим питанием в 2016 году и эталонным рационом питания.

Данные по потреблению продуктов в 2016 году взяты из базы данных по Глобальному бремени болезней.¹³⁰ Пунктирная линия представляет рекомендуемую норму потребления в эталонном рационе питания (таблица 1).

Согласно результатам этого анализа, сдвиги в питании населения в сторону эталонного рациона сделают потребление большинства нутриентов адекватным. Например, приближение к здоровому эталонному рациону питания будет означать, что потребление здоровых жиров (моно- и полиненасыщенных жирных кислот) вырастет, в то время как количество нездоровых жиров (насыщенных жирных кислот) в рационе сократится. С переходом на эталонный рацион питания поступление в организм большинства микронутриентов, в том числе таких жизненно важных, как железо, цинк, фолиевая кислота, витамин А, а также кальция в странах с низким уровнем дохода увеличится. Единственным исключением

является витамин B12, который содержится в некотором количестве только в рационах питания, включающих животные продукты. Саплементация населения препаратами витамина B12 или фортификация пищевых продуктов массового потребления этим витамином (а также, возможно, и рибофлавином), может быть необходимой мерой при некоторых обстоятельствах.¹³¹

Мы провели прогностический анализ влияния изменений в питании на смертность от алиментарно-зависимых заболеваний, применив три разных подхода (Таблица 3). Первый подход осуществлён в рамках модели глобальной сравнительной оценки рисков сельскохозяйственного производства и статистики продовольственного потребления. В число факторов риска входят пищевые факторы, такие как повышенное потребление красного мяса (включая говядину, баранину и свинину), низкое потребление фруктов, овощей, бобовых, орехов и рыбы, а также антропометрические факторы (пищевой статус) - дефицит веса, избыточный вес и ожирение. Анализ включал такие алиментарно-зависимые заболевания, которые рассматривались в качестве исходов нарушений питания, как коронарная болезнь сердца, инсульт, сахарный диабет 2-го типа, разные виды рака и совокупность других заболеваний. Относительные факторы риска, которые выступают связующим звеном между пищевыми факторами рисками и смертностью по причине определенных заболеваний в соответствии с дозо-зависимой закономерностью были почерпнуты из мета-анализов проспективных когортных исследований^{42,43,66,75,77,94} (Приложение, стр.12-13). По нашим подсчетам переход на эталонный рацион питания позволит избежать около 11,1 миллионов преждевременных смертей за год в 2030 году и сократить преждевременную смертность на 19%.¹³¹

Используя концептуально созвучный подход, но другие исходные положения, а также данные, полученные в ходе изучения фактического питания населения и информацию о расходах населения на питание, группа ученых-коллабораторов по вопросам оценки Глобального бремени болезней, подсчитала, что переход населения планеты на рацион питания, аналогичный эталонному, может предотвратить порядка 10,9 миллионов смертей с год или 22,4% преждевременных смертей среди взрослого населения (Таблица 3).¹³² Повышение потребления цельнозерновых продуктов, орехов, овощей и фруктов, а также сокращение потребления натрия вносит наибольший вклад в снижение смертности.

Третий подход заключался в присвоении баллов эталонному рациону питания и другим диетам при помощи шкалы Альтернативного индекса здорового питания 2010.^{133,134} Например, низкие баллы присваиваются за потребление в большом количестве транс-жиров и сладких напитков, а более высокие баллы – за активное потребление полиненасыщенных жиров в дополнение к переменным, включенным в другие анализы. Согласно результатам такого ранжирования предсказано, что следование здоровым рационам питания обеспечивает низкий уровень преждевременной смертности и заболеваемости во многих популяциях.^{135,136}

В двух масштабных когортных исследованиях изучалась половая специфичность подверженности алиментарно-зависимым заболеваниям и риску смерти от них, в

ходе которых многократно оценивалось питание участников исследования. Подверженность заболеваниям и риску смерти от них выражалась количественно в виде индекса (Приложение, стр.14-15). Проанализировав взаимосвязь величины рисков с качеством питания и заболеваемостью в 190 странах мира, мы подсчитали, что переход на эталонный рацион питания может предотвратить порядка 11 600 000 смертей в год или 23,6% всех преждевременных смертей среди взрослого населения. Несмотря на то, что все три подхода опирались на разные методы, исходные положения и входные данные, результаты анализа с применением всех этих трех подходов указывают на то, что глобальный переход на питание, отвечающее критериям эталонного рациона, принесет неоспоримую пользу для здоровья населения планеты.

	Процент смертей, которые можно предотвратить (%)	Общее кол-во смертей, которые можно предотвратить	Комментарии
Модель сравнительной оценки рисков*	19%	11 100 000 (глобально в 158 регионах мира)	Главный вклад в прогресс внесет увеличение количества фруктов, овощей, орехов и бобовых в рационе питания.
Модель глобального бремени болезней†	22,4%	10 886 000 (глобально в 195 странах мира)	Главный вклад в прогресс внесет увеличение количества фруктов, овощей, цельных зерен и орехов, а также сокращение количества натрия в рационе питания.
Модель эмпирической оценки рисков заболеваний‡	23,6%	11600 000 (глобально в 190 странах мира)	Расчеты сделаны на основе 10 мерного количественного показателя (индекса) качества рациона питания.
* В число факторов риска входит повышенное потребление красного мяса (включая говядину, баранину и свинину), низкое потребление фруктов, овощей, бобовых, орехов и рыбы, а также дефицит веса, избыточный вес и ожирение¹³¹. †Оценка глобального бремени болезней¹³² производилась исходя из предположения о переходе населения на оптимальные рационы питания, аналогичные эталонному. В число пищевых факторов входило потребление фруктов, овощей, бобовых, цельных зерен, орехов и семян, молока, красного мяса, обработанного/переработанного красного мяса, подслащенных напитков, пищевых волокон, кальция, жирных кислот в составе морских продуктов, полиненасыщенных жиров, транс-жирных кислот и натрия. ‡Согласно шкалам Альтернативного индекса здорового питания-2010,^{133,134} для количественной оценки качества питания анализировалось потребление овощей (за исключением картофеля), фруктов, цельных зерен, подслащенных напитков и фруктовых соков, орехов и бобовых, красного мяса, транс-жирных кислот, омега-3 жирных кислот в составе морепродуктов, полиненасыщенных жиров и натрия (алкоголь не рассматривался). Таблица 3: Ожидаемое количество предотвращенных преждевременных смертей среди взрослого населения Земли в случае глобального перехода на эталонный рацион питания.			

Раздел 2: Устойчивое пищевое производство

Перспективы системы Земля при устойчивом пищевом производстве

Широко признается необходимость в разработке и применении на практике устойчивых пищевых производств, призванных функционировать без нанесения вреда, сохранять процессы системы Земля, от которых зависит и качество производимых продуктов питания, и само пищевое производство, и благополучие человечества. В фермерстве и рыбном промысле развиваются экологичные способы хозяйствования, в рамках которых предпочтение отдается экосистемным услугам (Слайд №4), таким как борьба с вредителями, опыление, регулирование водных ресурсов и кругооборот питательных веществ, в целях достижения продуктивности и устойчивости аграрных комплексов при снижении вредного воздействия на окружающую среду.¹³⁷ Эти экологичные сельскохозяйственные практики реализованы во множестве подходов и направлений, в числе которых создание заповедных природоохранных зон, устойчивая экологическая интенсификация, многообразие (диверсификация) экологичных фермерских хозяйств, точное земледелие и органическое земледелие.^{138–140} Большинство из таких агропроизводств нацелены на обеспечение экологической устойчивости в масштабах фермерского хозяйства, что подразумевает заботу об увеличении содержания органического почвенного углерода, уменьшение утечки удобрений с полей и повышение эффективности использования водных ресурсов для полива выращиваемых культур. Многие агропроизводства организованы также с учетом ландшафта местности или водораздела, либо обоих этих факторов с тем, чтобы максимально использовать природные процессы и ресурсы природных экосистем, в которые встроены агропроизводства, что повышает их продуктивность.^{137,141} Таким образом, большая часть работы по определению условий экологической устойчивости пищевых производств осуществлена на уровне конкретных сельхозугодий, располагающихся на определенных ландшафтах. Такой подход имеет большое значение, поскольку эффекты, наблюдаемые в аграрных производствах при разных способах хозяйствования, в первую очередь, зависят от локальных природных условий местонахождения производства и, следовательно, варьируются по всему миру вместе с изменениями почв, гидроклиматических и агроэкологических зон. В силу отмеченного обстоятельства, способы хозяйствования, гарантирующие минимизацию воздействия пищевого производства на окружающую среду, будут отличаться по регионам.

В геологическую эпоху Антропоцена¹⁴² скорость и масштабы локального антропогенного воздействия на окружающую среду выросли экспоненциально с середины 1950-х гг. Люди стали доминирующей движущей силой изменений, а пищевые производства – основная причина деградации окружающей среды – самым мощным фактором, влияющим на систему Земля. Несмотря на сложность и многомерность проблемы глобального негативного влияния современной продовольственной системы на экологическую ситуацию, понимание

необходимости внедрения экосистемного подхода при создании устойчивых безопасных для окружающей среды пищевых производств растет. Причем, достигнуто осознание того, что в качестве решения проблемы больше не может рассматриваться только снижение нагрузки на окружающую среду со стороны локальных аграрных хозяйств. При теоретическом и практическом конструировании устойчивого безопасного пищевого производства необходимо учесть его роль в регулировании состояния локальных экосистем, биосферы и глобальной системы Земля. То есть следует рассматривать комплексные системные взаимодействия от локального до глобального масштабов. Также должны быть идентифицированы глобальные границы, которые задают параметры глобальной системе продовольственного обеспечения таким образом, чтобы ее функционирование было безопасным для биофизических процессов, поддерживающих устойчивость системы Земля. Такой подход позволяет максимально подробно определить характеристики устойчивой системы продовольственного обеспечения на всех ее уровнях для всех шкал ее оценки. Учет возрастающего влияния человека на изменения глобальных биохимических циклов при планировании пищевых производств может служить наглядным примером практического воплощения описанного подхода. На уровне сельхозугодия при организации устойчивого пищевого производства необходимо брать в расчет вопрос применения химических удобрений (азотсодержащих и фосфорных). В частности, при устойчивом пищевом производстве утечка соединений азота и фосфора в локальные подземные воды и реки должна быть исключена. Однако азот и фосфор содержатся в сельскохозяйственном урожае и транспортируются вместе с ним в города или на рынки, зачастую далеко от места применения азотсодержащих и фосфорных удобрений. Через пищевые отходы, экскременты или частично загрязненные канализационные стоки, прошедшие через муниципальные очистные сооружения, происходит непосредственное загрязнение земли соединениями азота и фосфора. Значительная доля азота и фосфора способствует созданию питательной среды в водных системах, вызывая эвтрофикацию пресноводных систем или прибрежных зон, зачастую далеко от того места, где они первоначально применялись в качестве удобрений. Эти процессы оказывают влияние на устойчивость экосистем, улавливание углерода и изменения климата. С ростом добычи человеком азота и фосфора из природных ресурсов, увеличением нагрузки на биосферу соединениями азота и фосфора, необходимо уделять пристальное внимание проблеме кумулятивного эффекта вмешательства в глобальные циклы азота и фосфора, наблюдающегося в эпоху антропоцена, и рассматривать перспективу системы Земля в отношении круговорота азота и фосфора в природе. Следовательно, необходимо добиваться не только снижения влияния фермерских хозяйств на круговорот азота и фосфора в окружающей среде, но и заботиться также о сокращении миграции реактивного азота и фосфора в биосферу, которая происходит глобально как результат их добычи из природных запасов (азота – из атмосферного воздуха, фосфора – из шахт).

Появляется все больше подтверждений тому, что пищевые производства являются основной причиной глобальных экологических изменений, и переход к устойчивым

пищевым производствам - необходимое условие для устойчивого глобального развития. Универсальное определение устойчивого пищевого производства должно включать общесистемные критерии оценки воздействия на окружающую среду, всеобъемлющий набор параметров различных масштабов. Выбросы парниковых газов, использование земельных и водных ресурсов, применение азотных и фосфорных удобрений, утрата биоразнообразия и химическое загрязнение гербицидами и пестицидами все чаще подвергаются оценке и применяются в качестве параметров по определению устойчивых пищевых производств.^{143–145} Использование единого набора параметров при определении устойчивого пищевого производства обеспечивает также последовательность в соблюдении критериев устойчивости в локальном и глобальном масштабах. Рамки, которым должны соответствовать два этих критерия - интеграция всеобъемлющего набора общесистемных параметров, отражающих влияние на окружающую среду, и масштабируемость от сельхозугодия до планеты – это рамки планетарных ограничений.^{2,29,146} Планетарные ограничения идентифицируют и очерчивают способы и критерии функционирования пищевых производств, гарантирующие биофизически безопасную эксплуатацию окружающей среды, и процессы, которые способствуют стабильности и устойчивости системы Земля.

При определении научных целевых индикаторов устойчивого пищевого производства мы руководствовались необходимостью идентифицировать параметры пищевых производств, детерминирующие их функционирование в рамках планетарных ограничений. Концепция планетарных ограничений оказалась полезной также и в связи с тем, что она позволила EAT-Lancet Комиссии выделить шесть систем и процессов, и определить их количественные характеристики. Мы устанавливаем глобальные цели, и эта концепция согласуется с целями по сохранению и укреплению стабильности процессов разнообразных систем Земли в масштабах планеты. Кроме того, эта концепция уже была применена разными странами и секторами как практический метод учета множественного антропогенного, глобального и экологического давления на окружающую среду. Тем не менее, эта концепция не охватывает вопросы взаимодействия между различными процессами систем Земли, хотя при ее разработке наличие таких динамических взаимодействий признавалось. Науки о Земле и исследования социально-экологической устойчивости указывают на существование системных компонентов и процессов, которые регулируют поведение системы Земля и являются ключевыми для обеспечения устойчивости планеты (Приложение, стр. 15–16).^{147–149} Комиссия фокусируется на смежных и пересекающихся исследованиях, чтобы идентифицировать шесть основных систем и процессов в окружающей среде, которые подвергаются влиянию пищевых производств: изменение климата, утрата биоразнообразия, изменение систем землепользования, использование водных ресурсов, а также потоки азота и фосфора.^{2,150} Научные данные о закономерностях, присущих этим системам и процессам, позволяют нам устанавливать количественные научные целевые индикаторы. Эти системы и процессы все чаще признаются в качестве параметров, необходимых для общесистемной дефиниции устойчивого пищевого производства. Мы опираемся на имеющиеся научные знания

по каждой из этих систем и процессов, чтобы очертить границы, в рамках которых должна функционировать устойчивая глобальная система продовольственного обеспечения, чтобы снизить риск необратимых и потенциально катастрофических сдвигов в системе планеты Земля. Эти границы концептуально определяют верхний предел глобального воздействия на окружающую среду со стороны мировой системы продовольственного обеспечения.^{2,148}

Неопределенность в оценках устойчивого пищевого производства

Чтобы четко сформулировать определение устойчивого пищевого производства, и, исходя из определения, организовать его работу на практике, необходимо установить планетарные ограничения, лимитирующие воздействие пищевого производства на климат, земельные ресурсы, водные ресурсы, биоразнообразие и биогенные циклы азота и фосфора. К нашему определению устойчивого пищевого производства для каждого из планетарных ограничений мы приводим научное обоснование, литературные источники и допущения. Тем не менее, установить для каждого процесса четкие границы, выход за пределы которых повлечет необратимые и вредные изменения в системе Земля, - это сложная задача. Трудности обусловлены существованием пробелов в знаниях, естественной изменчивостью и взаимозависимостью процессов системы планеты Земля. Мы выставляем диапазоны неопределенности, опираясь на научных литературные данные и собственные суждения о степени уверенности, с тем, чтобы отразить ту неопределенность, которая сохраняется при установлении глобальных границ, в рамках которых должны функционировать устойчивые системы продовольственного обеспечения (Табл. 2).

Изменение климата

Общие сведения

Антропогенные выбросы парниковых газов инициируют изменение климата, что приводит к сбоям в системе Земля, таким как повышение уровня моря и увеличение частоты экстремальных погодных явлений.¹⁵¹ Системы продовольственного обеспечения производят выбросы парниковых газов (например, углекислого газа, метана, и закиси азота) непосредственно в атмосферу, служат основным локомотивом изменений в землепользовании, которые в конечном итоге (за счет вырубки лесов, осушивания болот, вспахивания земель) создают дополнительные выбросы углекислого газа в атмосферу. Пищевые производства являются основными источниками таких парниковых газов, как метан и закись азота, потенциал вызывать глобальное потепление которых в 56 раз и в 280 раз (примерно за 20 лет) превосходит таковой углекислого газа соответственно.¹⁵¹ Метан производится в желудочно-кишечном тракте в процессе переваривания пищи у жвачных животных, таких как коровы и овцы, или во время анаэробного разложения органического материала в затопленных рисовых полях. Закись азота в основном образуется за счет жизнедеятельности почвенных микробов на пахотных землях и пастбищах, а также при манипуляциях по управлению плодородием почв, например, при внесении удобрений. Углекислый газ выделяется сельскохозяйственными угодьями при обработке почв, при сжигании растений, органических и сельскохозяйственных остатков с целью очищения земель под нужды аграрного хозяйства, а также от сжигания ископаемого

топлива сельскохозяйственной техникой, предприятиями, производящими химические удобрения, а также перевозчиками сельскохозяйственной продукции. Углекислый газ также выделяется при превращении природных экосистем, особенно лесов, в сельскохозяйственные угодья.

Биологические процессы, присущие растениеводству и животноводству, неизбежно сопровождаются газообразованием, поэтому некоторое количество парниковых газов всегда будет генерироваться любыми сельскохозяйственными объектами. Следовательно, хотя амбициозные цели по сокращению антропогенных выбросов парниковых газов обязательно должны быть установлены, устранение всех выбросов парниковых газов (например, метана и закиси азота), производимых пищевыми производствами, не представляется возможным. Мы предлагаем установить ограничения на выбросы парниковых газов продовольственной системой на максимально возможном низком уровне. Ограничений следует начать придерживаться до наступления 2050 года, чтобы к этому времени обеспечивать здоровым питанием население планеты и достичь при этом целей Парижского Соглашения.

Парижское соглашение создает политический и научный консенсус, в соответствии с которым все мировые державы объединяют усилия во имя сдерживания прироста глобальной средней температуры. Согласно соглашению, прирост температуры к 2100 году должен ограничиваться уровнем намного ниже 2°C (ближе к $1,5^{\circ}\text{C}$) относительно температур доиндустриальной эпохи (1861–80 гг.). Чтобы не допускать превышения установленного лимита прироста глобальной средней температуры, необходимо ограничить выброс парниковых газов максимально допустимым уровнем, получившим название углеродный бюджет. Это означает, что оставшийся бюджет общих глобальных выбросов, начиная с 2011 г, должен составить примерно 800 Гт чистого диоксида углерода или 1000 Гт в эквиваленте диоксида углерода для диоксида углерода, метана и закиси азота вместе взятых.¹⁵¹

Большинство сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли, лежащих в основе Репрезентативных траекторий концентраций (РТК) 2.6, выведенных Межправительственной группой экспертов по изменению климата, включают первоначальное превышение углеродного бюджета, а затем компенсацию, особенно начиная с 2040 г., путем массивного удаления углеродного газа из атмосферы.¹⁵² Благодаря различным технологиям отрицательной эмиссии углекислого газа, а также решительным действиям этот избыток углекислого газа может быть удален из атмосферы за счет наиболее распространенных подходов по улавливанию и хранению углерода и биоэнергетики с использованием технологии улавливания и хранения углерода. Между тем, биоэнергетика с использованием технологии улавливания и хранения углерода может конкурировать с сельскохозяйственными пищевыми производствами и оказывать тем самым серьезное влияние на продовольственную безопасность (Приложение, стр. 16–17).

На рисунке 2 обобщены данные²⁸ по предполагаемым требованиям, основанным на прогнозах по глобальной эмиссии парниковых газов, которым необходимо следовать для достижения целей Парижского соглашения по климату. Для 66% вероятности удержания глобального потепления на уровне менее 2°C глобальные выбросы углекислого газа в результате сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов должны достигнуть максимума не позднее 2020 г. и к 2050 г. достичь примерно 5 Гт эквивалента углекислого газа в год. Среди выбросов углекислого газа, происходящих в ходе землепользования, от изменений в землепользовании и

от лесных хозяйств (LULUCF) доминируют выбросы от расширения сельхозугодий и землепользования. Наземное сельское хозяйство должно будет перейти от статуса глобального источника (около 5 Гт эквивалента диоксида углерода в год) в 2050 г. к статусу потребителя углерода (–10 Гт эквивалента углекислого газа в год) к 2100 г. Методы производства продуктов питания имеют важное значение для достижения цели Парижского соглашения - удерживать прирост глобальной средней температуры на уровне на много меньше 2°C. Также необходимо будет сократить выбросы других парниковых газов, особенно метана и закиси азота, производимых пищевыми производствами, включая мировую систему продовольственного снабжения, преобразованную в будущем из нетто-источника углерода в нетто-поглотителя углерода. Кроме того, для достижения целей Парижского соглашения потребуется быстрая глобальная декарбонизации системы энергетического обеспечения, в том числе используемой в сельском хозяйстве.

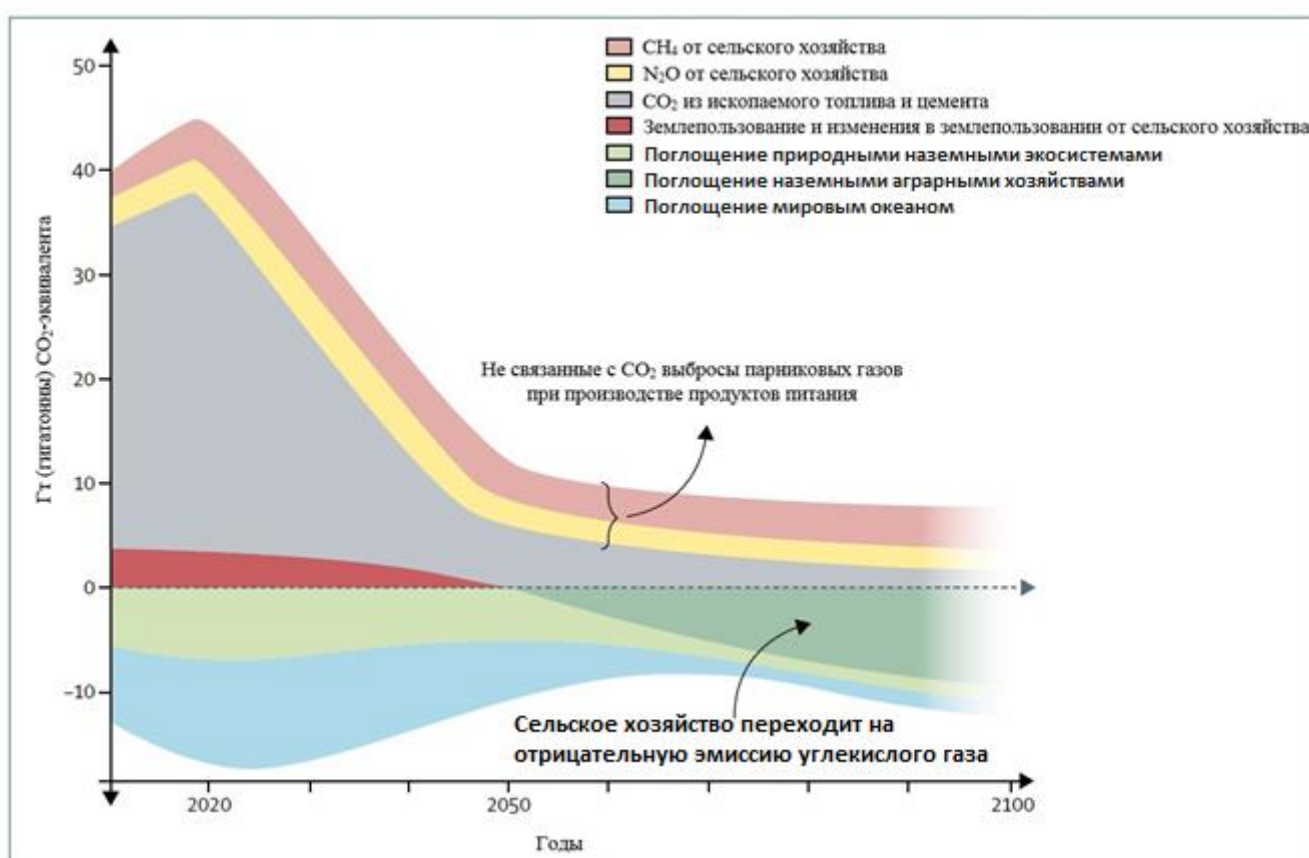


Рисунок 2: Прогностические величины глобальной эмиссии парниковых газов, которых необходимо придерживаться для сдерживания потепления на уровне на много меньше 2°C при стремлении к 1.5°C.

Представлены данные из Пятого Оценочного доклада межправительственной группы экспертов по изменению климата (данные по РТК 2,6 для закиси азота и метана), и Rockström и колле²⁸ (по выбросам от использования ископаемого топлива, землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства, и по биосферным поглотителям углерода).

Статус выбросов пищевых производств

Оценки нетто-выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве существенно отличаются в зависимости от того, какие подкатегории рассматриваются: выбросы не углекислых газов (метана и закиси азота) сельскохозяйственными производствами оцениваются в 5.0–5.8 Гт эквивалента диоксида углерода в год;¹⁵³ выбросы углекислого газа в результате преобразования природных экосистем, особенно лесов, в пахотные земли и пастбища, по оценкам, составляют 2.2–6.6 Гт эквивалента диоксида углерода в год,¹⁵⁴ плюс небольшое количество от сжигания биомассы около 0.3 Гт эквивалента углекислого газа в год;¹⁵³ выбросы углекислого газа от использования энергетического ископаемого топлива сельскохозяйственной техникой оцениваются в 1.0 Гт эквивалента углекислого газа в год.¹⁵⁵ Общий объем всех выбросов парниковых газов, производимых системой продовольственного снабжения, оценивается в 8.5–13.7 Гт эквивалента углекислого газа в год. Общие выбросы от пищевых производств оставались стабильными с 1990 г., увеличиваясь менее чем на 1% в год, поскольку увеличение производства компенсировалось снижением интенсивности выбросов на единицу продукции.^{153,155}

Определение максимально допустимой доли оставшегося глобального углеродного бюджета, которая может приходиться на систему продовольственного снабжения, является трудно выполнимой задачей, и любой научный целевой индикатор, при условии, что все источники выбросов будут считаться равновесными, будет зависеть от жизнеспособности и затрат на сокращение выбросов в других секторах. Поэтому мы пытаемся установить максимально допустимый бюджет углерода для продовольственной системы, основываясь на оценочных расчетах минимального количества выбросов парниковых газов в результате биологической жизнедеятельности аграрных хозяйств, которых, по нашему мнению, сложно, если невозможно, избежать в течение следующих 30 лет. Мы оцениваем неизбежную долю выбросов парниковых газов от пищевых производств до 2050 г. В расчет не берутся все выбросы углекислого газа в результате сжигания ископаемого топлива и изменений в землепользовании, так как, согласно нашему допущению, они сведены к нулю. Мы рассматриваем только выбросы метана и закиси азота, производимые в результате биологических процессов, присущих объектам растениеводства и животноводства.

Мы полагаем, что глобальные выбросы парниковых газов метана и закиси азота, создаваемые мировым пищевым производством, не должны превосходить объем 5 Гт эквивалента диоксида углерода в год в 2050 г. Такой научный целевой индикатор составляет почти половину допустимой глобальной эмиссии из всех источников в 2050 г., отвечает РТК 2.6 и цели сдерживать глобальное потепление на уровне на много меньше 2°C. Такой удельный вес доли выбросов от продовольственной системы в глобальных выбросах парниковых газов к 2050 г. превышает удельный вес сегодняшней доли, которая в настоящее время оценивается примерно в четверть от общих глобальных выбросов парниковых газов.

Обозначенный научный целевой индикатор установлен на базе комбинированных прогнозов по выбросам метана и закиси азота, производимым мировой продовольственной системой, которые оцениваются в 4.7 Гт эквивалента диоксида углерода в год. Прогнозы осуществлены при помощи трех моделей комплексной оценки¹⁵⁶ - IMAGE 4.28, MESSAGE 4.41, и GCAM 5.30 согласно РТК 2.6. Они описаны в статье Wollenberg и соавторов.¹⁵⁶ Модель IMAGE была подтверждена van Vuuren с соавторами.¹⁵⁷ Модели комплексной оценки генерируют указанный

результат посредством запуска субмоделей климатических, социально-экономических, энергетических, сельскохозяйственных и других подсистем для наиболее эффективного распределения пропорций по сокращению выбросов парниковых газов между секторами. РТК 2.6 прогнозирует, что выбросы метана от мирового пищевого производства будут постепенно уменьшаться в течение 21-го века, в то время как выбросы закиси азота, согласно ожиданиям, выйдут на плато после 2050 г.^{157,158} В соответствии с РТК 2.6, в дополнение к эмиссии метана и закиси азота, сжигание биомассы на сельскохозяйственных угодьях будет создавать эмиссию углекислого газа объемом 0.7 Гт в 2050 году.^{157,158} Суммирование выбросов всех трех парниковых газов дает в общей сложности 5.4 Гт эквивалента углекислого газа в год. В силу некоторой неопределенности, сопровождающей оценку эмиссии, мы установили пороговую величину выбросов в 5 Гт эквивалента диоксида углерода в год с диапазоном неопределенности 4.7–5.4.

Научный целевой индикатор по эмиссии парниковых газов со стороны системы продовольственного обеспечения достижим за счет двух фундаментальных факторов. Во-первых, за счет сокращения до нуля выбросов углекислого газа, происходящих при расчищении земель под пищевые производства. Если расширение границ землепользования (например, за счет вырубки лесов и реорганизации других земель) под нужды пищевого производства будет сведено к нулю, то этот процесс как источник выбросов парниковых газов прекратит свое существование, то есть выбросы будут исключены. Заданная цель является амбициозной и выходит за рамки РТК 2.6 для выбросов углекислого газа, вызванных изменениями в использовании земельных ресурсов. Во-вторых, нулевые нетто-выбросы наступят в звеньях системы продовольственного снабжения, использующих энергетическое топливо. Выбросы парниковых газов, происходящие при использовании ископаемого топлива в продовольственной системе, относятся к энергетическому, а не сельскохозяйственному сектору в МГЭИК и других системах учета выбросов. Аналитики предполагают глобальный переход к чистой энергетике к 2050 г., производящей нулевую эмиссию парниковых газов при использовании чистых источников энергии во всех секторах.²⁸

Использование водных ресурсов

Общие сведения

Продовольственный сектор является крупнейшим в мире потребителем воды. 84% сельскохозяйственных хозяйств используют пресную воду от дождевых осадков, а остальные 16% применяют орошение, то есть производят забор воды из пресноводных озер, рек и водоносных слоев земли.¹⁵⁹ 70% всего мирового водозабора используется для орошения. Доля забора воды на нужды пищевого производства варьируется в зависимости от региона: от 21% в Европе до 82% в Африке. Потребление воды пищевыми производствами более чем удвоилось в период с 1961 г. по 2000 г.¹⁶⁰

Вода – это кровоток биосферы.¹⁶¹ Вода поддерживает рост всей биомассы, а также детерминирует размер и распределение биомов и экосистем. Вода стимулирует круговорот питательных веществ, включая вымывание и выщелачивание питательных и загрязняющих веществ (тяжелых металлов и пластмасс). Гидрологический цикл связан с климатическими системами, включая влажность, через динамические обратные связи с которой

детерминируется количество осадков в регионе.¹⁶² В фокусе наших научных интересов – определение количества воды, необходимого для поддержания минимального уровня так называемого экологического стока воды в водосборах и бассейнах рек, который обеспечивает сохранение здоровья экосистем и благополучные условия для жизни общества.

Экологический сток – это водный режим, то есть «количественные, качественные и временные параметры стока, необходимые для поддержания эстуарных и пресноводных экосистем, а также для оптимального жизнеобеспечения и благополучия людей, которые от них зависят».¹⁶³ Эти стоки являются результатом разделения пресноводных осадков на испарение или сток, и на них влияет забор воды для орошения или других целей. Например, орошаемое земледелие вдоль течения рек требует большого забора воды, что приводит к уменьшению экологического стока воды в реках. Это сокращение стока может повлиять на экологические функции, важные для общества, такие как снабжение питьевой водой, рыболовство, удержание питательных веществ и контроль загрязнения.

Чтобы понять влияние водозаборов на экологический сток, следует различать безвозвратные расходы воды и использование воды, не сопровождающееся ее потерями (непотребительское использование). К безвозвратным потерям воды относятся потери в результате эвапотранспирации (прямого испарения или транспирации растений), непосредственно сокращающей экологические стоки воды. При непотребительском использовании воды, вода возвращается в реки и водоносные слои земли. Основная масса поливных вод становится безвозвратной, что делает ее частью водного бассейна, недоступной для других целей. Лишь небольшая часть возвращается непосредственно в водосборы в виде поверхностных или грунтовых стоков. До 75–84% мирового безвозвратного водопотребления можно отнести на счет сельского хозяйства.^{160,164}

Требования к экологическому стоку (ТЭС) – это минимальный объем воды, время и качество, необходимые для поддержания экологических функций и обеспечения благополучия людей. ТЭС определяет допустимые водозаборы и безвозвратные расходы, устанавливающие ограничения для водопользования, благодаря которым обеспечивается адекватный экологический сток в водосборах. Гидрологическая динамика (то есть значения низкого и высокого стока) и экологический контекст отдельных водосборов и речных бассейнов влияют на значения ТЭС.¹⁶⁵ Следовательно, водные ресурсы точнее всего анализируются регионально на уровне бассейнов.

Изначально планетарное ограничение для водных ресурсов предполагалось на уровне 4000 км³/год, который основывался на глобальном анализе без учета отдельных гидро-экологических условий и ТЭС для отдельных речных бассейнов.¹⁴⁶ Это ограничение не включало в себя расходы воды сельскохозяйственными культурами в неорошаемом (богарном) земледелии и потерю воды из-за испарения с дамб.¹⁶⁶ Некоторые люди утверждают, что установленное ограничение позволяет слишком высокий уровень расходов воды, и должно быть ужесточено.¹⁶⁷ Gerten с коллегами¹⁶⁸ уточнили водные ограничения с помощью глобального анализа в масштабах ТЭС для речного бассейна, количественно оценив доступные запасы пресной воды в случае, если будут соблюдаться требования ТЭС. Gerten и коллеги предлагают консервативное глобальное планетарное ограничение для использования пресной воды в 2800 км³/год для всех видов водопотребления человека, включая водозаборы со стороны пищевых производство.¹⁶⁸ Безвозвратное водопотребление при всех видах человеческой деятельности

оценивается в 1800–2100 км³/год, из которых продовольственная система потребляет 1400–1800 км³/год.^{160,164}

Для того, чтобы установить глобальный научный целевой индикатор для безвозвратного водопотребления продовольственной системой, мы решили принять консервативное планетарное ограничение в 2800 км³ в год.¹⁶⁸ Доля сельского хозяйства в мировом безвозвратном водопотреблении составляет 75–84%.¹⁶⁹ Если этот объем сохраняется, то доля пищевых производств в водопользовании в рамках планетарного ограничения расходов пресной воды составит 2100–2352 км³/год. Поскольку производство продуктов питания имеет основополагающее значение для благополучия населения, а преодоление разницы в урожайности во многих частях мира имеет важное значение для снабжения пищей населения всей планеты, мы полагаем, что сельскохозяйственному сектору должны быть разрешены более обширные доли при распределении общих планетарных ограничений в будущем. Установив долю сельского хозяйства при планетарном ограничении в 2800 км³/год до 90% к 2050 г., а не 75–84%, получаем глобальное водное ограничение для пищевых производств около 2500 км³/год. Однако в силу наличия неопределенности в данных мы использовали диапазон неопределенности Gerten и коллег¹⁶⁸ 1100–4500 км³/год. Применение доли в 90% для продовольственной системы дает нам диапазон неопределенности, округленный до 1000–4000 км³/год.

По нашему мнению, увеличение доли пищевых производств в безвозвратном мировом водопотреблении до 90% возможно, поскольку многие технологические решения позволят ограничить безвозвратное водопотребление в промышленности и в быту. Wada с коллегами¹⁶⁰ обнаружили, что в странах с высоким уровнем доходов и передовыми технологиями 20% безвозвратных потерь воды в промышленности происходят при водозаборе, в то время как в странах со средним и низким уровнем доходов потери при водозаборах составляют 35% и 60% соответственно. Выявленный факт свидетельствует, что возможно существенно сократить потери благодаря более эффективному использованию существующих технологий. В пищевых производствах безвозвратное водопотребление неизбежно в силу транспирации растений и испарений воды из почвы. Методы управления могут снизить потери в результате испарения за счет улучшения технологий орошения; однако некоторые потери останутся неизбежными из-за роста растений (транспирационных процессов).

Региональная дифференциация

Глобальная оценка безвозвратного водопотребления маскирует существенные региональные различия: некоторые регионы обеспечены водными ресурсами, а другие испытывают острый дефицит воды. Острый дефицит воды особенно распространен в засушливых регионах, где хронически не хватает воды, и где ТЭС для водосборного бассейна перерасходуется на ирригацию (Приложение, стр. 17). Водопользование является проблемой регионального уровня и на уровне речного бассейна. Местные и региональные ограничения должны устанавливаться в зависимости от их конкретных ТЭС. Глобальное ограничение, которое мы провозглашаем, представляет собой совокупное водопользование по регионам. В дополнение к применению ТЭС, Gleick и Palaniappan¹⁷⁰ предлагают использовать концепцию пиковой возобновляемой воды, пиковой невозобновляемой воды и пикового экологического стока. Под пиковым экологическим стоком понимается точка разграничения, при выходе за пределы которой общая

цена экологических нарушений и ущерба превосходит ту ценность, которую люди получают от использования этой воды. Эти показатели могут служить в качестве индикаторов забора и использования пресной воды.

При условии идеального торгового сценария интегрированность водных бассейнов может быть поддержана за счет торговли. Вода из бассейнов с избытком воды может доставляться в бассейны с дефицитом воды за счет торговли водоемкими продуктами питания. Это потребует беспрепятственной торговли продуктами питания, и наличия у всех стран достаточного количества иностранной валюты для покупки продуктов питания. Однако нынешняя политическая атмосфера побуждает страны наращивать продовольственный суверенитет (или самообеспечение) посредством местных пищевых производств. Такая ситуация предъявляет большие требования к водным ресурсам, особенно в засушливых и полузасушливых развивающихся странах. Страны с низким уровнем доходов, которые не могут торговать по политическим или экономическим причинам, подвергаются наибольшему риску.

Потоки азота и фосфора

Общие сведения

Азот и фосфор являются питательными элементами, жизненно важными для поддержания структуры и обмена веществ (метаболизма) живых организмов на суше и в океанах. Азот и фосфор имеют решающее значение для роста растений, но их естественная доступность ограничивает рост растений в большинстве наземных экосистем. Внесение азотных и фосфорных удобрений в пахотные земли имеет важное значение для увеличения урожайности, и будет впредь необходимо для обеспечения пищей растущего населения мира.¹⁷¹

Производство, применение и продажа удобрений нарушает глобальные биогеохимические круговороты (циклы) азота и фосфора. Чрезмерное применение соединений азота и фосфора в производстве пищевых продуктов имеет значимые последствия. В частности их сток в ручьи и реки стимулирует эвтрофикацию пресноводных и морских экосистем и последующее развитие гипоксических (бескислородных) условий, приводящих к гибели рыб и другим экологическим нарушениям.¹⁷ Хотя чрезмерное применение удобрений в пищевом производстве служит главной причиной нежелательных явлений, канализационные сточные воды также являются их важным источником. Осаждение соединений азота из атмосферы на поверхность Земли, обычно осуществляемое через дождевые осадки, снег или туман, является третьим важным источником загрязнения, особенно в странах с высокими уровнем выбросов оксидов азота (оксида и диоксида азота) и аммиака в атмосферу.¹⁷²

Помимо эвтрофикации водных экосистем, применение соединений азота в сельском хозяйстве может иметь ряд других последствий для экологии, здоровья людей и других живых существ, включая эвтрофикацию наземных экосистем, приводящую к снижению биоразнообразия и нарушению функций экосистем;^{173 174} подкисление воды и почвы выбросами аммиака;¹⁷⁵ эмиссию закиси азота, являющейся сильнодействующим парниковым газом;¹⁷⁶ загрязнение грунтовых вод нитратами, отрицательно влияющими на здоровье человека;¹⁷⁷ и образование в атмосферном воздухе аммиака, вредящего

здоровью человека.¹⁷⁸ Азот, поступающий от сельского хозяйства, также ведёт к выбросу оксидов азота в атмосферу, являющихся основным источником загрязнения аэрозолями и озоном¹⁷⁹ и способствующих снижению урожайности сельскохозяйственных культур.¹⁸⁰

Азотные удобрения производятся с использованием промышленного процесса Габера-Боша, преобразующего широко распространённый в природе нереакционноспособный газообразный азот в аммиак. Этот процесс очень энергоёмкий и связан с высоким уровнем выбросов парниковых газов. Фосфорные удобрения являются невозобновляемым ресурсом, добываемым из месторождений фосфоритов, число которых конечно. При существующих и прогнозируемых темпах добычи, запасы фосфоритов будут исчерпаны в течение 50–100 лет.

Значение азота и фосфора для народонаселения и планеты

Главная задача человечества – гармонизировать максимально допустимую нагрузку биосферы азотом и фосфором, не нарушающую стабильность системы Земля, с необходимым количеством азота и фосфора, требуемым для обеспечения продовольствием населения планеты.¹⁸² Согласно оценкам, чтобы снабжать продовольствием население Земли численностью около 10 миллиардов человек к 2050 году за счет существующих сельхозугодий, потребуется более масштабное ежегодного применения азотных и фосфорных удобрений,¹⁸³ превышающее планетарные ограничения для азота (62–82 Тг в год) и фосфора (6,2–11,2 Тг в год). Тем не менее, предложенный нами глобальный системный подход в контексте системы Земля расширяет возможности по обеспечению продовольствием человечества при условии, если будут применены методы, позволяющие производить больше пищевых продуктов на единицу внесённого азота или фосфора, свести к минимуму потерю этих питательных веществ, а также обеспечить их круговорот не только на фермерских полях, но и на системном уровне (например, в интерфейсе село-город). Опыт показывает, что существуют широкие возможности для снижения воздействия пищевых производств на окружающую среду путём исключения чрезмерного использования питательных веществ и их стока в водные системы, что сохраняет при этом потенциал по увеличению продуктивности пищевых производств.¹⁸⁴

Замыкание циклов питательных элементов (их совершенствование) и эффективное использование азота и фосфора – это одна из возможностей для увеличения продуктивности пищевых производств без наращивания выбросов химически активного азота и фосфора в биосферу. Такая стратегия предполагает применение соответствующего типа и количества удобрений в нужное время и в нужном месте. Кроме того, эта стратегия включает меры по извлечению питательных веществ (т.е., обеспечение их рециркуляции) в пригодных для использования формах из участков продовольственной системы, где они концентрируются, таких как очистные сооружения сточных вод, предприятия пищевой промышленности, переработка органических отходов в компост и отходов производства на животноводческих предприятиях. Внедрение систем замкнутого цикла в мировом производстве пищевых продуктов обеспечивает рециркуляцию азота и фосфора в продовольственных системах, не допуская их попадания в биосферу, и таким образом снижает их воздействие на

окружающую среду. Повышение эффективности использования и повторного использования питательных веществ может позволить увеличить глобальное внесение азота и фосфора для устранения разрыва в урожайности (т.е., разницы между потенциальным и фактическим урожаем), одновременно уменьшая общую глобальную потребность в синтезе новых азотных и фосфорных удобрений.

Другая возможность возникает за счет перераспределения использования азота и фосфора для сокращения разрыва в урожайности. В глобальном масштабе применение азотных и фосфорных удобрений распределено крайне неравномерно, начиная от внесения азота и фосфора в недостаточном для устранения разрыва в урожайности количестве, до чрезмерного их внесения во многих развитых и быстро развивающихся экономиках.¹⁸⁵ Многие развитые страны применяют азот в избытке, причем нормы внесения азота превышают количества, необходимые для получения урожая. В то же время во многих развивающихся странах урожайность составляет лишь от половины до четверти от тех значений, которые могут быть получены при надлежащем увеличении и своевременном внесении удобрений.^{184, 185}

Потоки азота (нетто-потоки азота) в атмосферу и водную среду непосредственно зависят от величины поступления азота, поскольку азот не накапливается в почве. Следовательно, увеличение количества азота, вносимого в пахотные земли, увеличивает ожидаемые потери азота из-за вымывания и стока в водные системы, улетучивания в атмосферу и сбора урожая, на который приходится большая часть азота, покидающего почвенную систему. Эта прямая связь между затратами и потерями легла в основу расчёта антропогенного вклада азота, выполненного De Vries с соавторами,¹⁸³ представляющего собой то количество азота, которое можно применять (от фиксации бобовыми растениями и внесения удобрений) во всём мире для производства пищевых продуктов без опасения вызвать эвтрофирование. Рассчитанный авторами антропогенный вклад азота (внесение азота) является частью существующего глобального антропогенного поступления азота, который в настоящее время превышает планетарные ограничения.

Ограничения по азоту для глобального производства продуктов питания получают путем умножения расчетного количества глобально применяемого и биологически фиксируемого азота на средние доли, варьирующиеся между 0,50 и 0,67 от глобального внесения азота. Эти средние доли связаны с процентом снижения глобального внесения азота, необходимого для поддержания концентрации азота в стоках в безопасных пределах 1-2,5 мг азота на 1 л.¹⁸³ Общее глобальное внесение азота оценивается приблизительно в 130 Тг в год.¹⁸³ Умножение 130 Тг азота в год на 0,50 и 0,67 дает 65–87 Тг азота в год, при провозглашённом ограничении на внесение азота для пищевых производства в 90 Тг азота в год с диапазоном неопределенности 65–90 Тг. Такое значение ограничения в применении азота несколько превышает предложенный Steffen с соавторами,² исходившими из величины общего глобального внесения азота в размере 121,5 Тг в год, которая, вероятно, может объясняться недооценкой использования удобрений.

Предлагаемое ограничение на использование азота пищевыми производствами может оказаться несколько преувеличенным, поскольку базируется на данных по глобальному

внесению азота, которое не является равномерным по всему миру: в некоторых регионах азот используется чрезмерно, в других – недостаточно. В районах, где наблюдается дефицит азота, возможно дополнительное внесение азота для увеличения урожайности без негативных последствий для окружающей среды. Кроме того, ограничение по азоту устанавливалось без учета возможности по повышению продуктивности его применения за счёт замыкания цикла азота. Если учесть эффекты от глобального перераспределения внесения азота и замыкания цикла азота, то возможно его глобальное использование в большем количестве, чем 90 Тг в год, то есть допустимо расширить границы дозволенного применения азота для пищевых производств. В этой связи мы установили более высокие значения предела внесения азота, равные диапазону неопределённости 90–130 Тг азота в год, допускающие увеличение использования азотных удобрений¹⁸⁴ в случае, если глобальное внесение азота перераспределено, и циклы азота замкнуты. Верхний предел в 130 Тг азота в год является расчётным количеством азота, которое может потребоваться для обеспечения продовольствием населения планеты численностью около 10 миллиардов человек.

Планетарное ограничение на использование фосфора в 6,2 Тг фосфора в год (диапазон неопределённости составляет 6,2–11,2 Тг), первоначально предложенное Carpenter и Bennett¹⁸⁶ и принятое Steffen с соавторами,² было региональным, краткосрочным ограничением для предотвращения широкого распространения эвтрофирования региональных водосборных бассейнов. Это ограничение применялось в первую очередь к пахотным землям на глобальном уровне, поскольку большая часть фосфора поступает в водосборные бассейны в результате использования удобрений. Обозначенное ограничение основано на оценках глобального потока фосфора из размываемых почв в пресноводные системы за вычетом показателя выветривания. Тем не менее, такой подход предполагает, что размывание почв является основным источником фосфора для пресноводных систем. Фосфор, выносимый с полей за счет сбора урожая сельскохозяйственных культур, потребляемых животными и людьми, выделяемый в виде навоза и отходов жизнедеятельности человека и, в конечном итоге, попадающий в пресноводные системы, исключается из расчета. Такое исключение может привести к переоценке долгосрочного глобального ограничения содержания фосфора в устойчивом потоке из пресноводных систем в океан на уровне 11 Тг фосфора в год (диапазон неопределённости составляет 11–100).

De Vries с соавторами¹⁸³ разработали глобальную модель потока фосфора для пищевых производств, учитывающую критику первоначального подхода, использованного Carpenter и Bennett,¹⁸⁶ но не учитывающую другие потоки, такие как выветривание. В этой модели внешний допустимый вынос фосфора в биосферу, осуществляемый пищевыми производствами, детерминирован долгосрочной (в масштабе тысячелетий) допустимой аккумуляцией фосфора в почвах и донных отложениях и поступлением в поверхностные воды (океаны) в результате стока и выщелачивания, что увеличивает концентрацию фосфора до порогового значения для начала эвтрофирования. Поглощение и выведение фосфора человеком в пресноводные системы (накапливаемого в донных отложениях) и в почву через рециркуляцию отходов жизнедеятельности человека (запасаемого в почвах) влияет на величину ограничения для фосфора. Это ограничение предполагает полную рециркуляцию фосфора из навоза животных.

Использование такого подхода при допущении отсутствия рециркуляции отходов жизнедеятельности человека дает долгосрочное глобальное поступление фосфора из пищевых производств в объёме около 6–12 Тг фосфора в год. Это новое расчётное значение поступления фосфора аналогично диапазону, выведенному Carpenter и Bennett.¹⁸⁶ Поэтому мы полагаем, что глобальное долгосрочное ограничение для применения фосфора пищевыми производствами должно составить 8 Тг фосфора в год (диапазон неопределённости составляет 6–12 Тг). Такое ограничение для фосфора может оказаться заниженным, поскольку в нем не учтена возможность по повышению эффективности использования фосфора в результате замыкания циклов фосфора путём его рециркуляции и снижения фосфорной нагрузки от точечных источников. Обозначенное ограничение также не учитывает ситуации глобального перераспределения использования фосфора из регионов, в которых фосфорные удобрения применяются в избытке в регионы, где они вносятся недостаточно. Такое перераспределение имеет большое значение, поскольку, в отличие от азота, фосфор адсорбируется почвой, может аккумулироваться в ней и накапливаться в запасах почвенного фосфора. Увеличение содержания органического вещества и запасённого углерода в почвах увеличивает способность почв накапливать фосфор. Вымывание и сток фосфора в поверхностные воды происходит тогда, когда почвы насыщены запасами фосфора, а поступление фосфора из удобрений превышает количество фосфора, удаленного во время выращивания и сбора урожая. Когда в почве наблюдается дефицит фосфора (т.е. его запасы находятся ниже уровня насыщения), возможно дополнительное внесение фосфора, что приведёт к увеличению урожайности при минимальном вреде для окружающей среды. Объединение указанных условий позволяет эффективно увеличить ограничение на применение фосфора.

Глобальные почвенные запасы фосфора в одних областях недостаточны, а в других регионах планеты почвы насыщены запасами фосфора. Для повышения урожайности, глобальные почвенные запасы фосфора должны быть повсеместно насыщены, а внесение фосфорных удобрений должно поддерживать насыщенность почв путём восполнения фосфора, удаляемого из почв в ходе выращивания и сбора урожая. Этот процесс позволит закрыть разрыв в урожайности, что необходимо для обеспечения продовольствием населения численностью около 10 миллиардов человек, ожидаемой к 2050 г. Согласно нашим оценкам, эту цель можно достичь путём краткосрочного (в течение нескольких лет) глобального внесения фосфора в объёме 16 Тг в год целенаправленно в почвы с дефицитом фосфора. Таким образом, мы предлагаем верхний предел внесения фосфора 8–16 Тг фосфора в год при сохранении ограничения в 8 Тг в год, что может быть достигнуто путём переработки 50% отходов жизнедеятельности человека и повторного применения переработанного фосфора на пахотных землях.¹⁸⁷ Значение такого подхода будет возрастать по мере увеличения населения более чем на 2 миллиарда человек к 2050 году.

Потеря биоразнообразия

Общие сведения

Богатое видовое разнообразие и полнота численности популяций всех живых

организмов, обитающих на суше и в воде, является важным условием для поддержания стабильного состояния экосистем,^{188,189} а также продуктивности и устойчивости систем продовольственного снабжения. Функциональная значимость биоразнообразия зачастую понимается в недостаточно полной мере и серьезно недооценивается.^{190,191} Биоразнообразие улучшает экосистемные услуги, необходимые для обеспечения благополучия человечества, включая производство пищевых продуктов, опыление, борьбу с сельскохозяйственными вредителями, регулирование тепла, поглощение углерода, обратную связь по влажности, регулирующую осадки. Питательная ценность, защитные свойства и вкусовые качества большей части растительной пищи – функция эволюционных взаимодействий между биологическими видами (Слайд №4).¹⁹²

Мы вступили в период шестого массового вымирания видов на Земле, теряя виды со скоростью в 100-1000 раз быстрее естественных темпов фонового вымирания видов.¹⁹³⁻¹⁹⁵ Потеря видов измеряется с помощью показателя вымирания видов,^{194,195} местными изменениями в составе сообществ, снижением численности популяций,¹⁹⁴ а также снижением сохранности биоразнообразия.¹⁵⁰ Вымирание видов представляет собой растущую угрозу для системы Земля^{88,189} и мировой продовольственной безопасности, а также может существенно подорвать наш потенциал в деле по стабильному обеспечению продовольствием населения планеты к 2050 году.

Пищевое производство как фактор потери биоразнообразия

Многие виды деятельности человека приводят к потере биоразнообразия. Потеря наземной и водной среды обитания, фрагментация естественной среды обитания, изменение климата, химическое загрязнение окружающей среды, появление инвазивных чужеродных видов, а также неустойчивая урожайность диких видов являются первичными факторами потери биоразнообразия.^{190,196} При этом потеря и фрагментация среды обитания, происходящие из-за присвоения человеком земель для пищевых производств, являются основной движущей силой потери биоразнообразия.^{190,197} Согласно классификации рисков исчезновения птиц и млекопитающих Международного союза охраны природы, 80% угроз исчезновения видов птиц и млекопитающих обусловлено сельским хозяйством (Приложение, стр.17).

Текущие показатели скорости вымирания видов¹⁹⁸ и сокращения численности популяций¹⁹⁴ выше таковых, когда она составляла исчезновение одного вида на миллион видов в год. Число видов, которое может исчезнуть при сохранении способности обеспечить человечество питанием, остается неизвестным, однако каждый новый исчезнувший вид – это фундаментальное снижение устойчивости и способности реагировать на изменения окружающей среды.¹⁹⁹ Предвестником исчезновения видов является сокращение численности популяций и локальное исчезновение. Биомасса насекомых уменьшилась на 75% за 30 лет, а количество птиц, обитающих на сельскохозяйственных землях – на 30% за 15 лет. Такое сокращение произошло задолго до исчезновения биологических видов по всему

миру, при этом существенно навредило способности видового разнообразия поддерживать производство продуктов питания, перенос генов и другие экосистемные услуги (Слайд №4).

В качестве ориентира для оценки воздействия деятельности человека на биоразнообразие был введен показатель фоновой скорости вымирания видов («нормальные» естественные темпы вымирания), составляющий вымирание одного вида на миллион видов в год во многих таксонах.¹⁹⁵ Высокая степень неопределенности существует в отношении скорости вымирания видов, допустимой для Земли, которая не равно нулю, хотя некоторые аналитики настаивают на необходимости свести вымирание видов к нулю для сохранения биоразнообразия. Эта неопределенность объясняет широкий диапазон неопределенности для провозглашенного нами научного целевого индикатора по утрате биоразнообразия (по ограничению на исчезновению видов), равного исчезновению менее десяти видов на миллион видов в год, что находится в одном ряду с фоновым уровнем вымирания и показателем, предложенным Steffen и коллегами.² Однако, поскольку переломная скорость или типы утраты биоразнообразия, которые могут стать причиной необратимых изменений в системе Земля, являются неизвестными, ограничение для пищевых производств должно быть установлено на уровне не ниже исторического фоновой скорости «нормального» вымирания видов. Поэтому мы установили диапазон неопределенности, равный 1-80 исчезновениям на миллион видов в год. Самое низкое значение диапазона (т.е. 1) равно фоновой скорости вымирания, а самое высокое значение (т.е. 80) отражает долю влияния сельскохозяйственной сферы на сокращение количества видов и представляет собой 80% от верхнего предела области неопределенности (100 вымерших видов на миллион в год), предложенного Steffen и коллегами.²

Показатель скорости вымирания видов, выражаемый количеством исчезнувших видов на миллион в год, является логической метрикой для количественной оценки утраты биоразнообразия, поэтому важно учитывать несколько предостережений. Во-первых, показатель вымирания видов на миллион в год обычно измеряется согласно геологической, а не экологической временной шкале в глобальных экологических конвенциях, в том числе в Конвенции о биологическом разнообразии. Тем не менее, ранние признаки вымирания видов начинают просматриваться в экологической шкале времени, и должны немедленно приниматься к сведению для принятия решительных и неотложных мер. Во-вторых, снижение численности популяций биологических видов¹⁹⁴ в регионах и локальное исчезновение видов предвещает вымирание видов по всему миру. Для количественной оценки этих процессов лучше применять региональную метрику, такую как индекс интактности биоразнообразия, а не логическую. В-третьих, не все виды оказывают одинаковое измеримое воздействие на процессы системы Земля, поэтому величина показателя исчезновения видов может не отражать степени влияния исчезновения определенных видов на глобальные процессы.²⁰¹ Несмотря на отмеченные ограничения, модели, основанные на хорошо задокументированных закономерностях, действующих в ареалах обитания видов, применялись для прогностической оценки того, какой вклад может внести планируемое

преобразование (освоение) земель в сокращение численности популяций и видового разнообразия.^{202,203} В этой связи мы считаем, что скорость вымирания видов, измеряемая в количестве вымерших видов на миллион видов в год, - это релевантная метрика для глобальной количественной оценки утраты биоразнообразия, вызванной функционированием пищевых производств.

Слайд №4: Сельскохозяйственное биоразнообразие

Сельскохозяйственное биоразнообразие или агробиоразнообразие имеет важное значение для благополучия населения и напрямую влияет на качество питания. Агробиоразнообразие, часто называемое разнообразием сельскохозяйственных культур, включает культивируемые и некультивируемые биологические виды, употребляемые в пищу или участвующие в производстве продуктов питания. Культивируемые сельскохозяйственные виды – это виды, которые специально выращиваются или разводятся фермерами. Агробиоразнообразие возникло в результате селекции, проводившейся человеком на протяжении десятков тысяч лет, с целью получения съедобных видов растений и животных, обладающих интересующими человека характеристиками, удовлетворяющими различные запросы и потребности (например, социальные, вкусовые, по урожайности, устойчивости к холоду и т.д.).

К несъедобным биологическим видам сельскохозяйственного значения относится бесчисленное множество видов живых существ от почвенных микробиомов до насекомых, птиц и млекопитающих, которые опыляют сельскохозяйственные культуры, регулируют количество вредителей, абсорбируют чрезмерное количество питательных веществ на полях, а также фиксируют углерод в почве. Выгоды, обеспечиваемые таким биоразнообразием, называются агроэкосистемными услугами. Агропроизводственные практики, такие как агролесоводство, береговые буферные полосы, консервация сельскохозяйственных угодий или «дикое всполье» помогают сохранить биоразнообразие в сельскохозяйственных угодьях, причем, эти сервисы управляются и обеспечиваются пищевыми производствами.³¹

Поскольку растения лишены возможности перемещаться, в процессе эволюции в них выработались многочисленные химические защитные приспособления от вредителей, хищников и болезней, и адаптивные приспособления для благоприятствования размножению. Например, сладкий вкус фруктов и ягод – словно награда для поедающих их животных, которые рассеивают их семена повсюду через экскременты, а структура плодов (зерна, семена, орехи) обеспечивает зародыш растений большим запасом энергии для развития и роста. Все эти разнообразные адаптивные приспособления являются источником богатой пищевой ценности растительных продуктов. Разнообразные свежие фрукты и овощи, цельные зерна, семена и орехи являются важной частью здорового питания, через употребление которых мы получаем выгоды для здоровья, приобретенные растениями в ходе эволюционного развития, приведшего к разнообразию.³²

Не смотря на то, что существует более 14 000 съедобных видов растений, человек употребляет в пищу только 150-200 из них. И только лишь три культуры (рис, кукуруза и пшеница) составляют 60% от всех калорий, потребляемых населением планеты.^{32,33} Между тем, многие разновидности растений, которые

не используются в пищу, имеют великолепный питательный профиль, а также представляют большой интерес в плане адаптации пищевых производств к изменениям климата (например, такие представители зерновых как квиноа, просо, сорго, тефф, или фрукты сапота и чая, и бобы ченаподес). Свойства таких съедобных растений особенно важны в свете растущей угрозы того, что изменения климата могут влиять на урожайность культур и пищевую ценность продуктов. Более того, упрощение системы продовольствия приводит к потере не востребуемых существующих видов и сортов съедобных растений, что обедняет возможности человечества по обеспечению здоровых рационов питания при помощи экологически безопасных устойчивых систем продовольственного снабжения.

Изменение системы землепользования

Общие сведения

В мировом масштабе чистая площадь земли, занятой пищевыми производствами, остается неизменной с середины 20-го столетия. Однако такой подход к оценке маскирует реальную картину, поскольку в умеренных климатических зонах Европы, России и Северной Америки произошло существенное сокращение земель сельскохозяйственного назначения, в то время как в тропических зонах, отличающихся богатым биоразнообразием, сельхозугодия, наоборот, существенно расширились. Пищевые производства являются основным эксплуататором земель и движущей силой изменений в землепользовании, главным образом за счет вырубки лесов и сжигание биомассы. В период с 2000 по 2014 год в Бразилии уничтожалось в среднем по 2,7 млн. га лесов в год, в Демократической Республике Конго – 0,57 га/год с увеличением показателя в 2,5 раза, начиная с 2011 года, а в Индонезии – 1,3 миллиона га/год, причем 40% приходится на первобытные леса.²⁰⁴ Эти изменения в системе землепользования являются главной причиной утраты биоразнообразия и выбросов парниковых газов, и подрывают другие процессы системы Земля.

Главная задача человечества в отношении землепользования заключается в сохранении незаменимых земных и морских биомов, поскольку они регулируют состояние планеты и выполняют экологические функции, которые обеспечивают производство продуктов питания. Около 51% мировой земной поверхности могут быть классифицированы как нетронутые экосистемы с индексом интактности биоразнообразия более 90.^{150,205} Индекс интактности биоразнообразия – это количественная мера сохранности местных сообществ в пределах региона по сравнению с их исходным состоянием. Степень интактности экосистем варьируется по всему миру, и самыми сохранными биомами отличаются бореальные и тундровые зоны.²⁰⁵

15% из вышеуказанных 51% мировой поверхности земли имеют правовой статус охраняемых территорий и могут быть классифицированы как естественные места обитания флоры и фауны, являющиеся домом для уникальных биологических видов. Большое количество таких видов находится на грани исчезновения, поэтому они нуждаются в обширных нетронутых территориях для проживания с нулевым или минимальным вмешательством человека. В Конвенции о биологическом разнообразии (Айтинская целевая задача №11) поставлена задача защитить 17%

суши и внутренних водоемов по всему миру с акцентом на законодательную защиту ключевых районов биоразнообразия²⁰⁶ и «горячих точек» биоразнообразия, где эндемики катастрофически теряют среду обитания.²⁰⁷

Оставшиеся 36% нетронутых экосистем не имеют правового статуса охраняемых территорий и сохраняют при этом высокие показатели интактности биоразнообразия.²⁰⁵ Под наибольшей угрозой исчезновения находятся те биомы, которые имеют наибольшую сельскохозяйственную ценность, в том числе биомы пастбищ, сухих тропических лесов и лесов умеренной зоны. В противоположность биомов с низкими показателями сохранности биоразнообразия из-за пищевых производств, высокоширотные тундровые и бореальные лесные биомы хорошо защищены и сохранены. Комбинация показателей площади нетронутых биомов (>50%) и сохранности биоразнообразия (индекс интактности > 90%) обеспечивает набор метрик, который указывает на масштабы прогресса, к которым необходимо стремиться, чтобы глобально защитить биоразнообразие (Рисунок 3). Поскольку биоразнообразие в каждой местности уникально, привязано к локальным условиям и не поддается экспорту, задачи по его сохранению необходимо ставить на уровне каждого экорегиона, обеспечивая, таким образом, равное распределение природоохранных мероприятий по всему миру.

Большая часть оставшейся поверхности земли отведена под пахотные земли и пастбища (естественные пастбища и пастбищные угодья), занимающие около 40% от свободной ото льда земной поверхности. В совокупности эти сельскохозяйственные системы являются крупнейшими в мире экосистемами, и, помимо производства продовольствия, они предоставляют другие важные услуги, в частности, служат средой обитания для разнообразных биологических видов (то есть поддерживают биоразнообразие) и поглощают углерод. Из этих 40% пастбища занимают 23% поверхности земли и имеют большое значение для сохранения биоразнообразия и связывания углерода. Пастбищные угодья могут также играть особенно значимую роль в стратегиях восстановления биоразнообразия в бывших биомах лугов или лесовосстановления в бывших лесных биомах, важных стратегиях по улавливанию углерода. Высадка леса ограничена наличием земель, и поэтому лесовосстановление за счет деградированных пастбищ и лугов дает возможность удалять двуокись углерода из атмосферы, обеспечивая при этом дополнительные преимущества для сохранения биоразнообразия.²⁰⁸ К преобразованию оставшихся нетронутыми естественных пастбищ и лугов следует относиться с большой осторожностью, поскольку издержки, связанные с утратой биоразнообразия и ростом эмиссии углекислого газа, высоки.

Мы используем минимальное количество лесных насаждений, индекс интактности биоразнообразия, а также зональную сохранность для ключевых биомов как основание для установления научных целевых индикаторов по использованию земельных ресурсов пищевыми производствами.² Поскольку сельское хозяйство является крупнейшим действующим фактором обезлесения и основным эксплуататором земель, для достижения Парижского соглашения и сокращения потерь биоразнообразия, экспансия сельского хозяйства в лесные районы и другие

природные экосистемы должна быть остановлена. Поэтому глобальное землепользование пищевыми производствами должно быть ограничено уровнем 13 млн. кв.м. и ниже (11–15 млн. кв.м.).

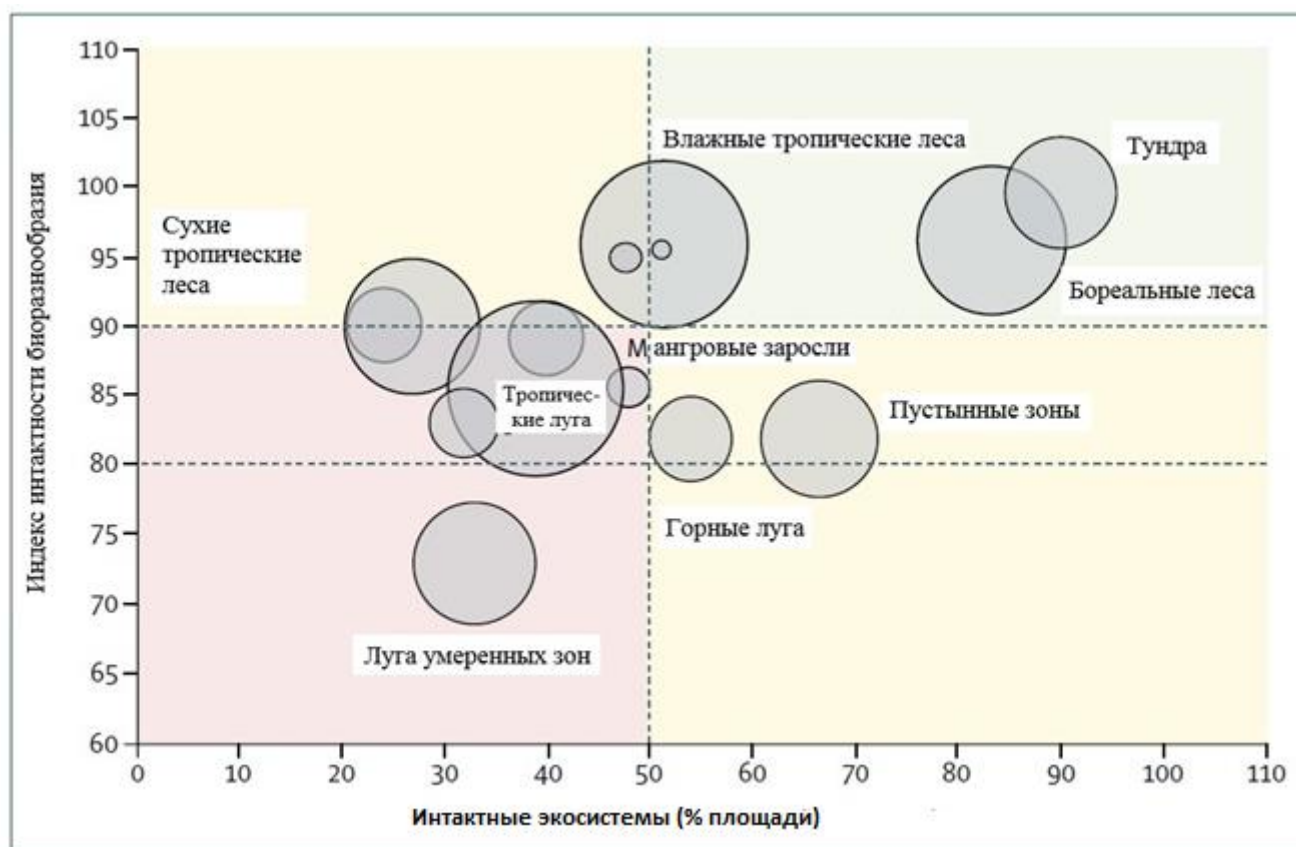


Рисунок 3: Связь между территориальной сохранностью экосистем и индексом интaктности биоразнообразия, отражающим сохранность видового состава, служащая количественной мерой оценки текущего статуса биома в отношении целевых индикаторов по сохранению территорий и видового разнообразия.

Размер кружков отражает протяженность (то есть площадь) биома. Пунктирные линии представляют целевые индикаторы по территории (ось x) и сохранности видов (ось y). Целевой индикатор по сохранности территорий и стратегическую цель согласно модели «Половина Земли» (оставить нетронутыми 50%) предложили Wilson²⁰⁹ и Dinerstein с коллегами.²⁰⁵ Индекс интaктности биоразнообразия, отражающий сохранность видового состава, был предложен Steffen и коллегами,² и представляет собой меру функционального биоразнообразия, которое было проанализировано в мировом масштабе Newbold и коллегами.¹⁵⁰ Четыре биома (зеленая область) имеют индекс интaктности биоразнообразия более 90 и интaктность территорий более 50%; один биом (луга умеренных зон) имеет менее 50% интaктности по площади и индекс интaктности биоразнообразия видов 90. Четыре биома спускаются ниже целевых индикаторов по сохранности территорий и видов, если порог индекса интaктности биоразнообразия составляет 80%. Остальные биомы спускаются ниже одного целевого индикатора, но не двух сразу (по территории или видовому составу). Описание каждого биома см. в приложении.

Стратегия «Половина Земли»

Согласно предположениям, мы можем остановить потерю биоразнообразия и сберечь как минимум 80% предпромышленного видового богатства посредством

защиты оставшихся 50% поверхности Земли за счет сохранения экосистем нетронутыми.^{205,209} Таким образом, количественные ограничения на изменения землепользования и утрату биоразнообразия, провозглашенные ЕАТ-Lancet Комиссией, в глобальном масштабе заключаются в требовании свести преобразование природных экосистем в сельскохозяйственные угодья к нулю, то есть в реализации стратегии «Половина Земли». Эта стратегия согласуется с выведенным Steffen и коллегами² ограничением на утрату биоразнообразия на региональном уровне, в соответствии с которым индекс интактности биоразнообразия должен поддерживаться на уровне 90% (Рисунок 3). Реализация стратегии «Половина Земли» в пределах биомов даст множество сопутствующих преимуществ, таких как сохранение функционального разнообразия экосистем, сокращение выбросов парниковых газов, производимых в процессе сельскохозяйственной деятельности, лесоводства и других видов землепользования, а также стимулирование лесопосадок или лесовосстановления, что важно для содействия выполнению Парижского соглашения. Стратегия «Половина Земли» может быть осуществлена посредством правовой защиты или использования земель с учетом видового состава биома, например, бережный сбалансированный сбор урожаев в естественных природных лесах, использование природных местных участков земли или применение систем выпаса низкой интенсивности в луговых экосистемах, или же других методов землепользования, которые позволяют поддерживать индекс интактности биоразнообразия не менее 90.

Сохранение показателей биоразнообразия при функционировании пищевых производств зависит также от мелкомасштабных природоохранных мер, применяемых для сельскохозяйственных ландшафтов. В основном потеря биоразнообразия вызвана фрагментацией естественной среды обитания и интенсификацией сельскохозяйственного производства, в том числе потерей зон свободной миграции и скрещивания, буферных систем и изолированных зон сохранения. Интегрирование как минимум 10% экологически сохранных земель мелких масштабов (<1км²) в сельскохозяйственные системы обеспечивает соединение мест обитания, что существенно для выживания биологических видов и доступа к экосистемным услугам, предоставляемым биомом благодаря биоразнообразию, которые поддерживают функционирование пищевых производств. Кроме того, трансформации экосистем, вызванные изменениями климата, приводят к меньшей потере биоразнообразия, чем изменения в землепользовании. Для того, чтобы биологические виды гарантированно адаптировались к темпам изменения климата, необходимо обеспечить сохранность естественной среды обитания, а также связей и взаимодействий внутри нее.²¹⁰

Научные целевые индикаторы и стратегические направления по обеспечению устойчивого производства продуктов питания

В Таблице 2 представлены научные целевые индикаторы по планетарным ограничениям для пищевых производств, провозглашенные Комиссией. Эти глобальные научные

целевые индикаторы позволяют дать интегрированное определение устойчивого пищевого производства, которое можно конкретизировать в виде целевых индикаторов, основанных на научных доказательствах (Слайд №1), для секторов разных масштабов - от региональных до страновых. Кроме того, научные целевые индикаторы устойчивых пищевых производств могут быть конкретизированы в виде стратегических направлений: (1) декарбонизация цепи продовольственного снабжения от производства к потреблению означающая, что к 2050 году необходимо свести использование ископаемого топлива к нулю и поддерживать выбросы парниковых газов, производимых пищевыми производствами, на уровне 5 Гт и менее эквивалента диоксида углерода в год для метана и закиси азота; (2) радикальное повышение эффективности системного (в том числе сельского и городского) использования питательных веществ и рециркуляции азота и фосфора; (3) срочное принятие мер по достижению нулевых потерь биоразнообразия; (4) обеспечение человечества продовольствием за счет уже функционирующих сельскохозяйственных угодий, т.е. отказ от расширения территорий сельхозугодий, прекращение экспансии сельского хозяйства в природные экосистемы; (5) интегрирование 10% экологически сохранных территорий в существующие сельскохозяйственные ландшафты, восстановление деградировавших земель, в том числе за счет высаживания леса; (6) принятие стратегии «Половина Земли» по сбережению биоразнообразия, т.е. сохранение 50% экосистем Земли в нетронутom виде; (7) сокращение потерь продуктов питания и отходов на 50% для уменьшения давления на спрос на продовольствие; и (8) трансформирование пищевых производств путем их устойчивой интенсификации за счет устойчивых методов поддержания почв, эффективного использования воды, питательных и химических веществ, производящих революцию в сельском хозяйстве.

Раздел 3: Обеспечение здоровых рационов питания посредством устойчивых экологически безопасных систем продовольственного снабжения

Введение

Разработка устойчивых экологически безопасных систем продовольственного снабжения, способных обеспечить здоровыми рационами питания растущее население планеты, является серьёзнейшим вызовом современности (см. Раздел 4). Для решения этой первоочередной и сложной задачи требуется понимание того, каким образом множественные переменные влияют на окружающую среду. Мы применяем технологии моделирования глобальной продовольственной системы, чтобы проанализировать какие комбинации готовых к применению мер (Таблица 4) необходимы для гарантирования безопасного функционирования пищевых производств в рамках установленных ограничений (Таблица 2), способных снабжать здоровыми рационами питания (Таблиц 1) население Земли к 2050 году. Задача состоит в том, чтобы определить комплекс соответствующих мероприятий в рамках научных целевых индикаторов по здоровью человека и экологической устойчивости пищевых производств, установленных Комиссией.

	Положения
Переход на другие рационы питания	Ссылка (таблица 1); вегетарианские: источники белка на основе мяса заменяются сочетанием растительных белков, фруктов и овощей (яйца и молочные продукты потребляются); веганские: все источники белка животного происхождения заменены сочетанием белков растительного происхождения, фруктов и овощей (без употребления яиц и молочных продуктов); пескаторианские: источники белка на основе мяса заменены сочетанием морепродуктов, фруктов и овощей (яйца и молочные продукты потребляются)
Совершенствование практик пищевого производства (СППП на английском - PROD)	Стандартное (обычное) совершенствование практик производства пищевых продуктов, включая сокращение разрыва в урожайности между достигнутой и достижимой урожайностью примерно на 75%, ^{184, 211} сбалансированное выравнивание внесения в почвы азотных и фосфорных удобрений между регионами с чрезмерным и недостаточным применением удобрений, ¹⁸⁴ улучшение управления водными ресурсами, включая повышение эффективности использования водосборного бассейна, расширение возможностей по сбору, сбережению и более эффективному использованию дождевой воды; ²¹¹ и внедрение технологий по минимизации экологических последствий сельскохозяйственной деятельности, которые должны быть экономичными при прогнозируемых социальных затратах на углерод в 2050 ²¹² годах, включая изменения в ирригации, выращивании сельскохозяйственных культур и внесении удобрений, которые уменьшают выбросы метана и закиси азота при выращивании риса и других культур, а также изменения в управлении

Высокий уровень совершенствования практик пищевого производства (СППП+ на английском – PROD+)	использования навоза, преобразования кормов и кормовых добавок для снижения энтеральной ферментации в животноводстве. ²¹³ Высокий уровень совершенствования практики производства пищевых продуктов в дополнение к сценарию СППП (PROD), включая дополнительное увеличение урожайности в сельском хозяйстве, которое сокращает разрыв в урожайности до 90%, ¹⁸⁴ 30% повышение эффективности использования азота, ²¹⁴ и 50% коэффициент повторного использования фосфора; ²¹⁵ начало выпуска биотоплива первого поколения и внедрение всех доступных способов на всех уровнях (от нижних до высоких) снижения выбросов парниковых газов, связанных с производством определённых пищевых продуктов. ²¹
Сокращение пищевых отходов и потерь продовольствия (сокращение потерь вдвое)	Потери продовольствия во всей цепочке от производства до потребителя и пищевые отходы сократились на половину, в соответствии с Целями в области устойчивого развития тысячелетия (цель 12.3).
Таблица 4: Меры по снижению воздействия пищевых производств на окружающую среду	

Оценка влияния производства определенных пищевых продуктов на окружающую среду

Методологические противоречия и отсутствие определенных данных затрудняет высокоточное разграничение и сравнение специфики воздействия производства отдельных пищевых продуктов на окружающую среду. В большинстве существующих исследований питания и пищевых производств, в которых проводилась оценка влияния на окружающую среду, анализировалась только эмиссия парниковых газов. Однако, согласно последним литературным обзорам, полноценный комплексный анализ все еще не был осуществлен, более того, некоторые основополагающие аспекты воздействия производств определенных пищевых продуктов на окружающую среду изучены недостаточно. В частности, биоразнообразие, благополучие животных, вымывание питательных веществ из почв и использование химических веществ, как правило, в исследованиях экологических эффектов производства определенных пищевых продуктов не рассматривалось. Тем не менее, все большее число литературных данных указывает на высокую вероятность существования четкой иерархии воздействия пищевых производств на окружающую среду в зависимости от их размера и специфики. Например, Clune и коллеги²¹⁶ описали выбросы парниковых газов различными категориями пищевых производств на основе изучения жизненных циклов. Оказалось, что зерновые, фрукты и овощи оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду из расчёта на одну порцию, а мясо жвачных – наибольшее. В других исследованиях²¹⁷ был проанализирован экологический эффект от использования воды. В целом, выводы исследователей сходятся: продукты растительного происхождения оказывают меньшее неблагоприятное воздействие на

окружающую среду, оцениваемое по нескольким разным шкалам (Рисунок 4), из расчета на единицу веса, на порцию, на единицу энергии или на вес белка, по сравнению с животными продуктами. Морепродукты представляют собой особенно разнообразную категорию продуктов питания, и воздействие рыбного промысла на окружающую среду может существенно различаться в зависимости от того, каким способом получают морепродукты – путем вылавливания из естественной среды обитания, или за счет выращивания рыбы и моллюсков на фермах. Кроме того, экологический эффект зависит от разновидности рыбоводческой фермы (например, ферма по выращиванию лосося, или пресноводной рыбы карпа, креветок или мидий).

Воздействие определенных пищевых производств на окружающую среду можно измерять различными единицами, в том числе из расчета на ккал, на г белка или на порцию, в зависимости от пищевой ценности каждого пищевого продукта.⁴ Использование универсального показателя для измерения воздействия на окружающую среду может вводить в заблуждение при оценке экологического эффекта производства некоторых пищевых продуктов. Например, овощи содержат мало калорий на порцию, и, следовательно, использование ккал для измерения воздействия их производства на окружающую среду будет указывать на то, что производство некоторых овощей имеет большие экологические последствия, тогда как при пересчете на порцию величина их воздействия на окружающую среду будет низкой. Учитывая это расхождение, на Рисунке 4 воздействие на окружающую среду показано из расчета на порцию.

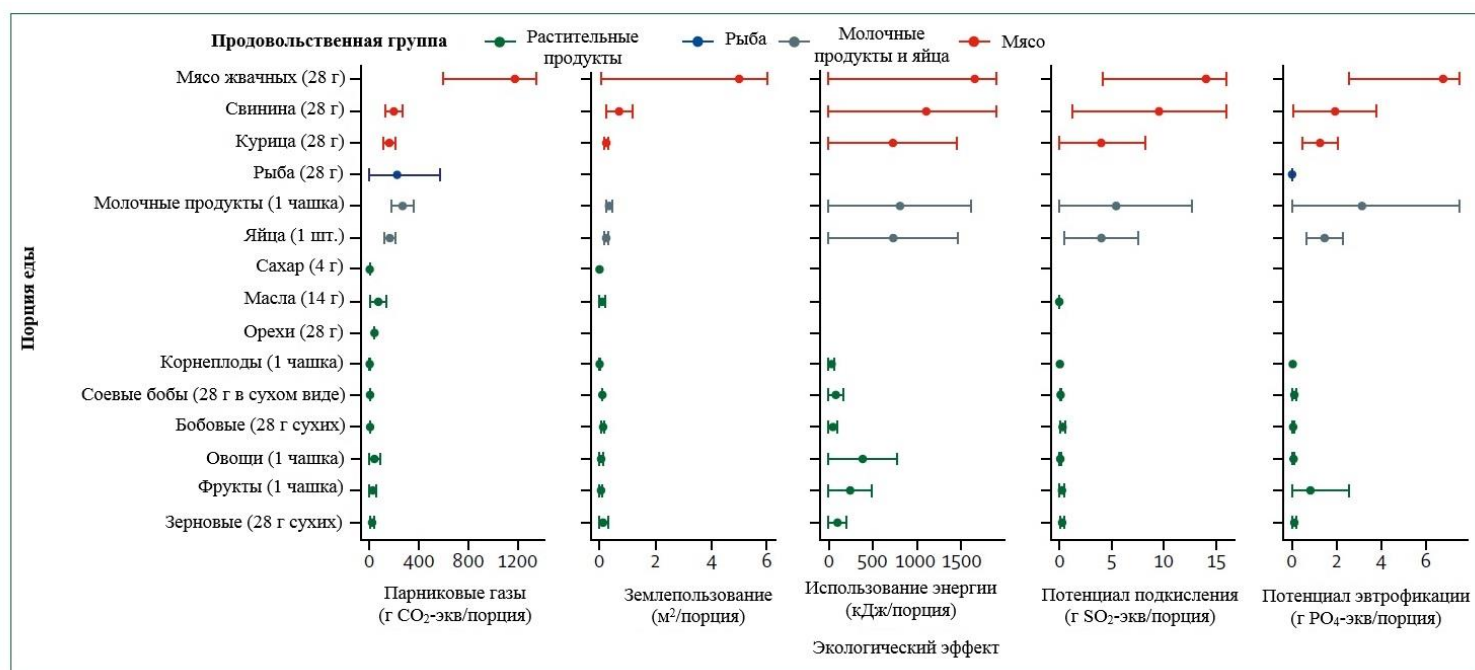


Рисунок 4: Воздействие на окружающую среду производств определенных пищевых продуктов из расчёта на порцию

Отрезки – это средние значения с указанием стандартного отклонения (SD).^{5,216} Некоторые результаты для рыбы отсутствуют из-за отсутствия данных по некоторым категориям воздействия (например, землепользование для производства растительных кормов для аквакультур). Однако

эти влияния были учтены при оценке глобальных продовольственных систем в рамках моделирования, описанного в Разделе 3. CO₂ - углекислый газ, экв – эквивалент, PO₄ - фосфат. SO₂ - диоксид серы.

Общее влияние производств паттернов пищевых продуктов на окружающую среду

Во многих исследованиях проанализировано влияние производства разных рационов питания на окружающую среду, где продемонстрировано значительное снижение негативного влияния при замене животных продуктов на растительные.^{5,6,218-220} Веганские и вегетарианские диеты были связаны с наибольшим сокращением выбросов парниковых газов и землепользования,^{5,221} и вегетарианские диеты с наибольшим сокращением потребления воды.²¹⁹ Рационы питания, в которых мясо жвачных животных заменено другими источниками животного белка, такими как, например, рыба, мясо птицы и свинина, также оказывают меньшее негативное влияние на окружающую среду, но не настолько, как при замене на растительную альтернативу.²²⁰ Эти исследования демонстрируют, что рационы питания, включающие больше растительных продуктов, чем животных, приносят пользу для окружающей среды и здоровья человека (Раздел 2). При этом в исследованиях сельскохозяйственной деятельности^{140,184,222} проведен анализ потенциала новых технологий пищевых производств и способов управления ими в деле по снижению влияния на окружающую среду, например, технологий по увеличению плодородия существующих пахотных земель, а также по улучшению управления водными ресурсами и удобрениями.

Сценарии обеспечения здоровых рационов питания при помощи устойчивых (экобезопасных) продовольственных систем

Для того чтобы проанализировать влияние разных мер на окружающую среду на каждом этапе производства продуктов питания, мы используем модель мировых систем питания с учетом особенностей определенной страны, которые преобразовывают модель потребления (например, здоровый режим питания) в соответствующие требования к производству продуктов питания (Таблица 4).

Чтобы проанализировать воздействие различных мер по управлению пищевыми производствами на окружающую среду в разрезе каждой шкалы измерения, мы применяем модель глобальных продовольственных систем с детализацией на уровне отдельной страны. Модель выводит требования к пищевым производствам исходя из продуктовых паттернов (наборов пищевых продуктов), которые необходимо произвести для обеспечения здоровых рационов питания, соответствующих эталонному (Таблица 4). Модель рассматривает существующие потребности и прогнозы на будущие запросы на продовольствие, торговлю, корма для скота, переработку масличных и сахарных культур, а также непродовольственные потребности в агропромышленном производстве. Полное описание модели

приведено в приложении (Приложение, стр. 19-23), и работе Springmann и коллег.¹⁸⁷ В настоящем докладе мы представляем расширенный анализ, рассматривая широкий набор диетических паттернов и анализ сензитивности.

Для того, чтобы оценить экологический эффект потребления продуктов питания, мы сопоставили прогнозы модели по потреблению продуктов питания на 2050 год с экологическими последствиями на уровне страны, данные о которых мы получили из различных источников (Приложение стр. 24).^{211,223-225} Результаты нашего анализа показали, что производство продуктов животного происхождения оказывает большое негативное влияние на окружающую среду из расчета на порцию продукта, измеренное в таких шкалах, как выбросы парниковых газов, использование пахотных земель, водопользование, применение азота и фосфора, что подтверждает результаты многих исследований.³² Общее влияние на окружающую среду детерминируется сочетанием регионально-специфического экологического эффекта на единицу продукции с оценками спроса на продукты питания.

Согласно нашей модели, будущий спрос на пищевые продукты будет детерминироваться численностью населения и уровнем доходов страны (ВВП). Численность населения влияет на абсолютное количество производимых продуктов питания, а уровень доходов – на их тип и качество. В случае увеличения уровня благосостояния ожидается рост потребления продуктов животного происхождения, таких как мясо и молочные продукты, а также фруктов и овощей.²²⁶ Наши основные (обычный режим бизнеса) прогнозы указывают на умеренную по темпам социально-экономическую траекторию развития (Приложение, стр. 1), в соответствии с которой численность мирового населения должна возрасти на треть, а доходы – утроиться.²¹¹ При обозначенном сценарии развития в обычном режиме бизнеса, согласно нашим прогнозам, пищевые производства могут увеличить выбросы парниковых газов, расширить сельхозугодия, нарастить потребление пресной воды, применение азота и фосфора на 50-90% в период с 2010 по 2050 годы, если не будут предприняты соответствующие меры по минимизации экологических последствий от функционирования пищевых производств.¹⁸⁷ Такое увеличение воздействия пищевых производств на окружающую среду может стать толчком для выхода показателей основных биофизических процессов, которые регулируют состояние системы Земля, за пределы допустимых значений, то есть в результате такого расширения пищевых производств они могут функционировать небезопасным для окружающей среды способом, если не предпринять необходимые меры по приведению характеристик пищевых производств в соответствие с планетарными ограничениям (Рисунок 5). Производство различных групп пищевых продуктов в разной степени влияет на окружающую среду: производство животных продуктов ответственно примерно за три четверти последствий для климата, в то время как выращивание основных растительных культур, таких как пшеница, рис и другие злаки, вносит 30-50% вклада в экологическое давление на окружающую среду в других ее доменах.

Существует несколько мер, которые снижают влияние производства продуктов питания на окружающую среду. В нашем анализе мы разделили такие меры на три

категории: переход на здоровые рационы питания, технологические и управленческие изменения в производстве продуктов питания, а также сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов, которое подразумевает технические (избегание потерь пищевых продуктов в процессе их производства) и поведенческие (сокращение пищевых отходов при потреблении) изменения. Рассмотренные нами меры (Таблица 4) описаны в научных литературных источниках, и некоторые из них были провозглашены в качестве глобальных или государственных целей (например, цели по сокращению потерь продуктов питания и пищевых отходов).²⁷ Мы сфокусировались на мерах, осуществимых при помощи имеющихся технологий, но не получивших широкого внедрения.

Наш анализ показал, что для того, чтобы обеспечить экологически безопасное функционирование пищевых производств, необходим комплексный подход, включающий меры по оздоровлению рациона питания населения и по совершенствованию процессов пищевого производства и управления (Рисунок 6). Хотя внедрение в пищевое производство какой-либо передовой технологии может обеспечить соблюдение того или иного планетарного ограничения при его функционировании, ни одна единичная мера не позволит сделать функционирование пищевого производства экологически безопасным во всех шкалах измерения, то есть обеспечить соблюдение всех планетарных ограничений одновременно.

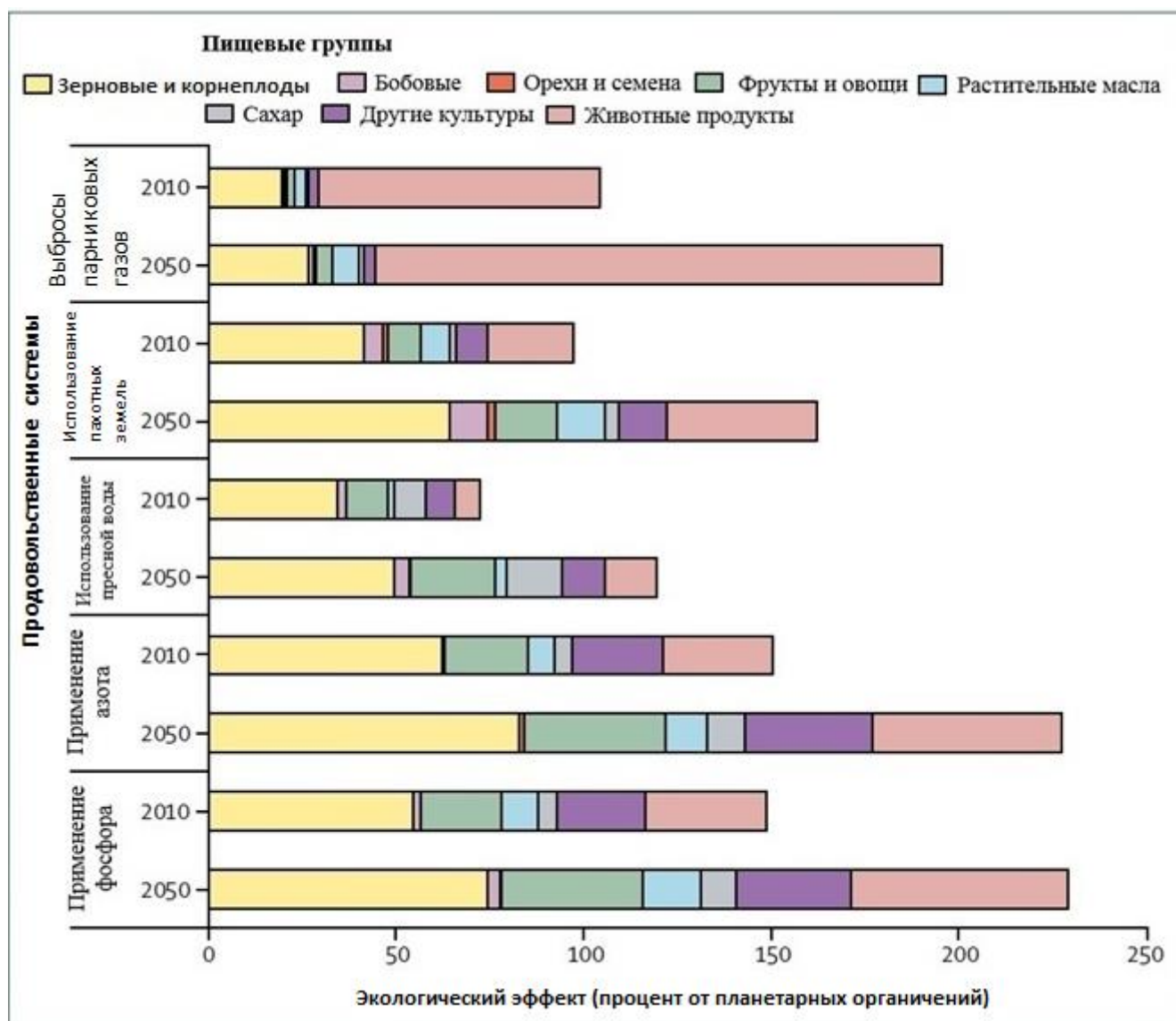


Рисунок 5: Воздействие на окружающую среду в 2010 и 2050 гг. в разрезе групп пищевых продуктов в различных измерительных шкалах оценки влияния на систему Земля при прогнозах для обычного режима бизнеса в сфере потребления и производства

Изменение климата

В нескольких исследованиях были проанализированы меры по сокращению выбросов парниковых газов, связанных с производством продуктов питания. Хотя технологии пищевого производства во многом определяют влияние производства на окружающую среду, во многих исследованиях^{213,220,22} подчеркивается, что изменение рациона питания населения в сторону более широкого потребления растительных продуктов обладает высоким потенциалом для минимизации экологических последствий функционирования пищевых производств, что, вероятно, необходимо для сдерживания глобального потепления до менее чем на 2°C.^{5,6,228} Совершенствование методов пищевого производства с тем, чтобы сократить выбросы парниковых газов, подразумевает модифицирование ирригации, выращивания сельскохозяйственных культур и внесения удобрений, что может снизить выбросы метана и закиси азота при выращивании риса и других культур, а

также прогрессивные изменения в управлении применения навоза, преобразование кормов и кормовых добавках для уменьшения энтеральной ферментации у скота.²¹³ Мы подсчитали, что изменения технологий пищевых производств могут сократить выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве к 2050 году примерно на 10%, тогда как увеличение потребления растительной пищи может сократить выбросы до 80%.¹⁸⁷ Дальнейшее сокращение выбросов на 5% может быть достигнуто путем сокращения потерь пищевых продуктов и отходов в два раза.

Достигнуть цели по сдерживанию изменений климата возможно за счет массового перехода населения планеты на преимущественно растительные рационы питания. Только одно усовершенствование практик пищевых производств без смены стереотипов питания менее эффективно в плане снижения выбросов парниковых газов, поскольку большая часть таких выбросов связана с животноводством, характеризующимся очень низким потенциалом для сокращения эмиссии парниковых газов, поскольку основной источник парниковых газов в животноводстве - энтеральная ферментация у жвачных животных, для снижения которой возможности крайне ограничены. Переход населения мира на преимущественно растительный рацион питания позволит пищевым производствам функционировать безопасным для окружающей среды способом в рамках планетарных ограничений, включая ограничения на изменения климата.

Изменение системы землепользования

Будущие изменения в землепользовании в значительной степени зависят от урожайности в сельском хозяйстве (то есть от возможностей по производству продовольствия на единицу площади) и видового состава сельскохозяйственных культур, которые будут произведены в соответствии со спросом,^{140 144 444 226} что, в свою очередь, детерминируется выбором рациона питания населением и изменениями в технологиях и управлении в растениеводстве. Было подсчитано, что нынешние показатели урожайности недостаточны для удовлетворения мирового спроса на пшеницу, кукурузу, рис и сою, если сохранится тенденция к предпочтению населением диет с высоким содержанием пищевых продуктов животного происхождения.²²⁹ На сегодняшний день практически две трети всех выращиваемых соевых бобов, кукурузы и ячменя, а также треть всех зерновых культур используется в качестве кормов для животных, поэтому сокращение доли продуктов животного происхождения в наших пищевых рационах приведет к тому, что пахотные земли будут использоваться для производства пищи для других потребителей.¹⁴⁴ Однако следует иметь в виду, что то, насколько сократятся площади пахотных земель при изменении пищевых предпочтений населения, зависит также от урожайности замещающих культур, и эти различия в урожайности могут оказаться не такими благоприятными, как можно было бы ожидать, учитывая, что инвестиции в высокоурожайные сорта за последние полвека были в первую очередь направлены на основные зерновые культуры.^{230,231} Благоприятные для здоровья рационы питания включают большое количество высоко питательных, но низкоурожайных культур, таких как бобовые и орехи.¹⁴⁴

Результаты нашего анализа выявили сложную картину.¹⁸⁷ Мероприятия по

изменению питания привели к небольшому сокращению площадей пахотных земель – лишь на 0–2%. Причина незначительного сокращения площадей сельхозугодий за счет изменения рациона питания заключалась в том, что снижение спроса на пахотные земли в странах с высоким содержанием продуктов животного происхождения было компенсировано увеличением спроса на пахотные земли в странах, где потребляются низкокачественные рационы с высоким содержанием зерна. В разрезе продовольственных групп сокращение пахотных земель для кормовых культур в значительной степени было компенсировано существенным увеличением площадей пахотных земель для выращивания бобовых и орехов, являющихся относительно низкоурожайными. Перенаправление инвестиций на более урожайные сорта этих культур может стать эффективной стратегией по сокращению площадей пахотных земель в контексте обеспечения оздоровления рационов питания, богатых содержанием бобовых и орехов. Наши оценки прогнозируемых тенденций урожайности, а также ожидаемой ситуации с потерями пищевых продуктов и отходами являются более прямыми. Основываясь на данных о тенденциях урожайности и потенциальном прогрессе урожайности по регионам, мы подсчитали, что расширение пахотных земель не потребуется, если текущие разрывы в урожайности (т.е. разница между текущей и достижимой урожайностью) будут сокращены примерно на 75%, а потери продовольствия и отходы уменьшатся вдвое. Выход на еще более амбициозный уровень совершенствования пищевых производств в сочетании с изменениями рациона питания и сокращением потерь продовольствия и отходов приведет к чистому (нетто) сокращению площадей пахотных земель (Слайд №5).

	Эмиссия парниковых газов (Гт CO ₂ экв/год)	Использование пахотных земель (М км ²)	Использование воды (М км ³)	Применение азота (Тг)	Применение фосфора (Тг)	ОУСО утраты биоразнообразия (И/МлнВГ)	УВСО утраты биоразнообразия (И/МлнГод)	ОЕСО утраты биоразнообразия (И/МлнГод)	ЕСО утраты биоразнообразия (И/МлнГод)	
Ограничения для пищевых производств	5.0 (4.7-5.4)	13 (11.0-15.0)	2,5 (1.0-4.0)	90 (65.0-140.0)	8 (6.0-16.0)	10 (1-80)	10 (1-80)	10 (1-80)	10 (1-80)	
Значения по состоянию на 2010 год	5.2	12.6	1.8	131.8	17.9	100	100	100	100	
Производство Отходы Диета (2050) (2050) (2050)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
(1)										
ОРБ все отходы ОРБ	9.8	21.1	3.0	199.5	27.5	2	36	153	1067	
ОРБ все отходы эталонная	5.0	21.1	3.0	191.4	25.5	2	45	120	1309	
ОРБ все отходы пескетарианская	3.2	20.6	3.0	189.7	25.3	2	46	118	1313	
ОРБ все отходы вегетарианская	3.2	20.8	3.1	186.9	24.7	2	48	122	1374	
ОРБ все отходы веганская	2.1	20.7	3.3	184.1	24.4	2	50	128	1431	
(2)										
ОРБ 1/2 отходов ОРБ	9.2	18.2	2.6	171.0	23.1	1	24	105	716	
ОРБ 1/2 отходов эталонная	4.5	18.1	2.6	162.6	21.2	2	32	81	940	
ОРБ 1/2 отходов пескетарианская	2.7	17.6	2.6	160.0	20.8	2	33	78	940	
ОРБ 1/2 отходов вегетарианская	2.7	17.8	2.7	158.8	20.5	2	35	83	1000	
ОРБ 1/2 отходов веганская	1.7	17.7	2.8	155.0	20.0	2	36	90	1051	
(3)										
СППП все отходы ОРБ	8.9	14.8	2.2	187.3	25.5	1	7	68	237	
СППП все отходы эталонная	4.5	14.8	2.2	179.5	24.1	1	14	54	414	
СППП все отходы пескетарианская	2.9	14.6	2.2	178.2	24.0	1	15	54	426	
СППП все отходы вегетарианская	2.9	14.6	2.2	175.5	23.6	1	15	56	462	
СППП все отходы веганская	2.0	14.4	2.3	172.8	23.4	1	17	59	507	
(4)										
СППП 1/2 отходов ОРБ	8.3	12.7	1.9	160.1	21.5	0	3	41	103	
СППП 1/2 отходов эталонная	4.1	12.7	1.9	151.7	20.0	1	9	33	270	
СППП 1/2 отходов пескетерианская	2.5	12.7	1.9	149.3	19.8	1	9	34	281	
СППП 1/2 отходов вегетарианская	2.5	12.5	1.9	148.0	19.5	1	10	36	317	
СПППП 1/2 отходов веганская	1.6	12.3	2.0	144.6	19.2	1	12	40	358	
(5)										
СППП+ все отходы ОРБ	8.7	13.1	2.2	147.6	16.5	1	10	61	292	
СППП+ все отходы эталонная	4.4	12.8	2.1	140.8	15.4	1	14	47	414	
СППП+ все отходы пескетар.	2.8	12.4	2.2	139.3	15.3	1	15	46	424	
СППП+ все отходы вегетариан.	2.8	12.5	2.2	136.6	14.8	1	16	47	456	
СППП+ все отходы веганская	1.9	12.3	2.3	133.5	14.4	1	17	49	494	
(6)										
СППП+ все отходы ОРБ	8.1	11.3	1.9	128.2	14.2	0	7	38	196	
СППП+ все отходы эталонная	4.0	11.0	1.9	121.3	13.1	0	10	28	290	
СППП+ все отходы пескетарианская	2.4	10.6	1.9	118.8	12.9	0	10	27	298	
СППП+ все отходы вегетарианская	2.4	10.7	1.9	117.6	12.6	0	11	29	330	
СППП+ все отходы веганская	1.5	10.5	2.0	113.9	12.1	0	12	33	366	

Рисунок 6. Различные сценарии экологических эффектов от внедрения мер по снижению воздействия пищевых производств на окружающую среду

Цвета указывают, превышает ли экологический эффект пищевых производств безопасные ограничения. Красные ячейки указывают на превышение верхней границы диапазона ограничения, оранжевые – на верхнюю границу, светло-зеленые – на нижнюю границу. Цифры от 1 до 6 – это уровни целей по снижению негативных экологических эффектов пищевых производств (от менее амбициозного 1 до амбициозного 6). Гт CO₂ экв/год = в эквиваленте CO₂. ОУСО – оптимизация управляемой среды обитания, И/МлнГод – Исчезновений на миллион видов в год, УВСО – управляемая или вторичная среда обитания, ОЕСО – оптимизация естественной среды обитания, ЕСО – естественная среда обитания, ОРБ – обычный режим бизнеса, СППП – Совершенствование практик пищевого производства, СППП+ – высокий уровень Совершенствование практик пищевого производства.

Слайд №5: Будущее продовольственной системы перед лицом угрозы, обусловленной изменением климата

Результаты большинства исследований по изучению влияния изменений климата на производство продовольствия указывают на наличие угрозы совокупного снижения будущей продуктивности сельского хозяйства, особенно в низкоширотных регионах.^{36–39} Кнох и коллеги³⁶ прогнозируют снижение средней урожайности всех сельскохозяйственных культур на 8% к 2050 году в Африке и Южной Азии. Повышение температуры на 2 ° С или более окажет негативное влияние на производство основных сельскохозяйственных культур (пшеницы, риса и кукурузы) в тропических и умеренных регионах, если не предпринимать адаптационных мер. При этом существует значительная вариабельность между регионами, сельхозкультурами и сценариями адаптации. Около 10% прогнозов на 2030–49 гг. показывают увеличение производства продуктов питания более чем на 10%, тогда как около 10% прогнозов показывают снижение более чем на 25%³⁷ с повышением риска более серьезных последствий после 2050 г.

Изменение климата также повлияет на рыболовство и аквакультуру.^{40–42} Повышение продуктивности ожидается в высоких широтах, и снижение продуктивности - в низких и средних широтах со значительными региональными колебаниями. Например, одиночная миграция рыбы на полюс. согласно оценкам, может снизить максимальный потенциал вылова в некоторых тропических районах до 40%.⁴⁴ Однако отклонение от текущей урожайности редко превышает 10%.⁴⁴

Ожидается, что последствия изменения климата для сельского хозяйства окажут существенное влияние на здоровье людей. По прогнозам, в 2050 году сокращение сельскохозяйственного производства в связи с изменением климата станет причиной 500 000 смертей, большинство из которых будет связано с сокращением производства и потребления фруктов и овощей, за которым следует увеличение распространенности избыточной массы тела и ожирения из-за сокращения доступности качественных продуктов питания.⁴⁵ Кроме того, прогнозируется снижение пищевой ценности продуктов и кормов из-за повышенных концентраций углекислого газа.³⁷ Например, зерновые и бобовые содержат более низкие концентрации железа и цинка при выращивании в условиях повышенной концентрации углекислого газа в атмосфере, прогнозируемой на середину столетия, чем при выращивании при текущих концентрациях углекислого газа.⁴⁶ При повышенных концентрациях углекислого газа в яровой пшенице (основной из зерновых культур) содержание белка и аминокислот снижается, тогда как неструктурных углеводов (кроме крахмала) и липидов значительно увеличивается.⁴⁷

Разнообразие сельскохозяйственных культур может стать решением проблемы снижения урожайности и качества питания, вызванного изменением климата. В отчете Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (FAO) ставится вопрос о разнообразии культур как переднем крае адаптационных решений.⁴⁸ Необходимы новые и улучшенные сорта

сельскохозяйственных культур, с помощью которых можно противостоять вызовам, стоящим перед лицом глобальной продовольственной безопасности, и создаваемым изменением климата. Выращивание сортов сельскохозяйственных культур, способных противостоять жаре, засухе, наводнениям и другим экстремальным погодным явлениям, может стать наиболее важным шагом для адаптации к изменению климата.

Использование водных ресурсов

Преыдушие исследования выявили потенциал для повышения эффективности водопользования в таких мерах, как улучшение управления водными ресурсами и технологий ирригационных систем,²³² и изменение рациона питания населения в сторону снижения потребления продуктов животного происхождения.²³³ Применив данные гидрологические модели в масштабах водного бассейна,²¹¹ мы подсчитали, что улучшенные производственные методы могут сократить потребление воды примерно на 30%, а сокращение вдвое потерь продовольствия и пищевых отходов позволит сократить использование воды примерно на 13%.¹⁸⁷ Проведя анализ экологических эффектов от изменений в рационе питания населения, мы обнаружили, что при преобразованиях в использовании пахотных земель, проводимых для обеспечения желаемых изменений в рационе питания, водопользование может увеличиться на 1–9%, поскольку сокращение пахотных земель за счет уменьшения потребительского спроса на животные продукты и сахар сверхкомпенсируется увеличением сельхозугодий под выращивание орехов и бобовых, которые должны стать альтернативой животным продуктам. Нижнее значение диапазона изменений использования водных ресурсов соответствует сценариям, в которых рацион становится преимущественно растительным, включающим большее количество орехов и бобовых, требующих больших затрат воды.

По нашим оценкам, соблюдение планетарного ограничения на водопользование может быть достигнуто путем сочетания таких мер, как улучшение эффективности водопользования и сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов. Тем не менее, наш анализ не выделяет регионы или страны, которые в настоящее время сталкиваются с нехваткой воды и уже находятся за пределами региональных или национальных ограничений для ТЭС. Это обсуждается более подробно в Главе 3 и Приложении (Приложение, стр.17).

Применение азота и фосфора

Проблема снижения эффектов, связанных с чрезмерной эксплуатацией азотных и фосфорных удобрений, вызывает все больший интерес. Обсуждаемые меры включают повышение эффективности технологий удобрения,²³⁴ совершенствование управления животноводством, использованием навоза,^{235–237} применением и распределением удобрений,^{184, 232, 237} сокращение бытовых отходов,²³⁶ рециркуляцию питательных веществ (например, посредством модернизации канализационных

систем),²¹⁴ и оздоровление рациона питания, предусматривающее потребление небольшого количества продуктов животного происхождения.²³⁶ В нашем анализе представлены различные стратегии минимизации экологических последствий, в числе которых повышение эффективности использования удобрений, совершенствование внесения и распределения удобрений, а также изменения в рационе питания населения.¹⁸⁷ Мы подсчитали, что повышение эффективности использования удобрений и их оптимизированное применение, в том числе рециркуляция фосфора и восстановление баланса между регионами, применяющими избыточное и недостаточное количество удобрений, позволит сократить использование азота примерно на 26%, а фосфора - до 40%. Сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов обеспечит снижение использования каждого питательного вещества до 15%, а оздоровление рациона питания уменьшит потребность в удобрениях примерно на 10%. Чтобы гарантировать не выхождение за рамки верхней планки ограничений для азота и фосфора, требуется реализация самого амбициозного сценария по улучшению методов производства продуктов питания, оздоровлению рациона питания и сокращению потерь продовольствия и пищевых отходов. Задача по соблюдению ограничений на использование азота и фосфора подчеркивает необходимость идентификации дальнейших путей контроля их эксплуатации.

Биоразнообразие

Проведены исследования по изучению влияния роста сельскохозяйственной экспансии в природные зоны на утрату биоразнообразия, особенно в тропических странах, где биоразнообразие является самым высоким в мире.^{16,190,197} Наибольшие потери биоразнообразия происходят при превращении естественной среды обитания флоры и фауны в сельскохозяйственные угодья (например, первобытных тропических лесов), особенно в сравнении с эффектом от преобразования вторичных или деградированных сред обитания: результаты нашего анализа подтверждают этот вывод (Рисунок 6).

Мы обнаружили, что показатели использования пахотных земель и вымирания видов проявляют синергизм, при этом ущерб биоразнообразию снижается за счет улучшения методов пищевого производства и сокращения потерь продовольствия и пищевых отходов. Наш прогностический анализ по вымиранию видов выявил значительные региональные различия, в частности, вымирание многих видов прогнозируется в тропических и островных странах, отличающихся большим богатством эндемичных видов. Прогнозируемые будущие темпы исчезновения видов будут превышать темпы исчезновения прошлого столетия,¹⁹⁵ если расширение пахотных земель будет происходить за счет существующих основных природных места обитания флоры и фауны.

Риск вымирания может быть уменьшен при помощи различных мер. Во-первых, расширение пахотных земель не за счет первичных естественных мест обитания (например, лесов), а за счет существующих вторичных мест обитания (например, вырубленных лесов и плантаций) или других управляемых экосистем (например,

лугов и пастбищных угодий) сократит количество видов, подвергающихся исчезновению, более чем на 90%. Во-вторых, внедрение инновационных агротехнологий и совершенствование системы управления в сельском хозяйстве уменьшает необходимость в расширении пахотных земель и обладает наибольшим потенциалом снижения глобального риска утраты биоразнообразия (около 75% по сравнению с эффектом от реализации сценария «обычный режим бизнеса»). В-третьих, сокращение вдвое потерь продовольствия и пищевых отходов может снизить прогнозируемые потери биоразнообразия на 33% по отношению к эффекту от сценария «обычный режим бизнеса», и имеет меньший потенциал для сохранения биоразнообразия, чем другие меры, например, такие как изменение рациона питания и улучшенные методы производства.

Мы обнаружили, что в случае принятия населением эталонного рациона питания (или одного из его вариантов) может увеличиться общее количество вымираний видов, если произойдут изменения в землепользовании в районах производства продуктов питания. Этот эффект объясняется в основном увеличением потребления калорий до 2500 ккал на душу населения, предусмотренного эталонной диетой, в странах, где потребление калорий ниже этой величины, и смещением производственных приоритетов в сторону производства сельскохозяйственных культур, необходимых для обеспечения эталонной диеты, например, таких как орехи и бобовые. В любом случае предполагаемые преобразования подразумевают, что внутреннее пищевое производство будет удовлетворять часть дополнительного спроса. Перебалансирование регионального пищевого производства в интересах биоразнообразия может смягчить стресс, создаваемый дополнительным спросом, и оказать благотворное влияние на биоразнообразие в плане его сохранения (Рисунок 6).^{144,206} Прогнозируемые результаты всех рассмотренных нами сценариев оптимизации можно найти в Приложении (Приложение, стр. 25). Кроме того, в Приложении можно найти данные по биоразнообразию, которые интегрируют результаты анализа воздействия расширения сельхозугодий за счет управляемых сред обитания и оптимизации земельных ресурсов в единый набор данных (Приложение, стр. 26).

Для того чтобы не превышать верхний предел ограничения на урон биоразнообразию, потребуется установление самых высоких планок по модернизации методов производства продуктов питания, изменению в рационе питания населения и сокращению потерь продовольствия и пищевых отходов, а приближение к нижней границе ограничения на урон биоразнообразию произойдет только при самых амбициозных сценариях минимизации урона. Потребность в решении задачи по соблюдению ограничения на урон биоразнообразию диктует необходимость в осуществлении дополнительных мер. К ним относятся создание новых охраняемых природных территорий,²³⁸ расширение и усиление защиты охраняемых территорий в ключевых районах биоразнообразия,²³⁸ увеличение международной торговли между высокоурожайными странами с низким биоразнообразием и низкоурожайными странами с богатым биоразнообразием,^{16,202,203} и минимизация сельскохозяйственной экспансии в зоны с богатым биоразнообразием.

			Эмиссия парниковых газов (Гт CO ₂ экв/год)	Использование пахотных земель (М км ²)	Использование воды (М км ³)	Применение азота (Тг)	Применение фосфора (Тг)	ОУСО утраты биоразнообразия (И/МлнВГ)	УВСО утраты биоразнообразия (И/МлнГод)	ОЕСО утраты биоразнообразия (И/МлнГод)	ЕСО утраты биоразнообразия (И/МлнГод)
Ограничения для пищевых производств			5.0 (4.7-5.4)	13 (11.0-15.0)	2,5 (1.0-4.0)	90 (65.0-140.0)	8 (6.0-16.0)	10 (1-80)	10 (1-80)	10 (1-80)	10 (1-80)
Производство (2050)	Отходы (2050)	Диета (2050)	..	..	..		..	..	..	..	..
ОРБ	1/2 отходов	выс.содерж.мяса	6.7	18.7	2.8	168.9	23.0	2	36	108	1029
СППП	1/2 отходов	выс.содерж.мяса	6.0	13.0	2.0	158.7	21.4	1	9	41	268
СПППП+	1/2 отходов	выс.содерж.мяса	5.9	11.5	2.0	127.0	14.2	0	15	37	403
ОРБ	1/2 отходов	сниж.калораж	4.3	16.1	2.3	147.2	19.0	1	22	81	647
СППП	1/2 отходов	сниж.калораж	3.3	11.4	1.6	137.3	18.1	1	8	33	246
СПППП+	1/2 отходов	сниж.калораж	3.8	9.7	1.6	109.3	11.6	0	5	28	170
ОРБ	1/2 отходов	выс.сод.молока	6.7	18.8	2.6	171.3	22.7	2	34	109	983
СППП	1/2 отходов	выс.сод.молока	6.0	13.3	1.9	161.4	21.4	1	10	43	299
СПППП+	1/2 отходов	выс.сод.молока	5.8	11.4	1.9	130.0	14.3	1	11	39	309

Рисунок 7: Воздействие на окружающую среду пищевых производств при повышенном потреблении мяса (выс.содерж.мяса) и молока (выс.сод.молока), выше уровня, установленного в эталонной диете, и сниженном до 2100 ккал/день калораже дневного рациона питания (сниж.калораж)

Цвета указывают, превышает ли экологический эффект пищевых производств безопасные ограничения. Красные ячейки указывают на превышение верхней границы диапазона ограничения, оранжевые – на верхнюю границу, светло-зеленые – на нижнюю границу. Гт CO₂ экв/год = в эквиваленте CO₂. ОУСО – оптимизация управляемой среды обитания, И/МлнГод – Исчезновений на миллион видов в год, УВСО – управляемая или вторичная среда обитания, ОЕСО – оптимизация естественной среды обитания, ЕСО – естественная среда обитания, ОРБ – обычный режим бизнеса, СППП – Совершенствование практик пищевого производства, СПППП+ – высокий уровень Совершенствование практик пищевого производства.

Анализ сензитивности

Мы провели серию анализов сензитивности, чтобы выявить дополнительные аспекты питания, важные для того, чтобы пищевые производства оставались в рамках планетарных ограничений. С этой целью мы варьировали состав эталонного рациона питания, изменяя содержание мясо-молочных компонентов, и оценивали масштабный эффект сниженного потребления калорий (Рисунок 7). Увеличение лимита на потребление красного мяса с одной порции в 100 г в неделю (ограничение, установленное Всемирным фондом исследований рака для снижения риска рака, ассоциированного с потреблением красного мяса)²³⁹ до трех порций увеличивает выбросы парниковых газов, связанных с продовольственной системой, почти на 50%, а также усиливает негативное воздействие на окружающую среду по сравнению со сценариями, представленными на Рисунке 6. Увеличение потребления молока с уровня 250 г/день, установленного в эталонном рационе питания, до 500 г / день (этот уровень ниже указанного в Руководстве по питанию для населения США) приводит к возрастанию выбросов парниковых газов и общего негативного воздействия на окружающую среду. Таким образом, в этих условиях невозможно создать комбинацию ни одного из сценариев с модернизацией методов пищевых производств с тем, чтобы обеспечить экологически безопасные пищевые производства, функционирующие в рамках планетарных ограничений. Напротив, снижение калорийности суточного рациона питания с 2500 ккал/день до 2100 ккал/день, при условии, что ИМТ будет снижен до 22 кг/м² в глобальном масштабе, что соответствует рекомендациям ВОЗ по здоровому весу тела и уровням физической активности,²⁴⁰ слегка уменьшит негативное воздействие на окружающую среду по сравнению со сценариями, представленными на Рисунке 6.

Глобальное принятие эталонного рациона питания будет иметь важные последствия для системы продовольственного снабжения (Рисунок 8). В отличие от модели «обычный режим бизнеса», производство зерна с 2010 года изменилось бы минимально, а производство говядины, свинины и баранины – снизилось. Производство сахара, молока, птицы и яиц изменилось бы минимально, а производство фруктов, овощей, бобовых, орехов, соевых бобов, масличных культур и рыбы существенно увеличилось бы (Слайд 6). Эти изменения противоречат прогнозам, широко используемым международными организациями, в соответствии с которыми произойдет значительный рост производства зерна с тем, чтобы прокормить растущую популяцию животных.²⁴¹ Согласно результатам нашего анализа, реализация этих прогнозов приведет к тому, при функционировании пищевых производств планетарные ограничения будут существенно превышены, что подчеркивает необходимость безотлагательного, срочного принятия научных целевых индикаторов в качестве руководства для преобразования мировой системы продовольственного снабжения.

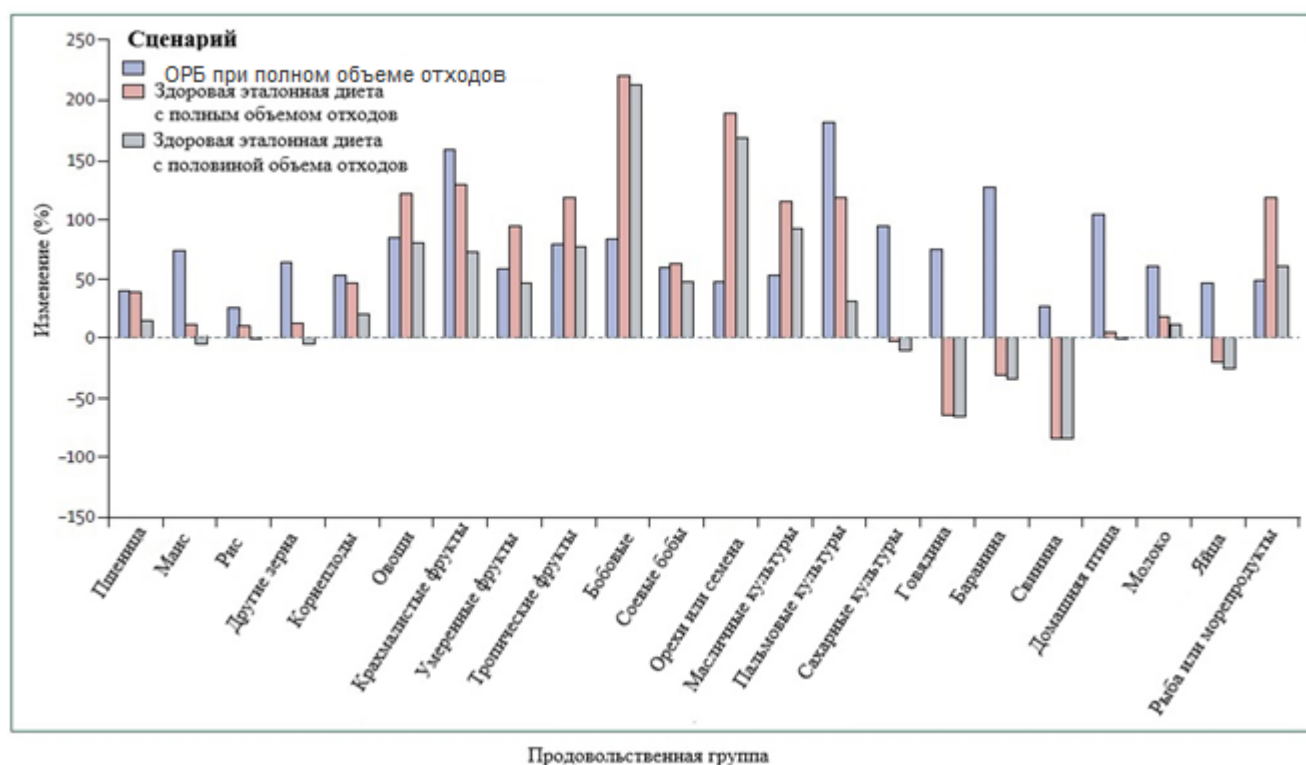


Рисунок 8: Прогнозы изменений в пищевом производстве с 2010 по 2050 годы согласно следующим сценариям: «обычный режим бизнеса (ОРБ) при полном объеме отходов, переход на здоровую эталонную диету при полном объеме отходов, переход на здоровую эталонную диету при половине объема отходов.

Слайд 6: Роль морепродуктов в глобальных рационах питания

Морепродукты обеспечивают примерно 20% белка от всех ежедневно потребляемых животных белков у 3,1 миллиарда человек, что имеет особенно важное значение для самых бедных слоев населения в мире, для которых рыба, потребляемая целиком, является важным источником необходимых микроэлементов.^{55,56} Поскольку 90% мировых запасов дикой рыбы подвергаются чрезмерному вылову или уже выловлено, потенциал добычи морепродуктов из дикой природы, вероятно, достиг верхней планки⁵⁶ или уменьшается.⁵⁷ Дальнейшее расширение производства морепродуктов должно происходить за счет аквакультуры, являющейся одним из наиболее быстро растущих секторов производства продуктов питания в мире. Однако такие стремительные темпы развития могут также обладать негативными экологическими и социальными последствиями, в числе которых разрушение естественной среды обитания флоры и фауны, чрезмерный вылов кормов и социальная миграция населения.

Прогнозируется, что производство аквакультуры вырастет с 60 млн.тонн в 2010 году до 100 млн.тонн в 2030⁵⁹ году вплоть до 140 млн.тонн к 2050 году.⁶⁰ К основным ограничителям роста производства относится конкуренция за кормовые ресурсы⁵⁸ и доступные земли для пресноводного земледелия. Исследования вопросов обеспечения устойчивых кормов для аквакультуры стремительно развиваются; тем не менее, проблема разработки и внедрения все еще находится в

зачаточном состоянии.⁶¹ Виды сельскохозяйственных животных, не зависящих от корма (например, мидии и устрицы), могут выступать в качестве более устойчивой альтернативы видам сельскохозяйственных культур, зависящих от корма, и на них приходится 31% мирового производства аквакультуры.⁵⁶ Однако дальнейшее развитие может быть затруднено в связи с ухудшением качества воды из-за загрязнения и подкисления океана.

Будущий экологический эффект от производства морепродуктов зависит от выращиваемых видов, от того, чем они питаются, и от локализации аквакультуры. Аквакультура не решает проблему обеспечения здоровым питанием около 10 миллиардов человек, но может быть полезной в деле переориентации производства белков животного происхождения в сторону минимизации ущерба для окружающей среды и оздоровления рациона питания населения.

Неопределенность в результатах моделирования

Степень нашей уверенности наиболее высока в отношении общей направленности и примерной величины зависимостей, представленных на Рисунке 6, нежели в отношении конкретных детализированных количественных данных. Например, мы можем быть уверены в тенденции снижения темпов утраты биоразнообразия при изменении рациона питания и улучшении производственной практики. Тем не менее, мы менее уверены в точном количестве видов, которые будут потеряны при каждом сценарии и изменении рациона. Это также относится и к другим контрольным переменным: мы менее уверены в точных цифрах, присущих каждому сценарию, при высокой степени уверенности в тенденциях уменьшения воздействия на окружающую среду благодаря совершенствованию производственной практики, сокращению потерь продовольствия и отходов и переходу на здоровые рационы питания.

Мы не исследовали роль инновационных технологий, которые могут начать функционировать в будущем, так как не имеем достаточных данных об их воздействии на окружающую среду, поскольку эти технологии пока не прошли испытание в глобальном масштабе. Некоторые потенциально инновационные методы пищевого производства предусматривают, например, использование насекомых, водорослей и микробов в качестве корма для человека или животных,¹⁹ и выращивание мяса в лабораторных условиях. Комиссия EAT-Lancet сосредоточилась на готовых к реализации решениях, возможно, пока не применявшихся в глобальном масштабе.

	Место-нахождение	Проблема	Временные рамки	Предпринятые меры	Много-уровневое вмешательство	Успех?
Продовольственное снабжение	По всему миру	В 1920-1930-х годах продовольственная система испытала основные проблемы: голод,	«Пыльный котел» в США, ^{259 260} спровоцированные рецессией голод и недоедание,	Конференция в Хот-Спрингсе в 1943 году положила начало Организации по составлению карт, ФАО ООН, созданной в 1945	Политическое давление со стороны здравоохранения, сельского хозяйства и социальных	Последовала трансформация мировых поставок продовольствия, но это произошло ценой,

	Место-нахождение	Проблема	Временные рамки	Предпринятые меры	Много-уровневое вмешательство	Успех?
		неравенство, нанесение вреда окружающей среде и политические перевороты	усугубившиеся войной (например, в Советском Союзе в 1932–33 гг; в Бенгалии, Индии; Великобритании в 1936 г.). ²⁶¹⁻²⁶⁴	году, и реализации широко распространенных программ по обеспечению продовольствия (например, в школах). ²⁶⁵	исследований в сочетании с политической волей, преодолевающих идеологические барьеры, для создания совокупности необходимых действий на глобальном, национальном и местном (фермерском, гражданском и школьном) уровнях.	которая впоследствии была отмечена как угроза экосистемам и рост новых заболеваний, связанных с питанием
ВИЧ/СПИД	По всему миру	Пострадало около 70 миллионов человек с момента вспышки: 35 миллионов умерли от ВИЧ, а 36,7 – живут с ВИЧ/СПИДом ²⁶⁶	Почти наверняка первый случай заболевания был выявлен в 1940х годах, а в 1970х годах в США установлена передача инфекции от человека к человеку через сексуальный контакт.	Идентификация вируса в 1983 году; разработка антиретровирусной терапии (в 2016 году вакцинировано 19,5 миллионов человек); профилактика передачи заболевания от матери к ребенку; создание возможностей для тестирования и консультирования по вопросам заболевания ²⁶⁶	Получение добротных данных и проведение исследований, внедрение программ массового образования, внедрение принципа обучения «равный равному», фармацевтические разработки и финансовое обеспечение.	Сдерживание эпидемии стало возможным; пока нет полного искоренения заболевания; больший успех наблюдается в богатых странах с развитой инфраструктурой.
Борьба с табакокурением	По всему миру	Причинно-следственная связь между табакокурением и преждевременной смертью от предотвратимых заболеваний	В 1952 году выявлена причинно-следственная связь между табакокурением и раком легким	В результате многолетней деятельности разработана Рамочная программа ВОЗ по борьбе с табакокурением, принятая соглашением на 5 сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения в мае 2003 года (первое соглашение ВОЗ принято на	Десятилетия исследований, демонстрирующих связь между курением и заболеваниями, формирование пациентами организаций, нейтрализующих оппозицию, сочетание фискальных и образовательных программ,	Убедительные доказательства обоснованности осуществляемых мер и широкая поддержка контроля, однако продукт все еще юридически легален и широко используется

	Место-нахождение	Проблема	Временные рамки	Предпринятые меры	Много-уровневое вмешательство	Успех?
				основании статьи 19 Устава ВОЗ)	осуществление комплекса мер на глобальном и индивидуальном уровнях ²⁶⁷	
Трансжирные кислоты в рационе питания	По всему миру	Производимые пищевой промышленностью трансжирные кислоты (трансжиры) ежегодно приводят к преждевременной смерти от сердечных заболеваний ²⁶ 8500 000 человек	Впервые отмечены в 1950-х годах. ²⁶⁹ Исследования 1970-х годов встретили сильное сопротивление со стороны заинтересованных кругов. Убедительные исследования 1980-х годов доказали влияние транс-жиров на здоровье ²⁷⁰	Решение FDA США от 2015 о запрете использования трансжиров; Призыв ВОЗ к глобальной ликвидации трансжиров в 2018 году; а также ограничения или запреты в Дании, Швейцарии, Канаде, Великобритании и США.	Угроза общественному здоровью не подвергается сомнению, ВОЗ поддерживает стратегию замены трансжиров, а отрасли пищевой промышленности признают альтернативные варианты	Движение, направленное на исключение или снижение использования трансжиров (или и то, и другое вместе) по всему миру
Смена энергетического топлива (альтернативная энергетика)	По всему миру	Ископаемое топливо является источником выбросов парниковых газов, а также признается потенциальной угрозой для углеродного цикла	Нефть становится основным источником топлива в середине 19 века; предположено, что океаны будут поглощать избыток углерода, было поставлено под сомнение в конце 1950-х годов	Исследование и разработка альтернативных источников энергии; озабоченность общественности; научный контроль за изменением климата (например, Межправительственная комиссия по изменению климата) ²⁷¹	Данные научных исследований, технический прогресс, повышение роли возобновляемых источников энергии, более дешевые альтернативные варианты, а также сочетание массовых и локальных действий и оперативных мер	Ископаемое топливо все еще используется в больших количествах, однако повышение роли возобновляемых источников энергии теперь рассматривается, как основной и набирающий популярность источник получения энергии ²⁷²
Влияние использования удобрений на качество воды	По всему миру	Неизбирательное (бессистемное) использование фермерами; высокая цена; воздействие на	Обеспокоенность по поводу влияния выбросов азота на различные аспекты, начиная от синдрома	Системный подход был принят ЕС в 1991 году (Директива по нитратам) и 2000 году (Рамочная директива по	Неэффективное использование, экономия затрат, сильная нормативно-правовая база, давление со	Использование удобрений снова возросло в ЕС, но снизилось в некоторых странах под давлением

	Место-нахождение	Проблема	Временные рамки	Предпринятые меры	Много-уровневое вмешательство	Успех?
		окружающую среду (например, сток) ²⁷³	голубого ребенка, до потери биоразнообразия и загрязнения воды	водной среде). Это уменьшило использование азотных удобрений на 19% в период с 1990 по 2010 годы ²⁷⁴	стороны общественности, водные компании, работающие с фермерами для предотвращения чрезмерного использования	необходимость использовать его более рационально ²⁷⁵
ЕС = Европейский Союз						
ФАО = Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН						
FDA = Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов						
Таблица 5: Причины для оптимизма: примеры системных изменений и системных действий						

Раздел 4: Основы для Великой Продовольственной Трансформации

Уроки прошлых успешных глобальных преобразований

Комиссия EAT-Lancet подчеркивает всю важность своего послания и срочность задачи, которую она ставит, что находится в согласии с международными обзорами^{4,243–253} различных аспектов глобальных продовольственных систем за последнее десятилетие. Комиссия подчеркивает необходимость Великой Продовольственной Трансформации, то есть существенного изменения в структуре и функциях глобальной продовольственной системы с тем, чтобы она работала с учетом различных сущностных процессов и обратной связью. Нужная трансформация не произойдет до тех пор, пока не будут реализованы широкомасштабные, многоотраслевые, многоуровневые действия по изменению рациона питания населения Земли, по совершенствованию пищевых производств таким образом, чтобы они функционировали безопасным для окружающей среды и здоровья человека образом, обеспечивая при этом здоровый рацион питания для населения всего мира.

Решение проблем, обозначенных Комиссией, потребует напряженной работы, политической воли и многих ресурсов. Люди могут высказывать опасения о непредусмотренных последствиях или утверждать, что действия являются преждевременными и следует довериться существующей динамике; однако мы не согласны. Фактические данные являются достаточными и надежными для доказательства необходимости неотложных и решительных действий, а задержка увеличивает вероятность серьезных, даже катастрофических, последствий. Подходы, принятые в рамках концепции Великой Продовольственной Трансформации, должны опираться на научные целевые индикаторы, детерминирующие безопасное функционирование пищевых производств: гармоничное сочетание здорового рациона питания и планетарных систем и процессов, которые лежат в основе здоровья человека и экологической устойчивости окружающей среды.

Человечество никогда не стремилось к такому радикальному изменению продовольственной системы в таких масштабах и темпах. В 20-м веке в национальных продовольственных системах таких стран, как Китай, Бразилия, Вьетнам и Финляндия произошли серьезные преобразования,^{254–256} и из этих преобразований можно извлечь уроки. Мировое питание может быстро меняться. В последние несколько десятилетий страны мира изменили рацион питания. В структуре современного рациона питания широко представлены продукты пищевой промышленности с низкой биологической ценностью. Такие изменения в питании, например, увеличение потребления сахара, пагубно отражаются на здоровье, что проявляется в показателях заболеваемости и преждевременной смертности последних десятилетий.²⁵⁷

Войны и стихийные бедствия приводят к отсутствию продовольственной безопасности и усугубляют проблемы, существующие в условиях недостаточного питания и дефицита продовольствия. Войны и стихийные бедствия служат также

стимулом для преобразований продовольственной системы. Тем не менее, только в конце Второй мировой войны были приложены глобальные усилия и приняты обязательства по переориентации продовольственной системы.²⁵⁸ Были реорганизованы существовавшие или созданы новые международные учреждения, такие как ВОЗ, Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) и Всемирный банк, которые объединили усилия с новыми и обновленными национальными министерствами сельского хозяйства и здравоохранения, чтобы ликвидировать довоенные проблемы с продовольствием, вызванные рыночными перекосами, ведением сельского хозяйства опасным для окружающей среды способом, социальным неравенством.²⁵⁹ Однако негативные последствия послевоенной продовольственной революции в настоящее время становятся все более очевидными, а именно негативные последствия для окружающей среды и здоровья населения, о чем говорится в настоящем научном докладе.

Наши данные предоставляют возможность предвидеть ход событий и формировать более благоприятный исход. В Таблице 5 приведены некоторые примеры вклада науки в информирование общественности и создание общественного мнения, необходимого для поддержания важных инициатив, или в глобальные преобразования во имя решения насущных проблем. Хотя эти преобразования не настолько обширны, как того требует Великая Продовольственная Трансформация, они внушают оптимизм, и из них можно извлечь уроки. Первый урок прошлых глобальных преобразований заключается в том, что ни одно действующее лицо, прилагающее усилия в одиночку, или единичный прорыв не могут стать катализатором системных изменений. Системные изменения носят обширный характер и, следовательно, требуют участия субъектов всех масштабов и всех секторов, работающих над достижением общей совокупности целей. Этот урок является основополагающим для Цели 17 Целей в области устойчивого развития, которая гласит, что «успешное решение вопросов в области устойчивого развития, стоящих на повестке дня, требует партнерских отношений между правительствами, частным сектором и гражданским обществом. Это всеобъемлющее партнерство основано на единых принципах и ценностях, общем видении и общих целях, в центре его интересов находятся люди и планета. Такое партнёрство необходимо на глобальном, региональном, национальном и местном уровнях».

Второй урок. Для изменения глобальной продовольственной системы необходимы научные исследования. Следует признать разрыв между наукой, предоставляющей доказательства существования серьезных проблем с продовольственной системой, и практикой, зависящей от политической воли, необходимой для внедрения изменений. Тем не менее, результаты научного моделирования свидетельствуют, что цель по обеспечению здоровыми рационами питания населения всего мира при помощи устойчивых продовольственных систем достижима, и 10 миллиардов человек могут устойчиво снабжаться здоровыми продуктами питания. Существующая нездоровая, неравноценная, неустойчивая мировая продовольственная система может быть преобразована в оптимальную. Междисциплинарные исследования и мониторинг будут иметь большое значение в этом процессе, в том числе для поддержания масштабов и темпов изменений.

Несмотря на то, что долгосрочные исследования важны, необходимо безотлагательно провести краткосрочные исследования, чтобы помочь субъектам политики работать на основе надежной доказательной базы.

Третий урок. По всей видимости, в деле преобразования продовольственной системы понадобится полный набор политических рычагов (Таблица 6).²⁷⁷ Для решения проблем, возникающих на пути преобразований, директивные органы могли бы сначала осуществлять мягкие политические меры, такие как консультирование потребителей, информирование населения и заинтересованных сторон, их обучение или, в отношении продуктов питания, маркировка. Подчеркнем, что отношение и активность потребителей в определенной степени детерминируют успешность преобразований.²⁷⁸ Они будут медленными, если массовая общественная заинтересованность в изменениях отсутствует. Тем не менее, изменения продовольственной системы вряд ли будут масштабными и успешными, если они будут доверены индивиду или капризу выбора потребителя. Для внедрения изменений требуется переосмысление как на уровне населения, так и на системном уровне. Жесткие политические меры включают законы, фискальные меры, субсидии и штрафы, реконфигурацию торговли и другие экономические и структурно-организационные меры. Эти вмешательства изменяют условия, в которых существует все население. Тип принимаемых вмешательств является прерогативой правительств, людей и процессов. При этом страны и власти не должны ограничиваться узкими или мягкими мерами вмешательства. Зачастую политика заключается только в мягких мерах реагирования.

Политическое поле, обозначенное Комиссией EAT-Lancet, широко. Некоторые люди утверждают, что сосредоточение на нескольких достижимых целях – это лучшая стратегия. Однако единый планетарный подход нуждается в широкой политической поддержке со стороны разноуровневых ведомств. Согласно нашему видению, научные целевые индикаторы здорового рациона питания и устойчивого пищевого производства интегрирует продовольственную политику, политику в области здравоохранения и окружающей среды во многие сферы политики, включая торговлю, экономику, регулирование жизни в сельской местности, равенство, культуру, общество и сообщества. В такой широкой интеграции заключается сила подхода, а не диффузия усилий. Для изменения продовольственной системы и для того, чтобы здоровые рационы были доступны для всех, необходимы изменения не только на уровне пищевых производств или потребления продуктов питания. В таких преобразованиях также требуется активное участие секторов, находящихся в середине цепи продовольственного снабжения, таких как переработка продуктов питания, хранение, логистика, розничная торговля и общественное питание. Эти сектора должны быть вовлечены в преобразование не в последнюю очередь, потому что эти промежуточные сектора имеют экономическое и культурное влияние на продовольственные системы.^{279,280} Поэтому Комиссия призывает к дальнейшей работе над этими этапами глобальных продовольственных систем.

	Описание	Ориентировочная роль правительства	Ориентировочная роль индустрии	Ориентировочная роль общественности
Лишить выбора	Направлять активность только к желаемой цели и исключить возможность для проявления неуместной активности	Установить цели для продовольственных системы обладать нулевым экологическим эффектом	Исключать (изымать из оборота) нежелательные продукты питания; диверсифицировать бизнес	Завоевать общественную поддержку в деле по устранению нездоровых рационов питания
Ограничить выбор	Удалить нежелательные варианты выбора	Редактировать модели выбора или нормировать выбор в масштабе населения	Распределять финансирование в пользу устойчивых пищевых производств и здоровых продуктов	Проводить кампании за запрет и статус парии для ключевых нездоровых пищевых продуктов и процессов
Руководить выбором через сдерживающие факторы	Вводить налоги и пошлины	Разрабатывать многокритериальные вмешательства, строящиеся на существующих разработках, таких как налогообложение углерода и сахара, и учитывающие другие аспекты, такие как маркетинговый контроль, углерод-калорийные связи	Использовать договоры и положения для формирования цепочки продовольственного снабжения	Отказываться от инвестиций в нездоровые пищевые производства
Направлять выбор посредством стимулов	Использовать правила или финансовые стимулы	Взаимодействовать на межведомственном, межправительственном уровнях с обществами потребителей	Применять схемы поощрения потребителей	Создавать культурную привлекательность для здоровых рационов питания, производимых устойчивыми пищевыми производствами

Руководить выбором путем изменения политики по умолчанию	Предоставлять лучшие варианты	Признавать проблему, но не придавать ей первостепенной значимости	Быть пионером в розничной торговле собственным брендом здоровых продуктов, а также в сфере общественного питания (через составление здоровых меню, переформатирование заведения)	Проводить кампании по изменению законодательства
Предоставить возможность выбора	Предоставить людям возможность изменить поведение	Вводить нормативные положения по регулированию рыночной экономики, в настоящее время регламентирующие, например, правила нанесения маркировки с информацией о химическом составе, пищевой и энергетической ценности продукта, логотипа бренда, фирменного слогана и другой информации на упаковку производимых продуктов	Сосредоточить маркетинг исключительно на здоровых продуктах питания, производимых экобезопасным устойчивым способом	Проводить кампании по пропаганде здоровой альтернативы современным нездоровым рационам питания
Предоставлять исчерпывающую информацию	Информировать или обучать население	Проводить массовые общественные информационные кампании	Приоритезировать бренды согласно биологической ценности производимых ими пищевых продуктов	Через НПО коммерчески заинтересовывать бренды производить здоровые продукты питания при помощи устойчивых пищевых производств
Бездействовать	Бездействовать или только мониторировать ситуацию	Не прилагать никаких усилий ни на каком уровне, что может находить поддержку у заинтересованных сторон	Возложить заботу об информировании потребителей о возможных предстоящих трудностях на консультантов по связям с общественностью или СМИ	Игнорировать более широкую картину, и придерживаться узкой сферы интересов

Вмешательства в таблице расположены по степени жесткости сверху вниз (жесткие - наверху, мягкие – внизу),²⁷⁶ НПО = Неправительственные организации

Таблица 6: Лестница Политики Вмешательства Наффилда в применении к здоровым рационам питания, обеспечиваемым при помощи устойчивых продовольственных систем

Пять стратегий Великой Продовольственной Трансформации

В дополнение к урокам, извлеченным из прошлых глобальных преобразований, мы разработали пять реалистичных осуществимых стратегий и рекомендаций по достижению устойчивой трансформации продовольственной системы. Каждая стратегия имеет под собой сильную доказательную базу. Проведенное нами моделирование и анализ показывают потенциальную эффективность этих стратегий для достижения устойчивой трансформации продовольственной системы. Стратегии являются планом действий для запуска необходимых процессов. Этот раздел не содержит исчерпывающего плана действий или полного списка предписаний. Эти стратегии, скорее, представляют собой ориентировочные отправные точки для дальнейших преобразований, специфичных для конкретных страновых, региональных, городских и местных локальных условий.

Стратегия первая: Добиваться международной и национальной приверженности цели по оздоровлению рациона питания

Добиться выполнения обязательств, согласованных национальными и международными органами, возможно, в первую очередь, путем повышения доступности и улучшения доступа к здоровым продуктам питания, произведенным при помощи устойчивых продовольственных систем. Ритейлеры и службы общественного питания формируют среду, в которой люди непосредственно покупают продукты питания. В обществах с высоким уровнем дохода приоритетная тактика заключается в том, чтобы предлагать меньшие порции продуктов, чем предлагаются в настоящее время, посредством сокращения порций для свободного выбора и при их производственной упаковке. Кроме того, предлагается широко внедрять инновационную упаковку для хранения скоропортящихся продуктов. В то же время страны с низким уровнем дохода должны увеличить ассортимент и придерживаться при этом сезонности пищевых продуктов, сокращая отходы на первичном производстве и на смежных с ним участках продовольственной системы, улучшая логистику и хранение пищевых продуктов. В обществах с высоким и низким уровнем доходов стандарты закупок в государственном и частном секторах должны основываться на необходимости улучшения рациона питания и доступа к торговым точкам или поставщикам, поставляющим здоровые продукты. Местные власти должны иметь полномочия применять правила зонирования в районах с низким уровнем дохода для ограничения нездоровых точек питания.²⁸¹ Контракты и политика закупок могут использоваться для продвижения здоровых продуктов питания, произведенных устойчивыми пищевыми производствами, на рабочих местах, в школах и точках общественного питания, но такая политика должна быть настойчивой, продолжительной, постоянной политикой лидерства для достижения успеха. Многочисленные индикаторы здоровья человека и окружающей среды,

обсуждаемые Комиссией, должны находить применение. Государственные программы распределения, предназначенные для домохозяйств и индивидуумов с низким уровнем доходов, могут улучшить состояние питания населения.²⁸² Доказательства того, что улучшенная инфраструктура или применение правил зонирования могут увеличить потребление здоровой пищи или снизить ИМТ, малочисленны, что, возможно, объясняется недостаточностью или неэффективностью политических мер или нерелевантным дизайном оценки и недостаточностью данных. Таким образом, эти вопросы нуждаются в дальнейших исследованиях.²⁸³ В городском планировании следует учитывать местный контекст и пути взаимодействия жителей районов с низким уровнем дохода с местными продовольственными системами, такие как возможность или готовность населения с низким уровнем дохода путешествовать в разные районы для закупа продуктов питания.²⁸⁴

В странах с низким уровнем дохода обеспечение адекватной инфраструктуры (например, дорог, мостов и транспорта) в отдаленных или сельских районах может улучшить доступ продавцам здоровой пищи и снизить цены на продукты питания, волатильность цен на продукты питания на местных рынках²⁸⁵ и потери продуктов питания во время транспортировки. Образовательные программы по ведению сельского хозяйства, в которых подробно изучаются также вопросы питания и пищевой безопасности, могут помочь фермерам и женщинам, владеющим сельским домохозяйством, обрести знания и навыки, необходимые для сельскохозяйственного производства здоровых рационов питания безопасным для окружающей среды (устойчивым) способом.^{286,287} В районах с неформальными рынками для повышения доступности безопасных и питательных продуктов питания рекомендовано ценовое стимулирование уличных торговцев к использованию здорового и устойчивого ассортимента продуктов и к инвестированию в санитарную безопасность своих торговых точек.²⁵³

Во-вторых, здоровые рационы питания, произведённые устойчивыми продовольственными системами, должны быть доступными. Первичные производители зажаты в тиски запроса от поставщиков - производить продукты по низкой цене и в изобилии. Потребители ценят продукты питания, имеющие достаточно низкую стоимость, поскольку доступная цена на пищевые продукты позволяет выделять средства и на другие внутренние покупки. Прослойка населения с низкими доходами тратит большую долю бюджета домохозяйства на продукты питания, тогда как для слоев общества с высокими доходами траты на продукты питания составляют малую долю. Цены на продукты питания зависят от социальных условий внутри общества и между обществами. Повышение доступности потребляемых продуктов питания – это успех продовольственной революции после Второй мировой войны. На цену некоторых продуктов оказывается давление с целью их удорожания под влиянием внешних факторов. Экспериментирование с налогами на сахар или безалкогольные напитки - один из примеров такого ценообразования.

Мы убеждены, что цены на продукты питания должны полностью отражать их истинную стоимость. Субсидии на удобрения, воду, топливо, электричество и пестициды должны подвергаться критическому пересмотру, при этом некоторые органы власти должны отстаивать их устранение, а цена экологического вреда и вреда общественному здоровью, причиняемого пищевыми производствами, должна полностью отражаться в ценообразовании путем введения налогов. В результате цены на продукты питания могут возрасти. Поэтому, где это уместно, могут быть созданы системы социальной защиты (например, увеличение дохода за счет денежных переводов) для защиты уязвимых групп населения, особенно детей и женщин, при сохранении открытой торговли. Мы рекомендуем создать группу экспертов для моделирования различных схем экономических вмешательств, принимая во внимание работу по Экономике экосистем, Биоразнообразию в сельском хозяйстве и Продовольствию, уже проводимую в рамках Программной инициативы ООН по окружающей среде.²⁸⁸ Налоги и субсидии должны поощрять здоровое²⁸⁹ и устойчивое питание.²⁹⁰ Комплексность совокупных мер ограничивает потенциально регрессивный характер любой меры, осуществляемой изолированно.²⁹¹ Системы социальной защиты могут существенно улучшить состояние питания в домохозяйствах с низким уровнем дохода, но эти программы должны быть отчетливо ориентированы на питание, чтобы быть эффективными.²⁹²

В сельских районах, укрепляющих продовольственную безопасность, можно повышать доступность и улучшать доступ к здоровым продуктам питания, произведённым при помощи устойчивых продовольственных систем. Доступ к экономическим ресурсам и возможность принимать меры по борьбе с нищетой, особенно среди женщин, имеют решающее значение для обеспечения здорового питания при помощи устойчивых продовольственных систем. Доступ к продовольственным рынкам сбыта и возможности вне фермерских хозяйств играют большую роль в обеспечении сельских фермеров доходом, необходимым для обеспечения продовольственной безопасности.²⁹³ Снижение волатильности цен на продукты питания важно для обеспечения доступности здоровых рационов питания, произведенных устойчивыми продовольственными системами, особенно на региональном или местном уровне. Ключевая политика по снижению этой волатильности заключается в устранении рыночных барьеров между местными регионами или рынками, в обеспечении доступа к информации о ценах, в выстраивании систем раннего предупреждения, в применении строгих правил против чрезмерных спекуляций, в международном управлении запасами продовольствия, в пересмотре субсидий на биотопливо и тарифов с тем, чтобы избежать нецелевого использования продовольствия в качестве энергетического топлива, а также в создании схем социальной защиты, программ страхования и других системных мер по социальной защите.²⁹⁴

В-третьих, необходимы новые усилия правительств, индустрии и общества по ограничению рекламы и маркетинга вредных для здоровья нерациональных продуктов питания, а также по поддержке позитивного восприятия здоровых рационов питания, производимых устойчивыми пищевыми производствами. Принятие таких мер отвечает многочисленным призывам ООН, сформулированным

в Глобальном плане действий ВОЗ 2013 года, в Резолюции Конференции ООН 2011 года, в Рекомендациях ВОЗ 2010 года по маркетингу пищевых продуктов и безалкогольных напитков для детей, и в Докладе Комиссии ВОЗ по борьбе с детским ожирением.^{295–298} Инфраструктура INFORMAS - это инструмент, который гражданское общество и исследователи могут использовать для мониторинга маркировки, продвижения и розничной торговли (в том числе) в конкретной продовольственной среде, затем сравнивать названные аспекты с наилучшими практиками для создания здоровой пищевой среды.²⁹⁹

В-четвертых, люди должны быть обучены вопросам здорового питания, обеспечиваемого за счет устойчивых продовольственных систем. Хотя для создания устойчивых изменений образовательные кампании менее эффективны, чем нормативные или фискальные меры,³⁰⁰ образовательные усилия могут стать необходимыми предшествующими кардинальному вмешательству мероприятиями в связи с наличием существенных барьеров на пути реализации жестких способов регулирования. Обучение здоровому питанию может быть интегрировано в школьные образовательные программы (например, через программы школьного питания), во все национальные службы, в программы социальной защиты (например, программы денежных переводов) и в программы работы различных социальных групп (например, женских фермерских групп и кооперативов). Группы, представляющие гражданское общество, средства массовой информации и другие лидеры играют значимую роль в повышении информированности общественности о здоровом питании, обеспечиваемом за счет устойчивых продовольственных систем. Лидеры общественного мнения могут прибегать к информационным кампаниям, инициировать социальные движения во имя оздоровления питания населения или сокращения пищевых отходов.

Рекомендации по питанию, подчеркивающие не только важность питания для здоровья человека, но и роль пищевых производств в благополучии окружающей среды, могли бы стать одним из образовательных инструментов в области питания. Внедрение таких руководств происходит медленными темпами, и во многих странах официальные рекомендации по питанию все еще отсутствуют.³⁰¹ В странах, где разработаны официальные рекомендации, руководящие принципы питания редко вводятся в действие на законодательственном уровне через нормативно-правовую базу или посредством других политических решений, таким образом оставаясь самой мягкой формой регулирования питания, нося лишь рекомендательный характер для населения.³⁰² Соответствующим национальным органам следует внедрять руководящие принципы здорового питания, обеспечиваемого за счет устойчивых продовольственных систем, при помощи такого механизма, как политика экономического стимулирования, находящая отражение в политике государственных закупок. Организации государственного сектора могут сотрудничать с неправительственными организациями при разработке руководящих принципов здорового питания, обеспечиваемого за счет устойчивых продовольственных систем.^{303,304}

В-пятых, следует поощрять устойчивые здоровые диеты, которые обладают приятным вкусом и являются приемлемыми в культурном отношении. Повара и предприятия общественного питания все чаще признают, что они играют важную роль в Великой Продовольственной Трансформации. Предприятия кулинарии и общественного питания имеют важное значение для перелома в общественном здравоохранении. Свое влияние они проявляют, например, через разработку новых меню^{305–307} в рамках национальных общественных кампаний по вопросам здоровья и устойчивого развития, как это сделали 130 поваров из 38 стран во Всемирный день продовольствия 10 октября 2017 года, а также шеф-повара из стран Северной Европы с манифестом «Новая кухня Северной Европы» в 2004 году,³⁰⁸ или посредством новаторского обучения в группах единомышленников с другими шеф-поварами через профессиональные организации.³⁰⁹ Здоровая, вкусная и доступная еда может стать весомым условием для массового оздоровления питания. Потребители могут и должны полюбить здоровые диеты и помогать в продвижении здоровых рационов питания.

В-шестых, врачи и работники здравоохранения могут взаимодействовать с другими отраслями с целью изменения структуры общественного питания, в частности, школьного и больничного питания, консультировать и обучать предприятия общественного питания.³⁰⁵ Поскольку пищевые предпочтения могут формироваться в течение первых лет жизни и даже во время беременности,³¹⁰ рекомендуется обеспечивать консультирование по вопросам питания (грудное вскармливание, своевременное введение соответствующего прикорма и т.д.), которое должно быть включено в программы по уходу за матерью и детьми. Поскольку в медицинских образовательных программах зачастую вопросы связи питания со здоровьем рассматриваются недостаточно глубоко, а значение питания как детерминанта здоровья недооценивается, следует пересмотреть учебные планы и создать новые учебные пакеты, в которых питание и экосистемы рассматриваются как важнейшие детерминанты здоровья. Службы общественного питания в медицинских учреждениях могут продемонстрировать пациентам высокий стандарт здоровых продуктов питания и напитков, произведенных устойчивыми продовольственными системами.

Стратегия вторая: Смена приоритетов аграрного производства от погони за большими урожаями к сосредоточению на производстве здоровой пищи

Политика в области питания нуждается в переосмыслении с тем, чтобы сместить акцент с высоких объемов производства на производство большого разнообразия качественных культур, отличающихся безопасностью и высокой биологической ценностью. Исследователи и специалисты в области общественного здравоохранения требуют точных данных для отслеживания качества рациона питания населения,³¹¹ рекомендуют усовершенствовать способы оценки качества питания и пищевых продуктов,³¹² и подчеркивают важную роль качества рациона для обеспечения продовольственной безопасности.³¹³ Ресурсы должны быть направлены на создание надежных инструментов оценки качества питания, которые могли бы служить индикаторами ЦУР, и обладать необходимым потенциалом для

наращивания возможностей. При этом сбор данных о фактическом питании населения должен происходить регулярно на страновом уровне. Акцент может быть сделан на поддержании сельскохозяйственного разнообразия для обеспечения высокого качества питания путем поддержки малых и средних фермерских хозяйств, которые поставляют более 50% многих незаменимых питательных веществ в глобальной системе продовольственного снабжения.³¹⁴

Сельское хозяйство является основным детерминантом питания, и сельскохозяйственная политика национального и глобального уровней должна быть нацелена на достижение главного результата – обеспечение качественного и безопасного питания населения.³¹⁵ Действия по реализации такой политики могут включать: экономическое стимулирование первичных производителей, которое побуждало бы производителей выращивать высоко питательные растительные пищевые культуры; инвестирование в сельскохозяйственные исследования по выявлению путей повышения пищевой ценности и устойчивости выращиваемых культур, и способов повышения урожайности при их выращивании; разработку программ поддержки разнообразных и экологически устойчивых пищевых производственных систем. Поскольку оценка эффективности сельскохозяйственной политики в отношении ее результатов в области питания и здоровья населения может быть сложной задачей, необходимо направить больше ресурсов на проведение высококачественной всесторонней оценки влияния высокой политики на состояние питания населения.³¹⁶

Растущий спрос на пищевые продукты животного происхождения оказывает давление на земельные ресурсы, увеличивает выбросы парниковых газов и, поскольку животные питаются зерном, создают интенсивную нагрузку на водные ресурсы.^{5,6,16,228} Тем не менее, под определенными углами зрения животноводство может быть полезным в плане обеспечения средств к существованию, экосистемных услуг на пастбищах, сокращения масштабов нищеты и улучшения статуса питания, особенно у детей и социально уязвимых групп населения (Слайд №3).³¹⁷ Следовательно, животноводство следует рассматривать в конкретных экологических условиях, чтобы определить степень, в которой производство должно сократиться, и то, как устойчивые аграрные технологии (например, повышение эффективности использования кормов³¹⁸ и снижение конкуренции за корма) могут способствовать решению ряда проблем, таких как благополучие животных и устойчивость к противомикробным препаратам. Возникают дискуссии о количественной и качественной структуре рациона питания с целью определить, что означает большое количество пищи и здоровая пища в разных контекстах.³¹⁹ Мы приветствуем продолжение такой целостной оценки контекстно-специфичных компромиссных решений или выгод, которые могут быть получены благодаря животноводству.

Стратегия третья: Устойчиво интенсифицировать пищевые производства для улучшения качества продукции

Методы ведения сельского хозяйства можно было бы лучше адаптировать к характеристическим особенностям местных почв, водных ресурсов и климатических факторов эвапотранспирации.³²⁰ Например, в засушливых регионах можно выбирать для выращивания устойчивые к засухе сорта сельскохозяйственных культур, использовать адекватные схемы обрезки и применять дефицитное орошение (применяется только на стадиях роста, чувствительных к засухе) и дополнительное орошение (в дополнение к осадкам).^{321,322} Планирование землепользования от локального уровня до глобального масштаба, учитывающее особенности внешних условий, может повысить устойчивость пищевых производств. В то же время могут понадобиться дополнительные меры для обеспечения этих регионов доступом к разнообразному ассортименту высоко питательных продуктов питания (Слайд №6). Кроме того, соответствие производственной практики местным условиям может усилить устойчивость производства продуктов питания.³²³

Методы точного земледелия могут быть расширены и субсидированы. Чтобы получать высокие урожаи на литр воды, важно выбирать подходящие сорта культурных растений, высаживать их своевременно с правильной частотой, применять севооборот, практиковать накопление осадков (водосбор для большей зависимости от зеленой воды), восстановление почвы и капельное орошение в сочетании с практикой сбора почвенной воды и сбережения почв.³²⁰ Внедрение таких практик позволит сократить применение удобрений (питательных веществ) в одних странах и расширить их применение - в других. Технологии, необходимые для точного земледелия, дороги, поэтому компании частного сектора масштабируют их применение по мере возможности и доступности. Правительства должны предоставлять субсидии, чтобы технологии точного земледелия могли использоваться фермерами в странах с низким и средним уровнем дохода.

Для предотвращения потери питательных веществ на фермах практикуется нулевая или минимальная обработка почв (вспашка и др.); высаживание азотфиксирующих покровных культур или сортов сельскохозяйственных растений с крупной разветвлённой корневой массой; ротационный выпас скота, управление растительными остатками собранного урожая, управление окаймляющими зонами сельхозугодий, такими как прибрежные леса.³²⁴ Также в число приемов по предотвращению потерь питательных веществ входят переработка и эффективное использование навоза и мероприятия по борьбе с эрозией почв (например, создание буферных полос для перехвата почв и питательных веществ).³²⁵⁻³²⁷ К дополнительным внутрихозяйственным технологиям относятся закрытое хранение навоза, анаэробное сбраживание для корректировки соотношения питательных веществ в соответствии с потребностями сельскохозяйственных культур и производство биогаза из навоза (возможно, для снабжения горючим сельскохозяйственной техники).²²⁴ Крупномасштабные меры включают рециркуляцию азота и фосфора из систем очистки сточных вод городов, сельского хозяйства и промышленности, а также внедрение механизмов управления для обеспечения регионального соответствия целевым показателям качества воды и воздуха, связанным с образованием химически активного азота и оксидов азота.

Перераспределение удобрений из зон чрезмерного внесения в зоны недостаточного применения увеличит мировое производство продуктов питания и повысит эффективность использования питательных веществ и качество воды.¹⁸⁴ Увеличение внесения питательных веществ в почвы в регионах с высоким уровнем эксплуатации удобрений ведет к их усиленному вымыванию из земли через стоки сельского хозяйства и снижению эффективности использования питательных веществ и качества воды.³²⁸ В регионах с чрезмерным применением удобрений для установления целевых показателей качества воды могут применяться нормативные акты. Например, после того, как ради снижения концентрации нитратов в воде была введена в действие Директива ЕС о нитратах, уменьшение экспликации удобрений в ЕС положительно отразилось на качестве воды.³²⁹ В регионах с недостаточным применением питательных веществ субсидии на приобретение удобрений могут увеличить урожайность.³³⁰

Требуется значительное увеличение поглощения углерода сельскохозяйственными почвами и с поверхности земли,^{28,208} что может быть достигнуто различными способами. Среди них – внесение органических отходов сельского хозяйства в почву, минимальная или нулевая обработка почв, выращивание азотфиксирующих покровных растений, замена однолетних растений на многолетние культуры и луга, агролесоводство, создание буферных полос и сохранение некоторых сельскохозяйственных угодий с естественной растительностью. Эти меры могут негативно сказаться на краткосрочных урожаях и доходности и, как следствие, на экономике фермерских хозяйств, что диктует необходимость в существенной политической поддержке и финансовых стимулах. 10% консервирование сельхозугодий, рекомендованное в Разделе 3, может во многих случаях служить для выполнения нескольких функций, в числе которых улавливание углерода, перехват питательных веществ, а также создание среды обитания и коридора свободной миграции для биологических видов с целью укрепления биоразнообразия (например, за счет прибрежных лесов).

Сохранение биоразнообразия имеет критическое значение для обеспечения экосистемных услуг, которые поддерживают сельское хозяйство. В дополнение к практикам по сохранению наземных биогеоценозов и почв необходимы меры по улучшению биоразнообразия в рамках сельскохозяйственных систем (например, создание прибрежных буферных полос или окаймляющих цветочных полей). Благодаря растущему биоразнообразию в аграрные системы привлекаются естественные враги сельскохозяйственных вредителей, что могло бы предотвращать потери урожая, внося вклад в комплексную борьбу с сорняками, вредителями и болезнями, и повысить урожайность за счет увеличения опыления естественными опылителями.^{331,332} Сохранение оставшихся нетронутыми экосистем имеет важное значение для соблюдения ограничений на изменение климата и урон биоразнообразию, описанных в Главе 3. Причем включение нетронутых биогеоценозов при сохранении их неприкосновенности в ландшафты аграрных производств, имеет большое значение для обеспечения их участия в производстве продуктов питания через такие механизмы, как опыление, борьба с вредителями, улавливание углерода и регулирование качества воды.

Стратегия четвертая: Строгое и хорошо скоординированное управление охраной и использованием земельных и океанических ресурсов

Эффективное управление земельными ресурсами может быть достигнуто путем прекращения расширения сельскохозяйственных угодий за счет природных экосистем. Прямые меры регулирования включают строгую защиту нетронутых экосистем, приостановку концессий на вырубку деревьев в охраняемых зонах или преобразование оставшихся нетронутых экосистем, особенно торфяников и лесных массивов. К другим мерам относятся зонирование землепользования, правила, запрещающие расчистку земель, и стимулы для защиты природных территорий, включая леса. Подходы, выходящие за рамки государственного сектора, такие как общинное управление лесами, также могут способствовать сохранению природных экосистем,³³³ но их эффективность значительно варьируется в зависимости от контекста.^{334,335} Использование рычагов частного сектора (рыночных инструментов) расширилось, но они не заменяют собой регулирующие структуры управления.³³⁶ Ограничение на нетто-расширение сельскохозяйственных угодий, сводящее их экспансию в природные экосистемы к нулю, допускает некоторую локальную экспансию в определенных контекстах. Критически важно реализовывать и внедрять политические механизмы, которые гарантируют, что любое расширение сельского хозяйства будет происходить за счет существующих управляемых лесов (например, плантаций), заброшенных сельскохозяйственных зон или прочих управляемых экосистем, а не за счет других богатых биологическими видами территорий, служащих естественной средой обитания флоры и фауны.¹⁴⁴ Преобразования в сельскохозяйственных землях также важны, и необходимо учитывать компромиссы между множеством экосистемных услуг (например, снижение потенциальной угрозы утраты биоразнообразия или сокращение выбросов парниковых газов или и то и другое при смене видов землепользования).³³⁷

Для соблюдения ограничения на нетто-расширение территорий под сельхозугодия необходимы коллективные действия на местном и глобальном уровнях. Скоординированное международное управление через национальные границы необходимо, чтобы минимизировать сокращение площадей лесов в результате обезлесения или гармонизировать земельный контроль во всех регионах.³³⁸ На региональном и местном уровнях усиление устойчивости урожаев в сочетании с совершенствованием управления и созданием новых заповедных зон имеет жизненно важное значение для предотвращения расширения землепользования, сохранения биоразнообразия в производственных ландшафтах и защиты благосостояния коренных общин и акционеров, зависящих от земледелия (Слайд №7).³³⁹

Там, где это необходимо, восстановлению деградированных земель можно содействовать с помощью финансовых стимулов для землевладельцев, побуждающих осуществлять проекты по восстановлению плодородия земель и, соответственно, биоразнообразия, или посредством санкций для землевладельцев, которые не инициируют восстановление своих земель.³⁴⁰ Такие агро-технологии, как управление плодородием почв, озеленение, прореживание, сжигание для ускорения

восстановления растительности принадлежат категории активных методам восстановления. Эти подходы были одобрены субъектами, уполномоченными принимать решения, и теми, кто их осуществлял в прошлом, однако часто они бывают дорогостоящими и не всегда наилучшим образом подходят для определенного региона.³⁴¹ Например, в тропических лесах для восстановления биоразнообразия и структуры естественной вегетации растений более эффективным будет полагаться на естественное восстановление, а не на активное.³⁴¹ Субъекты, принимающие политические решения, должны определить, какие технологии или какое сочетание естественного и активного восстановительного подходов будет наиболее эффективным и целесообразным в конкретных текущих экологических условиях.³⁴¹ Глобальное движение за восстановление можно поддержать посредством политической приверженности существующим рамочным соглашениям, таким как Боннский вызов и целевые задачи по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия, принятые в Айти.³⁴²

Строгое управление водными экосистемами имеет основополагающее значение для защиты морского биоразнообразия, а также для обеспечения устойчивого функционирования экосистем и дальнейшего снабжения населения дикими морепродуктами в будущем.¹⁸ Следует применять экосистемный подход к рыболовству и аквакультуре,^{343,344} что предполагает соблюдение Кодекса ведения ответственного рыболовства.³⁴⁵ Субсидии в мировое рыболовство необходимо будет отменить, поскольку они наносят вред, приводят к перегрузке мирового рыболовного флота.³⁴⁶ В соответствии с целью №14 ЦУР, к 2020 году не менее 10% морских зон должны быть закрыты для промысла. Внимание должно быть сосредоточено на закрытии зон открытого моря, которые должны служить в качестве банка рыбы. Такое закрытие морских зон может значительно уменьшить неравенство в объеме и распределении мирового рыболовства и увеличить чистую прибыль большинства прибрежных стран, включая наименее развитые.³⁴⁷

Другие важные меры заключаются в общем недопущении чрезмерного вылова рыбы и в применении осторожного подхода, при котором отсутствие научной информации о воздействии промысла на морские виды и экосистемы не является оправданием для отсрочки принятия важных мер.³⁴⁸ Кроме того, будущими рисками и возможностями, связанными с ожидаемым расширением аквакультуры, необходимо управлять. Это управление включает в себя выполнение строгих правил по регулированию введения новых опций, использованию антибиотиков и химикатов, стока питательных веществ и применению кормов из источников наземного и морского происхождения. Механизмы обеспечения прозрачности промысла морепродуктов и экосертификации также могут быть жизнеспособными средствами повышения эффективности расширяющегося продовольственного сектора морепродуктов.³⁴⁸

Стратегия пятая: Сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов по крайней мере в два раза, что согласуется с задекларированными ООН глобальными Целями в области устойчивого развития

Потери продуктов питания и пищевых отходы на начальных этапах производства наиболее высоки в странах с низким и средним уровнем дохода³⁴⁹ и могут быть связаны с несоблюдением графика и сроков сбора урожая, грубым или небрежным обращением с продуктами или отсутствием доступа к рынку. Отсутствие адекватных условий охлаждения и хранения может вынуждать фермеров оставлять урожай необранным или на полях, что увеличивает риск его гниения и загрязнения. Увеличение инвестиций в послеуборочную инфраструктуру может помочь сократить потери продовольствия и отходы.³⁵⁰ Также необходимы инвестиции в технологии переработки урожая, такие как приспособления для сушки и упаковки.

Для значительного сокращения потерь продуктов питания и отходов потребуется сотрудничество множества деятелей из продовольственной системы для оценки причин потерь продовольствия и отходов и разработки целевых решений. В рамках Инициативы по сохранению продовольствия ФАО разработана политика, стратегии, программы и стратегии финансирования, направленные на сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов.³⁵¹ Инфраструктурные решения включают в себя создание коллективных хранилищ, разработку технологий и инфраструктуры для пищевой промышленности или инвестиции в холодовые цепи.³⁵²

Садоводов можно поощрять к внедрению внутрихозяйственных практик для снижения потерь выращиваемых продуктов и отходов, таких как соблюдение правил гигиены содержания животных (для снижения риска загрязнения) или совершенствование методов сбора и хранения урожая. Для создания такого потенциала у производителей необходимы инвестиции в образование, обучение и услуги по повышению квалификации. Из-за высокой задействованности женщин в этапах работы, следующих после сбора урожая (а также во многих других видах работ)³⁵³ в развивающихся странах в прохождение таких образовательных курсов должны вовлекаться женщины-производители, для которых эти услуги должны быть доступными.

Особенно в высокоразвитых странах общественность несет ответственность за значительную долю пищевых отходов.³⁴⁹ Проведение информационных кампаний, обучающих население оптимальному планированию закупок, навыкам считывать информацию о составе и качестве продукта, отраженную в маркировке, нанесенной на упаковку продукта, методам правильного хранения различных видов продуктов, выбору оптимальных порций продуктов при их покупках, методам приготовления пищи и способам использования остатков пищи. Такое обучение можно осуществлять через механизмы надлежащей государственной политики, благодаря которой уровень грамотности граждан в вопросах управления потерями продуктов питания и пищевыми отходами повысится, а ежедневная соответствующая практика минимизирует потери продуктов и пищевые отходы. Управление потерями продуктов и пищевыми отходами можно сделать неотъемлемой частью национальной политики, регулирующей утилизацию отходов, обеспечение безопасности пищевых продуктов, правила стандартизации продуктов питания, правила маркировки продуктов питания, перераспределение продуктов питания и субсидии на продукты питания.³⁵² Финансовые стимулы или национальные

программы сокращения отходов могут способствовать сотрудничеству участников всех звеньев цепочки продовольственной системы (от производства продуктов питания до их доведения до потребителей) во имя минимизации потерь продуктов и пищевых отходов или придавать импульс развитию инновационных технологий по уменьшению пищевых потерь и отходов посредством проведения конкурсов и соревнований между участниками системы продовольственного снабжения, награждая предприятия, добившиеся наибольшего успеха в деле по минимизации пищевых потерь и отходов.

Инструменты для Великой Продовольственной Трансформации

Фактологические данные указывают на то, что решительные шаги для начала Великой Продовольственной Трансформации должны быть предприняты незамедлительно. Для начала движения к трансформации требуется наличие хороших данных о состоянии питания населения и системы продовольственного снабжения в каждой стране. Рационы питания, экологические последствия функционирования производящих их продовольственных систем, и особенности их насущных проблем различаются между странами. Возможности для действий неизбежно отличаются в зависимости от контекста, конкретных текущих условий. Несмотря на различия отправных точек, для стимулирования Великой Продовольственной Трансформации могут быть использованы общие инструменты, которые в настоящем докладе пока не обсуждались.

Хотя различные приоритеты и пути должны быть адаптированы к различным контекстам, все они призваны направлять глобальную траекторию к единому набору общих, разделяемых всеми целей. Комиссия EAT-Lancet стремилась установить научные целевые индикаторы для здорового рациона питания и устойчивого пищевого производства. Достижение консенсуса по этим целевым индикаторам является первым шагом к тому, чтобы побудить участников согласовать общую повестку дня. Затем научные целевые индикаторы будут уточнены на всех уровнях политики.

Поскольку эти целевые индикаторы распространяются на политические, отраслевые и географические сферы, необходим комплексный интегрированный подход. Интегрированные подходы могут быть воплощены благодаря регулярному и частому взаимодействию руководящих групп на официальных платформах. Например, органы ООН должны содействовать работе межведомственных рабочих групп и встречам, посвященным обсуждению таких межсекторальных проблем, как устойчивое питание. На сегодняшний день на Межправительственной научно-политической платформе по биоразнообразию и экосистемным услугам Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), Организация Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), Программа развития ООН (ПРООН) изучают данные по фактическому питанию и особенностям продовольственных систем, полученным из конкретных регионов.

Слайд №7: Свободная торговля и продовольствие

Роль торговли в поддержке целей здравоохранения, охраны окружающей среды и социального развития широко обсуждается.^{62,63} Например, некоторые деятели приветствуют либеральные принципы регулирования международной торговли, благодаря которым, по их мнению, питательные продукты и инвестиции в пищевое производство перемещаются из стран с избыточным продовольственным изобилием в страны с дефицитом, другие же высказывают озабоченность по поводу потенциала существующей системы торговых отношений в предотвращении алиментарно-зависимых заболеваний. Имеющиеся данные свидетельствуют, что для того, чтобы торговая политика расширяла возможности для потребления здоровых продуктов питания, произведенных устойчивыми продовольственными системами, необходимо учитывать следующие факторы.

Первая группа факторов – это природные ресурсы и экологические эффекты пищевых производств, которые существенно различаются между регионами.^{64,65} Следует рассмотреть некоторые связанные с ними сложности. Оптимизация мирового землепользования для производства продуктов питания будет сложной задачей, потому что труд и капитал не всегда легко перестраиваются с производства одних продуктов на другие.⁶³ Предоставление производителям компенсаций и социальной помощи могло бы поддержать требуемые глобальные сдвиги в структуре производства продуктов питания.

Вторая группа факторов - условия, влияющие на продовольственную безопасность. Торговля стимулируется как важнейшее средство достижения продовольственной безопасности за счет увеличения доступности и стабильности поставок продовольствия по доступным ценам.^{63,66–68} Например, анализ⁶⁹ показал, что без либерализации торговли странам с низким уровнем доходов может быть особенно трудно удовлетворить свои совокупные потребности в макро- и микронутриентах. Увеличение возможностей для трудоустройства и получения доходов также благоприятствует продовольственной безопасности. Однако ориентация сельскохозяйственной политики на импорт и экспорт может вытеснить национальное производство и поставить под угрозу возможность мелких фермеров и сельскохозяйственных рабочих в странах с низким и средним уровнем доходов производить продукцию для местных и национальных рынков, создавая тем самым сложности для продовольственной безопасности определенных групп населения.⁷⁰ Факты свидетельствуют о том, что политика либерализации торговли имеет неоднозначные последствия. Например, такая

отсутствии эффекта в других.^{71,72} Аналогично в отношении занятости и доходов: либерализация торговли увеличивала доходность и возможности трудоустройства среди более бедного населения в одних странах, но не в других. Данные также свидетельствуют о том, что общее воздействие на продовольственную безопасность зависит от обстоятельств. В частности, имеются доказательства того, что в чрезвычайных ситуациях международная торговля может снизить колебание цен на продовольствие и повысить продовольственную безопасность в случае, например, экстремальных погодных условий и долгосрочных климатических изменений, которые могут нарушить региональное производство сельскохозяйственных культур.⁷⁴ В то же время другие фактические данные указывают на то, что правила международной торговли недостаточны для преодоления резких скачков импорта и подвергают страны нестабильности цен на продовольствие.⁷⁵ Поэтому в торговой политике необходимо учитывать факторы, влияющие на продовольственную безопасность населения, и контекст, в котором политика должна реализовываться, что позволит адаптировать политику таким образом, чтобы она стала инструментом наиболее эффективной поддержки продовольственной безопасности.

Третья группа факторов - причины нездорового питания и алиментарно-зависимые заболевания. Усиление политики свободной торговли позволило транснациональным корпорациям, продающим нездоровые продукты питания, такие как сладкие напитки, соленые закуски и фастфуды, сделать свои продукты всегда доступными и привлекательными.^{76–78} Торговые правила могут ограничивать политический инструментарий, необходимый для улучшения рациона питания населения с целью защиты общественного здоровья.^{63,79} Поэтому необходимо проанализировать пути влияния торговой политики на ассортимент пищевых продуктов, представленных на рынке, и на основе результатов анализа разработать наиболее эффективные торговые механизмы по поддержке снабжения населения здоровыми рационами питания, производимыми при помощи устойчивых экологически безопасных продовольственных систем. Международная торговля – сложная система. При усилении возможностей по повышению согласованности между целями торговой политики⁸⁰ и действиями, направленными на достижение целей здравоохранения и ЦУР, должны учитываться уязвимые группы населения. Политики, специалисты в области общественного здравоохранения, диетологи, ученые-экологи и торговые организации могли бы работать вместе, чтобы на основе всестороннего исследования и обсуждения установить цели и задачи торговой политики, призванной поддерживать снабжение население планеты здоровыми продуктами питания,

политика давала увеличение доступности произведенными устойчивыми продовольственными продовольствия в одних странах при системах.

Технические изменения в продовольственной системе (даже если их узко понимать как экономику управления цепочками поставок) достаточно сложны, а если требуются многоуровневые, многопрофильные, многосекторальные, междисциплинарные изменения, то управление столкнется с серьезными вызовами. В силу того, что многие правительства приняли тактику невмешательства в выбор потребителей, большую роль в изменении привычной практики населения относительно питания и пищевых отходов будет играть эффективность управления процессами трансформации, реализуемого субъектами государственных органов власти и продовольственной системы. Для успешности управления потребуются координация, консультации и мощное политическое содействие со стороны ключевых политических деятелей.

Внутренние государственные расходы на инструменты политики по поддержанию здорового питания, обеспечиваемого за счет устойчивых продовольственных систем, подлежат увеличению. Отсутствие целевого финансирования для поддержки перехода к устойчивым продовольственным системам является решающим препятствием для прогресса.³⁵⁴ Чтобы добиться множественных побед в решении задач устойчивого развития, можно использовать инвестиционные потоки инновационными способами. В процесс трансформации должны быть вовлечены доноры и многосторонние организации, а система отчетности Организации Экономического Сотрудничества и Развития (ОЭСР) может быть усовершенствована для улучшения отслеживания финансирования процессов трансформации, поступающего от доноров.³¹¹

Создание альянса сил, способного претворить в жизнь всеобъемлющие рекомендации Комиссии, бросает вызов продовольственной системе, и для его создания требуется взаимодействие на всех уровнях с тем, чтобы действия местного масштаба соответствовали глобальным целям. Поскольку такие альянсы укрепляют позиции вопросов питания и пищевых производств в мировой повестке дня, они могут быть незаменимыми в деле оздоровления рациона питания населения и перевода продовольственных систем в режим устойчивого функционирования, безопасного для окружающей среды, оказывая влияние как на внутри, так и на вне правительственные процессы.

	Цель	Задачи 1	Задачи 2
Механизм по типу Межправительственной группы экспертов по изменению климата для обеспечения	Быть консорциумом ученых, который собирает и обновляет данные для ООН	Предоставление регулярных беспристрастных сводок о состоянии дел, объединяющих	Обзор вариантов политики для системы ООН

	Цель	Задачи 1	Задачи 2
здорового рациона питания, производимого экологически безопасными устойчивыми продовольственными системами		данные по дисциплинам	
Рамочная конвенция ООН по устойчивым продовольственным системам для здоровья людей и здоровья планеты	Обеспечить основу для здорового питания населения продуктами, произведенными устойчивыми продовольственными системами с функциями, аналогичными функциям, обозначенным в Рамочных конвенциях по изменению и климата ³⁵⁶ и борьбе против табака ³⁵⁷	Разработка руководств и протоколов, которые устанавливают целевые индикаторы и облегчают мониторинг	Проведение Сессии Сторон по вопросам продовольствия, сходного с процессом Конвенции Сторон
Международная рабочая группа по разработке руководств по устойчивому здоровому питанию	Разработать основанные на фактических данных рекомендации, дополнив критериями устойчивости существующие руководства по питанию, основанные на продуктах питания и основанные на пищевых веществах (макро- и микро-нутриентах)	Предоставление научно обоснованных рекомендаций по питанию для широкого круга органов и организаций	Внедрить руководства по устойчивому здоровому питанию, отвечающие Целям в области устойчивого развития
Постоянная группа экспертов по здоровому питанию, обеспечиваемому за счет устойчивых (экологически безопасных) продовольственных систем	Быть подкомитетом или постоянным Консультативным органом при существующем органе, таком как Постоянный комитет ООН по проблемам питания или Комиссия Кодекс Алиментариус ООН	Подготовка экспертных обзоров проблемных вопросов для вышестоящего (родительского) органа	Консультирование национальных правительств по вопросам здорового питания, обеспечиваемого при помощи продовольственных систем, отвечающих стандартам устойчивости
Дорожные карты по достижению обеспеченности населения здоровыми рационами питания, производимыми	Создать разовые отраслевые планы для государственного или частного секторов или для обоих	Разработка отраслевых и секторальных планов по содействию здоровому	Разработка планов с поэтапными процессами изменений для достижения конкретных целей

	Цель	Задачи 1	Задачи 2
устойчивыми продовольственными системами		питанию и устойчивости (безопасности) продовольственных систем	
Доклад о мировых продовольственных системах	Создать совместно с другими авторитетный годовой отчет, в идеале под эгидой органа ООН или Бреттон-Вудского института	Подготовка ежегодного обзорного отчета о мировой продовольственной системе	Проведение специальных обзоров, прилагаемых к отчету
Обсерватория мировых продовольственных систем	Консорциум ученых, предоставляющий высококачественные данные анализа вмешательств по образцу Кокрановского Сотрудничества и Обсерваторий Здравоохранения/Ожирения	Создание глобальной рабочей сети университетов и ученых для совершенствования политики, основанной на фактических данных	Мониторинг соответствия выполнения региональных и государственных программ согласованными принятым целями и критериями
Таблица 7: Потенциальные новые научно-обоснованные институциональные образования, которые могли бы отстаивать и мониторировать Великую Продовольственную Трансформацию			

Большое число официальных или официально утвержденных ежегодных отчетов уже подготовлено и выпущено авторитетными органами. Некоторые отчеты по здравоохранению могут быть расширены включением аспектов устойчивости. В свою очередь, отчеты по окружающей среде или продовольственной безопасности могут быть дополнены весомыми аспектами питания и культуры. В качестве альтернативы предлагается инициирование новых ежегодных или двухгодичных отчетных докладов по вопросам здорового питания, обеспечиваемого за счет устойчивых систем продовольственного снабжения; методология таких отчетов должна быть воспроизводимой на национальном и других уровнях. Более того, мониторинг и отчетность должны выходить за рамки списка выполненных мероприятий и статистических данных об их эффектах, и предусматривать регулярное обобщение и распространение извлеченных уроков. Усвоенные уроки должны получать широкое распространение, чтобы вдохновлять на активные действия.

В докладах экспертов из существующих органов, таких как Программа ООН по окружающей среде,²⁵⁴ Комитет по всемирной продовольственной безопасности ООН,³⁵² и Постоянный комитет ООН по проблемам питания, освещены различные аспекты повестки дня, рассматриваемые Комиссией EAT-Lancet.³⁵⁵ Значение таких

органов, как Межправительственная группа экспертов по изменению климата и Межправительственная научно-политическая платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам заключается в том, что они постоянно борются за сокращение разрыва между теорией и практикой, а именно за то, чтобы научные разработки находили воплощение в реализуемой политике. Эти органы постоянно консолидируют высококачественные данные и являются субъектами межправительственных соглашений, конвенций и конференций Сторон. Великая Продовольственная Трансформация может способствовать достижению существующих соглашений, таких как ЦУР, Парижское соглашение и элементы ВОЗ-ФАО Десятилетие действий ООН по проблемам питания, однако необходимость в новой Конвенции или Соглашении практически не вызывает сомнений. Комиссия рекомендует международным органам рассмотреть вопрос о том, требуется ли новый надзорный орган или органы, или же существующие органы могли бы объединиться или пересмотреть свои полномочия и функции, чтобы гарантировать должное внимание проблеме здорового питания, которое должно быть доступным для всех и обеспечиваться устойчивыми продовольственными системами (Таблица 7).

Заключение

Пища, которую мы потребляем, и то, как мы ее производим, будут определять здоровье людей и здоровье планеты, и необходимо внести серьезные изменения, чтобы избежать как сокращения продолжительности жизни, так и наблюдающейся деградации окружающей среды. Комиссия EAT-Lancet представляет интегрированную модель, содержащую количественные научные целевые индикаторы для здорового рациона питания и для устойчивой системы продовольственного снабжения, которые в совокупности детерминируют условия безопасного функционирования продовольственных систем, что гарантированно обеспечит достижение широкого круга целей в области здоровья человека и устойчивости окружающей среды. Эта модель является универсальной, и предоставленные в ней планетарные ограничения применимы во всем мире, имеют высокий потенциал для локальной адаптации и масштабируемости. Идентифицировав и количественно определив критерии безопасного функционирования пищевых производств, можно установить рационы питания, которые будут приносить пользу здоровью человека и здоровью планеты. Наш универсальный здоровый эталонный рацион питания в основном состоит из овощей, фруктов, цельного зерна, бобовых, орехов и ненасыщенных жиров, включает в себя от небольшого до умеренного количества морепродуктов и птицы, а также содержит ограниченное количество или исключает красное мясо, технологически переработанное мясо (обработанное мясо), добавленный сахар, рафинированное зерно и крахмалистые овощи. Наше определение устойчивого пищевого производства отвечает требованию функционировать в безопасных пределах планетарных ограничений для шести процессов окружающей среды, которые в совокупности регулируют состояние системы Земля. В их число входят изменение климата, изменение наземной системы (землепользование), использование пресной воды, утрата биоразнообразия и вмешательство в глобальные циклы азота и фосфора. Применяя методологию моделирования глобальной продовольственной системы, мы продемонстрировали, что возможно к 2050 году обеспечить население планеты численностью почти 10 миллиардов человек здоровыми рационами питания за счет пищевых производств, функционирующих в безопасных для планеты границах. Однако Великая Продовольственная Трансформация будет претворена в жизнь только при условии реализации широкомасштабных, многоотраслевых, многоуровневых системных действий, включая существенное глобальное оздоровление рациона питания населения мира и кардинальное сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов, в также критическое усовершенствование практик в производства продуктов питания. Данные достаточны и убедительны для того, чтобы служить весомым аргументом в пользу незамедлительной инициации решительных действий; отсрочка увеличит вероятность не достижения Целей в области устойчивого развития и Парижского соглашения. Комиссия EAT-Lancet привела сильные доказательства того, что Великая Продовольственная Трансформация необходима и осуществима.

Список литературы

- 1 Whitmee S, Haines A, Beyrer C, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. Lancet 2015; 386: 1973–2028.
- 2 Steffen W, Richardson K, Rockström J, et al. Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science 2015; 347: 1259855.
- 3 International Food Policy Research Institute. 2017 Global food policy report. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2017.
- 4 Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. Food systems and diets: facing the challenges of the 21st century. London: Global Panel, 2016.
- 5 Tilman D, Clark M. Global diets link environmental sustainability and human health. Nature 2014; 515: 518–22.
- 6 Springmann M, Godfray HC, Rayner M, Scarborough P. Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. Proc Natl Acad Sci USA 2016; 113: 4146–51.
- 7 Food and Agriculture Organization of the UN, International Fund for Agricultural Development, UNICEF, World Food Programme, WHO. The state of food security and nutrition in the world. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2018.
- 8 UNICEF, WHO, World Bank. Levels and trends in child malnutrition: joint child malnutrition estimates. Washington, DC: World Health Organization, 2018.
- 9 WHO, Food and Agriculture Organization of the UN. Guidelines on food fortification with micronutrients. Geneva: WHO, 2009.
- 10 WHO. Global Health Observatory (GHO) data: overweight and obesity. 2018. http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight_text/en/ (accessed Jan 4, 2018).

- 11 WHO. Global report on diabetes. Geneva: World Health Organization, 2016.
- 12 Zhou B, Lu Y, Hajifathalian K, et al. Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4.4 million participants. *Lancet* 2016; 387: 1513–30.
- 13 Foley JA, Defries R, Asner GP, et al. Global consequences of land use. *Science* 2005; 309: 570–74.
- 14 Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JSI. Climate change and food systems. *Annu Rev Environ Resour* 2012; 37: 195–222.
- 15 Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. London: Earthscan and Colombo: International Water Management Institute, 2007.
- 16 Tilman D, Clark M, Williams DR, Kimmel K, Polasky S, Packer C. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature* 2017; 546: 73–81.
- 17 Diaz RJ, Rosenberg R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 2008; 321: 926–29.
- 18 Food and Agriculture Organization of the UN. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2016.
- 19 Klinger D, Naylor R. Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. *Annu Rev Environ Resour* 2012; 37: 247–76.
- 20 Garnett T. Plating up solutions. *Science* 2016; 353: 1202–04.
- 21 Kopplitz SN, Mickley LJ, Marlier ME, et al. Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September–October 2015: demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environ Res Lett* 2016; 11: 094023.
- 22 Springmann M, Mason-D’Croz D, Robinson S, et al. Global and regional health effects of future food production under climate

- change: a modelling study. *Lancet* 2016; 387: 1937–46.
- 23 Myers SS, Zanoibetti A, Kloog I, et al. Increasing CO2 threatens human nutrition. *Nature* 2014; 510: 139–42.
- 24 Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S, et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *Lancet* 2018; 391: 581–630.
- 25 Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet* 2018; 391: 462–512.
- 26 Gussow JD, Clancy KL. Dietary guidelines for sustainability. *J Nutr Educ* 1986; 18: 1–5.
- 27 UN. Sustainable Development Goals. <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> (accessed Sept 13, 2017).
- 28 Rockström J, Gaffney O, Rogelj J, Meinshausen M, Nakicenovic N, Schellnhuber HJ. A roadmap for rapid decarbonization. *Science* 2017; 355: 1269–71.
- 29 Rockström J, Steffen W, Noone K, et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecol Soc* 2009; 14: 32.
- 30 Hi. C, Pradhan P, Rybski D, Kropp JP. Food surplus and its climate burdens. *Environ Sci Technol* 2016; 50: 4269–77.
- 31 UN-HLTF, Food, and Nutrition Security: Comprehensive Framework for Action. Summary of the Updated Comprehensive Framework for Action (UCFA), United Nations System High Level Task Force on Global Food Security (HLTF). Rome/Geneva/New York, 2010.
- 32 Clark M, Tilman D. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environ Res Lett* 2017; 12: 064016.
- 33 US Department of Agriculture, US Department of Health and Human Services. Scientific report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee. Washington, DC: US Government Printing Offices, 2015.

- 34 International Food Policy Research Institute. Food systems and diets: facing the challenges of the 21st century. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2016.
- 35 Freedman LS, Commins JM, Moler JE, et al. Pooled results from 5 validation studies of dietary self-report instruments using recovery biomarkers for energy and protein intake. *Am J Epidemiol* 2014; 180: 172–88.
- 36 Tomasetti C, Li L, Vogelstein B. Stem cell divisions, somatic mutations, cancer etiology, and cancer prevention. *Science* 2017; 355: 1330–34.
- 37 Appel LJ, Sacks FM, Carey VJ, et al. Effects of protein, monounsaturated fat, and carbohydrate intake on blood pressure and serum lipids: results of the OmniHeart randomized trial. *JAMA* 2005; 294: 2455–64.
- 38 Orlich MJ, Singh PN, Sabat. J, et al. Vegetarian dietary patterns and mortality in Adventist Health Study 2. *JAMA Intern Med* 2013; 173: 1230–38.
- 39 Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB, et al. Plant-based dietary patterns and incidence of type 2 diabetes in US men and women: results from three prospective cohort studies. *PLoS Med* 2016; 13: e1002039.
- 40 Satija A, Bhupathiraju SN, Spiegelman D, et al. Healthful and unhealthful plant-based diets and the risk of coronary heart disease in US adults. *J Am Coll Cardiol* 2017; 70: 411–22.
- 41 Abete I, Romaguera D, Vieira AR, Lopez de Munain A, Norat T. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. *Br J Nutr* 2014; 112: 762–75.
- 42 Chen GC, Lv DB, Pang Z, Liu QF. Red and processed meat consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67: 91–95.
- 43 Feskens EJ, Sluik D, van Woudenberg GJ. Meat consumption,

diabetes, and its complications. *Curr Diab Rep* 2013; 13: 298–306.

44 Pan A, Sun Q, Bernstein AM, et al. Red meat consumption and mortality: results from 2 prospective cohort studies. *Arch Intern Med* 2012; 172: 555–63.

45 Sinha R, Cross AJ, Graubard BI, Leitzmann MF, Schatzkin A. Meat intake and mortality: a prospective study of over half a million people. *Arch Intern Med* 2009; 169: 562–71.

46 Etemadi A, Sinha R, Ward MH, et al. Mortality from different causes associated with meat, heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study: population based cohort study. *BMJ* 2017; 357: j1957.

47 Pan A, Sun Q, Bernstein AM, et al. Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2011; 94: 1088–96.

48 Kromhout D, Keys A, Aravanis C, et al. Food consumption patterns in the 1960s in seven countries. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 889–94.

49 Farvid MS, Cho E, Chen WY, Eliassen AH, Willett WC. Adolescent meat intake and breast cancer risk. *Int J Cancer* 2015; 136: 1909–20.

50 Farvid MS, Cho E, Chen WY, Eliassen AH, Willett WC. Dietary protein sources in early adulthood and breast cancer incidence: prospective cohort study. *BMJ* 2014; 348: g3437.

51 Song M, Fung TT, Hu FB, et al. Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality. *JAMA Intern Med* 2016; 176: 1453–63.

52 Lee JE, McLerran DF, Rolland B, et al. Meat intake and cause-specific mortality: a pooled analysis of Asian prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr* 2013; 98: 1032–41.

53 Talaei M, Wang Y-L, Yuan J-M, Pan A, Koh W-P. Meat, dietary heme iron, and risk of type 2 diabetes mellitus: the Singapore Chinese Health Study. *Am J Epidemiol* 2017; 186: 824–33.

54 Institute of Medicine. Dietary reference intakes for calcium and

vitamin D. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2010.

55 WHO. The world health report 2003: shaping the future. Geneva: World Health Organization, 2003.

56 WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva: World Health Organization, 2003.

57 Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, Baron JA, et al. Calcium intake and hip fracture risk in men and women: a meta-analysis of prospective cohort studies and randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2007; 86: 1780–90.

58 Feskanich D, Bischoff-Ferrari HA, Frazier AL, Willett WC. Milk consumption during teenage years and risk of hip fractures in older adults. *JAMA Pediatr* 2014; 168: 54–60.

59 Guo J, Astrup A, Lovegrove JA, Gijsbers L, Givens DI, Soedamah-Muthu SS. Milk and dairy consumption and risk of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Epidemiol* 2017; 32: 269–87.

60 World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research. Second Expert Report: food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. UK: WCRF/AICR, 2007.

61 Aune D, Navarro Rosenblatt DA, Chan DS, et al. Dairy products, calcium, and prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Am J Clin Nutr* 2015; 101: 87–117.

62 Giovannucci E. Nutritional and environmental epidemiology of prostate cancer. In: Kantoff PW, Carroll PR, D’Amico AV, eds. *Prostate Cancer: Principles and Practice*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2002: 117–39.

63 Chen M, Sun Q, Giovannucci E, et al. Dairy consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated

- meta-analysis. *BMC Med* 2014; 12: 215.
- 64 Mozaffarian D, Hao T, Rimm EB, Willett WC, Hu FB. Changes in diet and lifestyle and long-term weight gain in women and men. *N Engl J Med* 2011; 364: 2392–404.
- 65 Mozaffarian D, Rimm EB. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA* 2006; 296: 1885–99.
- 66 Zheng J, Huang T, Yu Y, Hu X, Yang B, Li D. Fish consumption and CHD mortality: an updated meta-analysis of seventeen cohort studies. *Public Health Nutr* 2012; 15: 725–37.
- 67 Oken E, Radesky JS, Wright RO, et al. Maternal fish intake during pregnancy, blood mercury levels, and child cognition at age 3 years in a US cohort. *Am J Epidemiol* 2008; 167: 1171–81.
- 68 Del Gobbo LC, Imamura F, Aslibekyan S, et al. ω -3 polyunsaturated fatty acid biomarkers and coronary heart disease: pooling project of 19 cohort studies. *JAMA Intern Med* 2016; 176: 1155–66.
- 69 Rong Y, Chen L, Zhu T, et al. Egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ* 2013; 346: e8539.
- 70 Iannotti LL, Lutter CK, Stewart CP, et al. Eggs in early complementary feeding and child growth: a randomized controlled trial. *Pediatrics* 2017; 140: e20163459.
- 71 Kris-Etherton PM, Hu FB, Ros E, Sabat. J. The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. *J Nutr* 2008; 138: 1746S–51S.
- 72 Sabat. J, Oda K, Ros E. Nut consumption and blood lipid levels: a pooled analysis of 25 intervention trials. *Arch Intern Med* 2010; 170: 821–27.
- 73 Grosso G, Estruch R. Nut consumption and age-related disease. *Maturitas* 2016; 84: 11–16.
- 74 Afshin A, Micha R, Khatibzadeh S, Mozaffarian D. Consumption of nuts and legumes and risk of incident ischemic heart disease,

stroke, and diabetes: a systematic review and meta-analysis.

Am J Clin Nutr 2014; 100: 278–88.

75 Mayhew AJ, de Souza RJ, Meyre D, Anand SS, Mente A.

A systematic review and meta-analysis of nut consumption and incident risk of CVD and all-cause mortality. Br J Nutr 2016; 115: 212–25.

76 Bao Y, Han J, Hu FB, et al. Association of nut consumption with total and cause-specific mortality. N Engl J Med 2013; 369: 2001–11.

77 Aune D, Keum N, Giovannucci E, et al. Nut consumption and risk of cardiovascular disease, total cancer, all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. BMC Med 2016; 14: 207.

78 Estruch R, Ros E, Salas-Salvad. J, et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. N Engl J Med 2013; 368: 1279–90.

79 Kushi LH, Meyer KA, Jacobs DR Jr. Cereals, legumes, and chronic disease risk reduction: evidence from epidemiologic studies. Am J Clin Nutr 1999; 70 (suppl 3): 451S–58S.

80 Bernstein AM, Sun Q, Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Willett WC. Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in women. Circulation 2010; 122: 876–83.

81 Lee SA, Shu XO, Li H, et al. Adolescent and adult soy food intake and breast cancer risk: results from the Shanghai Women’s Health Study. Am J Clin Nutr 2009; 89: 1920–26.

82 Aaronson S. A role for algae as human food in antiquity. Food Foodways 1986; 1: 311–15.

83 Arshad M, Javed M, Sohaib M, Saeed F, Imran A, Amjad Z. Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: a mini review. Cogent Food Agri 2017; 3: 1320814.

84 Zong G, Gao A, Hu FB, Sun Q. Whole grain intake and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. Circulation 2016;

133: 2370–80.

85 Hu FB. Are refined carbohydrates worse than saturated fat?

Am J Clin Nutr 2010; 91: 1541–42.

86 Dehghan M, Mente A, Zhang X, et al. Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. *Lancet* 2017; 390: 2050–62.

87 Mensink RP, Katan MB. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. *Arterioscler Thromb* 1992; 12: 911–19.

88 Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, et al. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1455–61.

89 Willett W, Stampfer M, Chu NF, Spiegelman D, Holmes M, Rimm E. Assessment of questionnaire validity for measuring total fat intake using plasma lipid levels as criteria. *Am J Epidemiol* 2001; 154: 1107–12.

90 Muraki I, Rimm EB, Willett WC, Manson JE, Hu FB, Sun Q. Potato consumption and risk of type 2 diabetes: results from three prospective cohort studies. *Diabetes Care* 2016; 39: 376–84.

91 Borgi L, Rimm EB, Willett WC, Forman JP. Potato intake and incidence of hypertension: results from three prospective US cohort studies. *BMJ* 2016; 353: i2351.

92 Bertola ML, Mukamal KJ, Cahill LE, et al. Changes in intake of fruits and vegetables and weight change in united states men and women followed for up to 24 years: analysis from three prospective cohort studies. *PLoS Med* 2015; 12: e1001878.

93 Wang X, Ouyang Y, Liu J, et al. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ* 2014; 349: g4490.

94 Aune D, Giovannucci E, Boffetta P, et al. Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause

mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Int J Epidemiol* 2017; 46: 1029–56.

95 Binia A, Jaeger J, Hu Y, Singh A, Zimmermann D. Daily potassium intake and sodium-to-potassium ratio in the reduction of blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hypertens* 2015; 33: 1509–20.

96 Muraki I, Imamura F, Manson JE, et al. Fruit consumption and risk of type 2 diabetes: results from three prospective longitudinal cohort studies. *BMJ* 2013; 347: f5001.

97 Hung HC, Joshupura KJ, Jiang R, et al. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst* 2004; 96: 1577–84.

98 Boffetta P, Couto E, Wichmann J, et al. Fruit and vegetable intake and overall cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *J Natl Cancer Inst* 2010; 102: 529–37.

99 Wang DD, Li Y, Chiuve SE, et al. Association of specific dietary fats with total and cause-specific mortality. *JAMA Intern Med* 2016; 176: 1134–45.

100 Prentice RL, Caan B, Chlebowski RT, et al. Low-fat dietary pattern and risk of invasive breast cancer: the Women’s Health Initiative Randomized Controlled Dietary Modification Trial. *JAMA* 2006; 295: 629–42.

101 Farvid MS, Ding M, Pan A, et al. Dietary linoleic acid and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Circulation* 2014; 130: 1568–78.

102 Chowdhury R, Warnakula S, Kunutsor S, et al. Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2014; 160: 398–406.

103 Sacks F. Dietary fats and coronary heart disease. *J Cardiovasc Risk* 1994; 1: 3–8.

104 Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N Engl J Med* 2006;

354: 1601–13.

105 Sun Y, Neelakantan N, Wu Y, Lote-Oke R, Pan A, van Dam RM.

Palm oil consumption increases LDL cholesterol compared with vegetable oils low in saturated fat in a meta-analysis of clinical trials. *J Nutr* 2015; 145: 1549–58.

106 Kabagambe EK, Baylin A, Ascherio A, Campos H. The type of oil used for cooking is associated with the risk of nonfatal acute myocardial infarction in Costa Rica. *J Nutr* 2005; 135: 2674–79.

107 de Lorgeril M, Renaud S, Mamelle N, et al. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet* 1994; 343: 1454–59.

108 Puska P, Stahl T. Health in all policies-the Finnish initiative: background, principles, and current issues. *Annu Rev Public Health* 2010; 31: 315–28.

109 Chen M, Li Y, Sun Q, et al. Dairy fat and risk of cardiovascular disease in 3 cohorts of US adults. *Am J Clin Nutr* 2016; 104: 1209–17.

110 Bray GA, Popkin BM. Dietary fat intake does affect obesity! *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 1157–73.

111 Hooper L, Abdelhamid A, Bunn D, Brown T, Summerbell CD, Skeaff CM. Effects of total fat intake on body weight. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 8: CD011834.

112 Knopp RH, Walden CE, Retzlaff BM, et al. Long-term cholesterol-lowering effects of 4 fat-restricted diets in hypercholesterolemic and combined hyperlipidemic men. The Dietary Alternatives Study. *JAMA* 1997; 278: 1509–15.

113 Tobias DK, Chen M, Manson JE, Ludwig DS, Willett W, Hu FB. Effect of low-fat diet interventions versus other diet interventions on long-term weight change in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2015; 3: 968–79.

114 Chiavaroli L, de Souza RJ, Ha V, et al. Effect of fructose on established lipid targets: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials. *J Am Heart Assoc* 2015; 4: e001700.

- 115 Barclay AW, Petocz P, McMillan-Price J, et al. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk—a meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 627–37.
- 116 Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ* 2012; 346: e7492.
- 117 Malik VS, Popkin BM, Bray GA, Després JP, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened beverages and risk of metabolic syndrome and type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care* 2010; 33: 2477–83.
- 118 Yang Q, Zhang Z, Gregg EW, Flanders WD, Merritt R, Hu FB. Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among US adults. *JAMA Intern Med* 2014; 174: 516–24.
- 119 WHO, Horta BL, Victora CG. Long-term effects of breastfeeding: a systematic review. Geneva: World Health Organization, 2013.
- 120 UNICEF. Infant and young child feeding: a systematic review. New York: UNICEF, 2012.
- 121 WHO. Indicators for assessing infant and young child feeding practices. Washington, DC: World Health Organization, 2008.
- 122 WHO. Guideline: daily iron supplementation. Geneva: World Health Organization, 2016.
- 123 Maslova E, Rytter D, Bech BH, et al. Maternal protein intake during pregnancy and offspring overweight 20 y later. *Am J Clin Nutr* 2014; 100: 1139–48.
- 124 Brantsæter AL, Olafsdottir AS, Forsum E, Olsen SF, Thorsdottir I. Does milk and dairy consumption during pregnancy influence fetal growth and infant birthweight? A systematic literature review. *Food Nutr Res* 2012; 56: DOI:10.3402/fnr.v56i0.20050.
- 125 Piccoli GB, Clari R, Vigotti FN, et al. Vegan-vegetarian diets in pregnancy: danger or panacea? A systematic narrative review. *BJOG* 2015; 122: 623–33.
- 126 WHO. WHO recommendations for antenatal care for a positive pregnancy experience. Geneva: World Health Organization, 2016.

- 127 Henríquez S, Sánchez P, Ruano C, de Irala J, Ruiz-Canela M, Martínez-González MA, Sánchez-Villegas A. Adherence to the Mediterranean diet and quality of life in the SUN Project. *Eur J Clin Nutr* 2012; 66: 360–68.
- 128 Bhushan A, Fondell E, Ascherio A, Yuan C, Grodstein F, Willett W. Adherence to Mediterranean diet and subjective cognitive function in men. *Eur J Epidemiol* 2018; 33: 223–34.
- 129 Morris MC, Tangney CC, Wang Y, Sacks FM, Bennett DA, Aggarwal NT. MIND diet associated with reduced incidence of Alzheimer’s disease. *Alzheimers Dement* 2015; 11: 1007–14.
- 130 Gakidou E, Afshin A, Abajobir AA, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* 2017; 390: 1345–422.
- 131 Springmann M, Wiebe K, Mason-D’Croz D, et al. Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *Lancet Planet Health* 2018; 2: e451–61.
- 132 GBD 2017 Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2018; 392: 1923–94.
- 133 Chiuve SE, Fung TT, Rimm EB, et al. Alternative dietary indices both strongly predict risk of chronic disease. *J Nutr* 2012; 142: 1009–18.
- 134 Wang DD, Li Y, Chiuve SE, Hu FB, Willett WC. Improvements in US diet helped reduce disease burden and lower premature deaths, 1999–2012; overall diet remains poor. *Health Aff* 2015; 34: 1916–22.
- 135 Schwingshackl L, Hoffmann G. Diet quality as assessed by the

Healthy Eating Index, the Alternate Healthy Eating Index, the Dietary Approaches to Stop Hypertension score, and health outcomes: a systematic review and meta-analysis of cohort studies.

J Acad Nutr Diet 2015; 115: 780–800.e5.

136 Onvani S, Haghighatdoost F, Surkan PJ, Larijani B, Azadbakht L. Adherence to the Healthy Eating Index and Alternative Healthy Eating Index dietary patterns and mortality from all causes, cardiovascular disease and cancer: a meta-analysis of observational studies. J Hum Nutr Diet 2017; 30: 216–26.

137 DeClerck F, Jones S, Attwood S, et al. Agricultural ecosystems and their services: the vanguard of sustainability? Curr Opin Environ Sustain 2016; 23: 92–99.

138 Garbach K, Milder JC, De Clerck F, Driscoll L, Montenegro M, Herren B. Close yield and nature gaps: Multi-functionality in five systems of agroecological intensification. Int J Agric Sustain 2016; 15: 11–28.

139 Garnett T, Appleby MC, Balmford A, et al. Agriculture. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. Science 2013; 341: 33–34.

140 Tilman D, Balzer C, Hill J, Befort BL. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proc Natl Acad Sci USA 2011; 108: 20260–64.

141 Rockström J, Williams J, Daily G, et al. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. Ambio 2017; 46: 4–17.

142 Steffen W, Crutzen J, McNeill JR. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? Ambio 2007; 36: 614–21.

143 Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, et al. Solutions for a cultivated planet. Nature 2011; 478: 337–42.

144 Erb K-H, Lauk C, Kastner T, Mayer A, Theurl MC, Haberl H. Exploring the biophysical option space for feeding the world

without deforestation. *Nat Commun* 2016; 7: 11382.

145 Caron P, de Loma-Orsorio GF, Nabarro D, et al. Food systems for sustainable development: proposals for a profound four-part transformation. *Agron Sustain Dev* 2018; 38: 41.

146 Rockström J, Steffen W, Noone K, et al. A safe operating space for humanity. *Nature* 2009; 461: 472–75.

147 Bahn M, Reichstein M, Dukes JS, Smith MD, McDowell NG. Climate-biosphere interactions in a more extreme world. *New Phytol* 2014; 202: 356–59.

148 Galaz V, Biermann F, Folke C, Nilsson M, Olsson P. Global environmental governance and planetary boundaries: an introduction. *Ecol Econ* 2012; 81: 1–3.

149 Brondizio ES, O’Brien K, Bai X, et al. Re-conceptualizing the Anthropocene: a call for collaboration. *Glob Environ Change* 2016; 39: 318–27.

150 Newbold T, Hudson LN, Arnell AP, et al. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* 2016; 353: 288–91.

151 Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

152 Obersteiner M, Bednar J, Wagner F, et al. How to spend a dwindling greenhouse gas budget. *Nat Clim Chang* 2018; 8: 7.

153 Smith P, Clark H, Dong H, et al. Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: Climate change 2014: mitigation of climate change. IPCC Working Group III Contribution to AR5. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

154 Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JSI. Climate Change and Food Systems. In: Gadgil A, Liverman DM, eds. *Ann Rev Environ Res* 2012; 37: 195–22.

- 155 Bennetzen EH, Smith P, Porter JR. Decoupling of greenhouse gas emissions from global agricultural production: 1970–2050. *Glob Change Biol* 2016; 22: 763–81.
- 156 Wollenberg E, Richards M, Smith P, et al. Reducing emissions from agriculture to meet the 2°C target. *Glob Change Biol* 2016; 22: 3859–64.
- 157 van Vuuren DP, Edmonds J, Kainuma M, et al. The representative concentration pathways: an overview. *Clim Change* 2011; 109: 5.
- 158 van Vuuren DP, Stehfest E, den Elzen MG, et al. RCP2. 6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2 C. *Clim Change* 2011; 109: 95.
- 159 HLPE. Water for food security and nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2015.
- 160 Wada Y, Van Beek L, Bierkens MF. Modelling global water stress of the recent past: on the relative importance of trends in water demand and climate variability. *Hydrol Earth Syst Sci* 2011; 15: 3785–805.
- 161 Falkenmark M, Rockström J. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. American Society of Civil Engineers; 2006.
- 162 Keys PW, Van der Ent R, Gordon LJ, Hoff H, Nikoli R, Savenije H. Analyzing precipitation sheds to understand the vulnerability of rainfall dependent regions. *Biogeosciences* 2012; 9: 733–46.
- 163 Declaration B. The Brisbane Declaration: environmental flows are essential for freshwater ecosystem health and human well-being. 10th International River Symposium, Brisbane, Australia; 2007; 2007. p. 3–6.
- 164 Shiklomanov I, Rodda J. World Water Resources at the Beginning of the 21st Cen. 2003.
- 165 Pastor A, Ludwig F, Biemans H, Hoff H, Kabat P. Accounting for

environmental flow requirements in global water assessments.

Hydrol Earth Syst Sci 2014; 18: 5041–59.

166 Jaramillo F, Destouni G. Local flow regulation and irrigation raise global human water consumption and footprint. Science 2015; 350: 1248–51.

167 Molden D. Planetary boundaries: The devil is in the detail. Nat Rep Clim Change 2009: 116–17.

168 Gerten D, Hoff H, Rockström J, Jägermeyr J, Kummu M, Pastor AV. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: role of environmental flow requirements. Curr Opin Environ Sustain 2013; 5: 551–58.

169 Rosegrant MW, Ringler C, Zhu T. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. Annu Rev Environ Resour 2009; 34: 205–22.

170 Gleick PH, Palaniappan M. Peak water limits to freshwater withdrawal and use. Proc Natl Acad Sci USA 2010; 107: 11155–62.

171 Sutton MA, Bleeker A, Howard CM, et al. Our nutrient world: the challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Nairobi: Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh & United Nations Environment Programme; 2013.

172 Stokal M, Kroeze C, Wang M, Bai Z, Ma L. The MARINA model (Model to Assess River Inputs of Nutrients to seAs): Model description and results for China. Sci Total Environ 2016; 562: 869–88.

173 Bobbink R, Hicks K, Galloway J, et al. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. Ecol Appl 2010; 20: 30–59.

174 Bleeker A, Hicks WK, Dentener F, Galloway J, Erisman JW. N deposition as a threat to the World's protected areas under the Convention on Biological Diversity. Environ Pollut 2011; 159: 2280–88.

175 Guo JH, Liu XJ, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science* 2010; 327: 1008–10.

176 Syakila A, Kroeze C. The global nitrous oxide budget revisited. *Greenhouse Gas Measurement & Management* 2011; 1: 17–26.

177 UNEP, United Nations Environment Programme. Global Environmental Outlook 4. (GEO-4) United Nations Environment Program. Nairobi, Kenya; 2007.

178 Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 2015; 525: 367–71.

179 Erismann JW, Galloway JN, Seitzinger S, et al. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle.

Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2013; 368: 20130116.

180 Van Dingenen R, Dentener FJ, Raes F, Krol MC, Emberson L, Cofala J. The global impact of ozone on agricultural crop yields under current and future air quality legislation. *Atmos Environ* 2009; 43: 604–18.

181 Cordell D, Drangert J-O, White S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Glob Environ Change* 2009; 19: 292–305.

182 Nordhaus T, Shellenberger M, Blomqvist L. The planetary boundaries hypothesis a review of the evidence. Oakland, Ca.: Breakthrough Institute; 2012.

183 De Vries W, Kros J, Kroeze C, Seitzinger SP. Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Curr Opin Environ Sustain* 2013; 5: 392–402.

184 Mueller ND, Gerber JS, Johnston M, Ray DK, Ramankutty N, Foley JA. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature* 2012; 490: 254–57.

185 Vitousek PM, Naylor R, Crews T, et al. Agriculture. Nutrient imbalances in agricultural development. *Science* 2009; 324: 1519–20.

- 186 Carpenter SR, Bennett EM. Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environ Res Lett* 2011; 6: 014009.
- 187 Springmann M, Clark M, Mason-D'Croz D, et al. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 2018; 562: 519–25.
- 188 Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 2012; 486: 59–67.
- 189 Naeem S, Duffy JE, Zavaleta E. The functions of biological diversity in an age of extinction. *Science* 2012; 336: 1401–06.
- 190 Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 2000; 287: 1770–74.
- 191 Hooper DU, Adair EC, Cardinale BJ, et al. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature* 2012; 486: 105–08.
- 192 Silvertown J. *Dinner with Darwin: food, drink, and evolution*. Chicago: University of Chicago Press; 2017.
- 193 Barnosky AD, Hadly EA, Bascompte J, et al. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature* 2012; 486: 52–58.
- 194 Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzo R. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc Natl Acad Sci USA* 2017; 114: E6089–96.
- 195 Pimm SL, Jenkins CN, Abell R, et al. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 2014; 344: 1246752.
- 196 Butchart SHM, Walpole M, Collen B, et al. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 2010; 328: 1164–68.
- 197 Tilman D, Fargione J, Wolff B, et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 2001; 292: 281–84.
- 198 Barnosky AD, Matzke N, Tomiya S, et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 2011; 471: 51–57.
- 199 Ehrlich P, Walker B. Rivets and redundancy. *Bioscience* 1998; 48: 387.
- 200 Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, et al. More than 75 percent

- decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 2017; 12: e0185809.
- 201 Thompson K. De we need pandas? The uncomfortable truth about biodiversity. London: Little Green; 2010.
- 202 Chaudhary A, Kastner T. Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Glob Environ Change* 2016; 38: 195–204.
- 203 Chaudhary A, Pfister S, Hellweg S. Spatially explicit analysis of biodiversity loss due to global agriculture, pasture and forest land use from a producer and consumer perspective. *Environ Sci Technol* 2016; 50: 3928–36.
- 204 Harris NL, Brown S, Hagen SC, et al. Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions. *Science* 2012; 336: 1573–76.
- 205 Dinerstein E, Olson D, Joshi A, et al. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *Bioscience* 2017; 67: 534–45.
- 206 Eken G, Bennun L, Brooks TM, et al. Key biodiversity areas as site conservation targets. *BioScience* 2004; 54: 1110–18.
- 207 Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 2000; 403: 853–58.
- 208 Griscom BW, Adams J, Ellis PW, et al. Natural climate solutions. *Proc Natl Acad Sci USA* 2017; 114: 11645–50.
- 209 Wilson EO. *Half Earth: our planet’s fight for life*. New York: Liveright Publishing Corporation; 2016.
- 210 Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—ecosystem service management. *Ecol Lett* 2005; 8: 857–74.
- 211 Robinson S, Mason-D’Croz D, Sulser T, et al. The international model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): model description for version 3. 2015.
- 212 Interagency Working Group. Technical update on the social cost of

carbon for regulatory impact analysis-under executive order 12866:

United States Government, 2013.

213 Beach RH, Creason J, Ohrel SB, et al. Global mitigation potential and costs of reducing agricultural non-CO₂ greenhouse gas emissions through 2030. *J Integr Environ Sci* 2015; 12 (suppl 1): 87–105.

214 Sutton MA, Bleeker A, Howard C, et al. Our nutrient world: the challenge to produce more food and energy with less pollution. Edinburgh: NERC/Centre for Ecology & Hydrology, 2013.

215 Cordell D, White S. Life's bottleneck: sustaining the world's phosphorus for a food secure future. *Annu Rev Environ Resour* 2014; 39: 161–88.

216 Clune S, Crossin E, Verghese K. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *J Clean Prod* 2017; 140: 766–83.

217 Davis KF, Gephart JA, Emery KA, Leach AM, Galloway JN, D'Odorico P. Meeting future food demand with current agricultural resources. *Glob Environ Change* 2016; 39: 125–32.

218 Nelson ME, Hamm MW, Hu FB, Abrams SA, Griffin TS. Alignment of healthy dietary patterns and environmental sustainability: a systematic review. *Adv Nutr* 2016; 7: 1005–25.

219 Aleksandrowicz L, Green R, Joy EJ, Smith P, Haines A. The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: a systematic review. *PLoS One* 2016; 11: e0165797.

220 Hallstr.m E, Carlsson-Kanyama A, B.rjesson P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. *J Clean Prod* 2015; 91: 1–11.

221 Peters CJ, Picardy J, Darrouzet-Nardi AF, Wilkins JL, Griffin TS, Fick GW. Carrying capacity of US agricultural land: ten diet scenarios. *Elem Sci Anth* 2016; 4: 000116.

222 Smith P, Bustamante M, Ahammad H, et al. Agriculture, forestry

- and other land use (AFOLU). In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, et al, eds. Climate change 2014: mitigation of climate change contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and NY, USA: Cambridge University Press; 2014: 811–922.
- 223 Carlson KM, Gerber JS, Mueller ND, et al. Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nat Clim Chang* 2017; 7: 63.
- 224 Tubiello FN, Salvatore M, Rossi S, Ferrara A, Fitton N, Smith P. The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environ Res Lett* 2013; 8: 015009.
- 225 Heffer P. Assessment of fertilizer use by crop at the global level 2010–2010/11. 2013. International Fertilizer Industry Association, Paris.
- 226 Alexandratos N, Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2012.
- 227 Herrero M, Henderson B, Havlik P, et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nat Clim Chang* 2016; 6: 452.
- 228 Bajželj B, Richards KS, Allwood JM, et al. Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nat Clim Chang* 2014; 4: 924.
- 229 Ray DK, Mueller ND, West PC, Foley JA. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS One* 2013; 8: e66428.
- 230 Evenson RE, Gollin D. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. *Science* 2003; 300: 758–62.
- 231 Pingali PL. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. *Proc Natl Acad Sci USA* 2012; 109: 12302–08.
- 232 J. germeyr J, Gerten D, Heinke J, Schaphoff S, Kummu M, Lucht W. Water savings potentials of irrigation systems: global simulation of processes and linkages. *Hydrol Earth Syst Sci* 2015; 19: 3073–91.

- 233 Jalava M, Kummu M, Porkka M, Siebert S, Varis O. Diet change—a solution to reduce water use? *Environ Res Lett* 2014; 9: 074016.
- 234 Lassaletta L, Billen G, Garnier J, et al. Nitrogen use in the global food system: past trends and future trajectories of agronomic performance, pollution, trade, and dietary demand. *Environ Res Lett* 2016; 11: 095007.
- 235 Bouwman L, Goldewijk KK, Van Der Hoek KW, et al. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013; 110: 20882–87.
- 236 Bodirsky BL, Popp A, Lotze-Campen H, et al. Reactive nitrogen requirements to feed the world in 2050 and potential to mitigate nitrogen pollution. *Nat Commun* 2014; 5: 3858.
- 237 MacDonald GK, Bennett EM, Potter PA, Ramankutty N. Agronomic phosphorus imbalances across the world’s croplands. *Proc Natl Acad Sci USA* 2011; 108: 3086–91.
- 238 Butchart SH, Clarke M, Smith RJ, et al. Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. *Conserv Lett* 2015; 8: 329–37.
- 239 Demeyer D, Honikel K, De Smet S. The World Cancer Research Fund report 2007: a challenge for the meat processing industry. *Meat Sci* 2008; 80: 953–59.
- 240 WHO. Human energy requirements: report of a Joint FAO/WHO/UNU expert consultation, Rome, Italy, 17–24 October 2001. Geneva: World Health Organization, 2004.
- 241 Bruinsma J. World agriculture: towards 2015/2030: an FAO study: Routledge; 2017.
- 242 Alexander P, Brown C, Arneth A, et al. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Glob Food Secur* 2017; 15: 22–32.
- 243 International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Agriculture at a crossroads: global

report. Washington, DC: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development, 2008.

244 UN Environment Programme. Nellemann C, MacDevette M, et al.

The environmental food crisis: the environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment. Arendal: UN Environment Programme/GRID-Arendal, 2009.

245 Paillard S, Treyer S, Dorin B, eds. Agrimonde: scenarios and challenges for feeding the world in 2050. Paris: Editions Quae, 2010.

246 Foresight. The future of food and farming: challenges and choices for global sustainability. London: Government Office for Science, 2011.

247 Fanzo JC, Cogill B, Mattei F. Metrics of sustainable diets and food systems. Rome: Bioversity International, 2012.

248 UN Environment Programme. Avoiding future famines: strengthening the ecological basis of food security through sustainable food systems. Nairobi: UN Environment Programme, 2012.

249 Food and Agriculture Organization of the UN. The state of food and agriculture: food systems for better nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization, 2013.

250 Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. How can agriculture and food system policies improve nutrition? Technical brief. London, UK: Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2014.

251 International Panel of Experts on Sustainable Food Systems. The new science of sustainable food systems: overcoming barriers to food systems reform. Brussels: International Panel of Experts on Sustainable Food Systems, 2015.

252 Townsend R. Ending poverty and hunger by 2030: an agenda for the global food system. Washington, DC: World Bank Group, 2015.

253 High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition.

Nutrition and food systems. A report by the high level panel of experts on food security and nutrition of the committee on world food security. Rome: High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition, 2017.

254 IFPRI. Food system transformations: Brazil, Rwanda, and Vietnam: IFRI, Compact 2025 Initiative, 2016.

255 Garnett T, Wilkes A. Appetite for change: social, economic and environmental transformations in China's food system. Oxford: Food Climate Research Network, 2014.

256 Puska P, Nissinen A, Tuomilehto J, et al. The community-based strategy to prevent coronary heart disease: conclusions from the ten years of the North Karelia project. *Annu Rev Public Health* 1985; 6: 147–93.

257 Popkin BM, Hawkes C. Sweetening of the global diet, particularly beverages: patterns, trends, and policy responses. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2016; 4: 174–86.

258 Brandt K. The reconstruction of world agriculture. London: George Allen & Unwin, 1945.

259 Schubert SD, Suarez MJ, Pegion PJ, Koster RD, Bacmeister JT. On the cause of the 1930s Dust Bowl. *Science* 2004; 303: 1855–59.

260 Worster D. Dust bowl: the southern plains in the 1930s. Oxford: Oxford University Press, 2004.

261 Conquest R. The harvest of sorrow: Soviet collectivization and the terror-famine. Oxford: Oxford University Press, 1987.

262 Dreze J, Sen A. Hunger and public action. Oxford: Oxford University Press, 1989.

263 Fogel RW. The escape from hunger and premature death, 1700–2100: Europe, America, and the Third World. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

264 Boyd Orr J. Food, health and income: report on adequacy of diet in relation to income. London: Macmillan & Co, 1936.

- 265 Morgan K, Sonnino R. The school food revolution: public food and the challenge of sustainable development. London: Earthscan; 2008.
- 266 WHO. Global Health Observatory data: HIV Aids. 2018. <http://www.who.int/gho/hiv/en/> (accessed Nov 22, 2018).
- 267 WHO. MPower strategy. 2014. <http://www.who.int/tobacco/mpower/en/> (accessed Nov 22, 2018).
- 268 WHO. WHO plan to eliminate industrially-produced trans-fatty acids from global food supply. Geneva: World Health Organization, 2018.
- 269 Johnston PV, Johnson OC, Kummerow FA. Occurrence of trans fatty acids in human tissue. *Science* 1957; 126: 698–99.
- 270 Willett WC, Stampfer MJ, Manson JE, et al. Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet* 1993; 341: 581–85.
- 271 Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014 synthesis report—summary for policymakers. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.
- 272 Organisation for Economic Cooperation and Development. World energy outlook 2017. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 2017.
- 273 Pinay G, Gascuel C, M. nesguen A, et al. Eutrophication: manifestations, causes, consequences and predictability. Joint scientific appraisal. France: CNRS, Ifremer, INRA, Irstea, 2017.
- 274 Eurostat. Agri-environmental indicator—mineral fertiliser consumption. Brussels: European Commission, 2017.
- 275 European Commission. Science for environment policy. Bristol: European Commission DG Environment News Alert Service, 2014.
- 276 Nuffield Council on Bioethics. Public health: ethical issues. Cambridge: Cambridge Publishers/Nuffield Council on Bioethics, 2007.
- 277 Mozaffarian D, Angell SY, Lang T, Rivera JA. Role of government policy in nutrition—barriers to and opportunities for healthier

eating. *BMJ* 2018; 361: k2426.

278 Lang T, Mason P. Sustainable diets: a bundle of policy problems in search of answers. In: Burlingame B, Dernini S, eds. *Sustainable diets: transdisciplinary imperative*. Wallingford: Centre for Agriculture and Biosciences International, 2018.

279 Stuckler D, Nestle M. Big food, food systems, and global health. *PLoS Med* 2012; 9: e1001242.

280 Lang T, Heasman M. *Food wars: the global battle for mouths, minds and markets*. 2nd edn. Abingdon: Routledge Earthscan, 2015.

281 Sisnowski J, Street JM, Merlin T. Improving food environments and tackling obesity: a realist systematic review of the policy success of regulatory interventions targeting population nutrition. *PLoS One* 2017; 12: e0182581.

282 Rivera JA, Shamah T, Villalpando S, Monterrubio E. Effectiveness of a large-scale iron-fortified milk distribution program on anaemia and iron deficiency in low-income young children in Mexico. *Am J Clin Nutr* 2010; 91: 431–39.

283 Sturm R, Hattori A. Diet and obesity in Los Angeles County 2007–2012. Is there a measurable effect of the 2008 “Fast-Food Ban”? *Soc Sci Med* 2015; 133: 205–11.

284 Shannon J. What does SNAP benefit usage tell us about food access in low-income neighborhoods? *Soc Sci Med* 2014; 107: 89–99.

285 Shively G, Thapa G. Markets, transportation infrastructure, and food prices in Nepal. *Am J Agric Econ* 2017; 99: 660–82.

286 Food and Agriculture Organization of the UN. *Integration of nutrition in agriculture extension services in Africa*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.

287 Food and Agriculture Organization of the UN, WHO. *Second International Conference on Nutrition: better nutrition, better lives*. Rome, Italy; Nov 19–21, 2014. <http://www.fao.org/3/a-ml542e.pdf> (accessed Nov 22, 2018).

288 Economics of Ecosystems And Biodiveristy AgriFood. Scientific and

economic foundations report for the economics of ecosystems and biodiversity (TEEB) for agriculture and food. Geneva: UN Environment Programme, 2018.

289 Niebylski ML, Redburn KA, Duhaney T, Campbell NR. Healthy food subsidies and unhealthy food taxation: A systematic review of the evidence. *Nutrition* 2015; 31: 787–95.

290 Springmann M, Mason-D'Croz D, Robinson S, et al. Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities. *Nat Clim Chang* 2017; 7: 69–74.

291 Thow AM, Jan S, Leeder S, Swinburn B. The effect of fiscal policy on diet, obesity and chronic disease: a systematic review. *Bull World Health Organ* 2010; 88: 609–14.

292 Alderman H. Leveraging social protection programs for improved nutrition: summary of evidence prepared for the Global Forum on Nutrition-Sensitive Social Protection Programs, 2015. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank, 2016.

293 Frelat R, Lopez-Ridaura S, Giller KE, et al. Drivers of household food availability in sub-Saharan Africa based on big data from small farms. *Proc Natl Acad Sci USA* 2016; 113: 458–63.

294 Torero M. Alternative mechanisms to reduce food price volatility and price spikes: policy responses at the global level. In: Kalkuhl M, Von Braun J, Torero M, eds. *Food price volatility and its implications for food security and policy*. Cham: Springer, 2016.

295 WHO. Global action plan for the prevention and control of NCDs 2013–2020. Geneva: World Health Organization, 2013.

296 UN General Assembly. High Level Meeting on Prevention and Control of Non-communicable Diseases. New York, NY: UN General Assembly, 2011.

297 WHO. Set of recommendations on the marketing of foods and non-alcoholic beverages to children. Geneva: World Health Organization 2010.

- 298 WHO. Report of the Commission on Ending Childhood Obesity. Geneva: World Health Organization, 2016.
- 299 Swinburn B, Sacks G, Vandevijvere S, et al. INFORMAS (International Network for Food and Obesity/non-communicable diseases Research, Monitoring and Action Support): overview and key principles. *Obes Rev* 2013; 14 (suppl 1): 1–12.
- 300 Garnett T, Mathewson S, Angelides P, Borthwick F. Policies and actions to shift eating patterns: what works? London: Food Climate Research Network, Chatham House, 2015.
- 301 Gonzalez-Fischer C, Garnett T. Plates, pyramids and planets. Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN and University of Oxford, 2016.
- 302 Mason P, Lang T. Sustainable diets: how ecological nutrition can transform consumption and the food system. Abingdon: Routledge Earthscan, 2017.
- 303 WWF. One planet plate—meals for a living planet. 2017. <http://www.wwf.se/wwfs-arbete/mat/one-planet-plate/1728842-oneplanet-plate-start> (accessed March 12, 2018).
- 304 Ranganathan J, Vennard D, Waite R, et al. Shifting diets for a sustainable future. Washington, DC: World Resources Institute, 2016.
- 305 Culinary Institute of America, Harvard School of Public Health. Menus of change initiative. 2013. <http://www.menusofchange.org/> (accessed Sept 15, 2019).
- 306 Chefs Manifesto. Food is life: the global goals. Stockholm: Chefs Manifesto Network, 2017.
- 307 Relais et Chateau. UNESCO. Le Manifeste: un monde meilleur, par la table et l'hospitalit.. Paris: Relais et Chateau, 2014.
- 308 Nordic Co-operation. The new Nordic food manifesto. 2004. <http://www.norden.org/en/theme/ny-nordisk-mad/the-new-nordicfood-manifesto> (accessed June 10, 2017).

- 309 Sustainable Restaurants Association. One planet plate. London: Sustainable Restaurants Association, 2018.
- 310 Birch LL. Development of food acceptance patterns in the first years of life. *Proc Nutr Soc* 1998; 57: 617–24.
- 311 Development Initiatives. Global Nutrition Report 2017: nourishing the SDGs. Bristol, UK: Development Initiatives, 2017.
- 312 Fung TT, Isanaka S, Hu FB, Willett WC. International food group-based diet quality and risk of coronary heart disease in men and women. *Am J Clin Nutr* 2018; 107: 120–29.
- 313 International Food Policy Research Institute. Improving diet quality and micronutrient nutrition. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2009.
- 314 Herrero M, Thornton PK, Power B, et al. Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis. *Lancet Planet Health* 2017; 1: e33–42.
- 315 Gillespie S, van den Bold M. Agriculture, food systems, and nutrition: meeting the challenge. *Global Challenges* 2017; 1: 1600002.
- 316 Dangour AD, Hawkesworth S, Shankar B, et al. Can nutrition be promoted through agriculture-led food price policies? A systematic review. *BMJ Open* 2013; 3: e002937.
- 317 Smith J, Sones K, Grace D, MacMillan S, Tarawali S, Herrero M. Beyond milk, meat, and eggs: role of livestock in food and nutrition security. *Anim Front* 2013; 3: 6–13.
- 318 Herrero M, Havlik P, Valin H, et al. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013; 110: 20888–93.
- 319 Eating Better Alliance. Eating better for a fair green healthy future. <http://www.eating-better.org/> (accessed Nov 29, 2017).
- 320 Brauman KA, Siebert S, Foley JA. Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security—a global analysis. *Environ Res Lett* 2013; 8: 024030.

- 321 Geerts S, Raes D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric Water Manage* 2009; 96: 1275–84.
- 322 Fisher M, Abate T, Lunduka RW, Asnake W, Alemayehu Y, Madulu RB. Drought tolerant maize for farmer adaptation to drought in sub-Saharan Africa: determinants of adoption in eastern and southern Africa. *Clim Change* 2015; 133: 283–99.
- 323 Seufert V, Ramankutty N, Foley JA. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 2012; 485: 229–32.
- 324 Robertson GP, Vitousek PM. Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. *Annu Rev Environ Resour* 2009; 34: 97–125.
- 325 Chadwick D, Wei J, Yan'an T, Guanghui Y, Qirong S, Qing C. Improving manure nutrient management towards sustainable agricultural intensification in China. *Agric Ecosyst Environ* 2015; 209: 34–46.
- 326 Schoumans OF, Chardon WJ, Bechmann ME, et al. Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: a review. *Sci Total Environ* 2014; 468–469: 1255–66.
- 327 Nesme T, Colomb B, Hinsinger P, Watson CA. Soil phosphorus management in organic cropping systems: from current practices to avenues for a more efficient use of P resources. *Organic farming, prototype for sustainable agricultures*. Dordrecht: Springer; 2014: 23–45.
- 328 Norton R, Davidson E, Roberts T. Nitrogen use efficiency and nutrient performance indicators. *Global Partnership on Nutrient Management* 2015.
- 329 European Commission. Report from the Commission to the Council and the European Parliament on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based

on Member State reports for the period 2008–2011. Brussels, 2013.

330 Druilhe Z, Barreiro-Hurl. J. Fertilizer subsidies in sub-Saharan Africa: ESA Working paper, 2012.

331 Ricketts TH, Daily GC, Ehrlich PR, Michener CD. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004; 101: 12579–82.

332 Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *J Appl Ecol* 2003; 40: 837–45.

333 Porter-Bolland L, Ellis EA, Guariguata MR, Ruiz-Mall.n I, Negrete-Yankelevich S, Reyes-Garc.a V. Community managed forests and forest protected areas: an assessment of their conservation effectiveness across the tropics. *For Ecol Manage* 2012; 268 (suppl C): 6–17.

334 Robinson BE, Holland MB, Naughton-Treves L. Does secure land tenure save forests? A meta-analysis of the relationship between land tenure and tropical deforestation. *Glob Environ Change* 2014; 29: 281–93.

335 Ostrom E, Nagendra H. Insights on linking forests, trees, and people from the air, on the ground, and in the laboratory. *Proc Natl Acad Sci USA* 2006; 103: 19224–31.

336 Lambin EF, Meyfroidt P, Rueda X, et al. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Glob Environ Change* 2014; 28: 129–40.

337 Bennett EM, Peterson GD, Gordon LJ. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecol Lett* 2009; 12: 1394–404.

338 le Polain de Waroux Y, Garrett RD, Heilmayr R, Lambin EF. Land-use policies and corporate investments in agriculture in the Gran Chaco and Chiquitano. *Proc Natl Acad Sci USA* 2016; 113: 4021–26.

339 Phalan B, Green RE, Dicks LV, et al. Conservation ecology. How can higher-yield farming help to spare nature? *Science* 2016;

351: 450–51.

340 Chazdon RL, Brancalion PH, Lamb D, Laestadius L, Calmon M, Kumar C. A Policy-driven knowledge agenda for global forest and landscape restoration. *Conserv Lett* 2017; 10: 125–32.

341 Crouzeilles R, Ferreira MS, Chazdon RL, et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Sci Adv* 2017; 3: e1701345.

342 Convention on Biological Diversity. Aichi biodiversity targets. <https://www.cbd.int/sp/targets/> (accessed Nov 20, 2017).

343 Soto D, Aguilar-Manjarrez J, Brugere C, et al. Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. In: Soto D, Aguilar-Manjarrez J, Hishamunda H (eds). *Building an ecosystem approach to aquaculture*. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop; Palma de Mallorca, Spain; May 7–11, 2007. *Fish Aquac Proc* 2008; 14: 15–35.

344 Staples D, Funge-Smith S. *Ecosystem approach to fisheries and aquaculture: implementing the FAO code of conduct for responsible fisheries*. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the UN Regional Office for Asia and the Pacific, 2009.

345 Food and Agriculture Organization of the UN. *Code of conduct for responsible fisheries*. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 1995.

346 Clark CW, Munro GR, Sumaila UR. Subsidies, buybacks, and sustainable fisheries. *J Environ Econ Manage* 2005; 50: 47–58.

347 Sumaila UR, Lam VW, Miller DD, et al. Winners and losers in a world where the high seas is closed to fishing. *Sci Rep* 2015; 5: 8481.

348 Crona BI, Daw TM, Swartz W, et al. Masked, diluted and drowned out: how global seafood trade weakens signals from marine ecosystems. *Fish Fish* 2016; 17: 1175–82.

349 Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Van Otterdijk R,

Meybeck A. Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2011.

350 High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Investing in smallholder agriculture for food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2013.

351 Food and Agriculture Organization of the UN. Food loss and waste reduction: agro-industries brief. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2015.

352 Committee on World Food Security. Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN, 2014.

353 Sidhu K. Participation pattern of farm women in post harvesting. Stud Home Comm Sci 2007; 1: 45–49.

354 Niles MT, Ahuja R, Barker T, et al. Climate change mitigation beyond agriculture: a review of food system opportunities and implications. Renew Agric Food Syst 2018; 33: 297–308.

355 UN Standing Committee on Nutrition. Sustainable diets for healthy people and a healthy planet. Rome: UNSCN, 2017.

356 UN General Assembly. United Nations Framework Convention on Climate Change: resolution/adopted by the General Assembly, 1994.

357 WHO. WHO Framework Convention on Tobacco Control, 2003.