



Глобальное ПОТЕПЛЕНИЕ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Поврежденная засухой кукуруза в юго-западном районе Зимбабве.

Уильям Р. Клайн

В РОМАНЕ Джона Стейнбека «Гроздь гнева» представлена картина американской жизни в засушливых юго-западных районах страны в 1930-х годах, повествующая о том, как жители Оклахомы и Техаса покидают уничтоженные пыльной бурей фермерские хозяйства и перебираются в не столь уж обетованную землю — Калифорнию. Этот исторический опыт, а также, возможно, засуха библейских масштабов, охватившая Австралию в настоящее время, должны предостеречь разработчиков экономической политики всех стран о тех рисках, которым может подвергнуться мировое сельское хозяйство в более жарком и сухом мире к концу нынешнего столетия вследствие продолжающегося глобального потепления.

В длинном списке потенциальных проблем, связанных с глобальным потеплением, риски для мирового сельского хозяйства выделяются в числе наиболее значительных. Однако в последние годы в исследованиях по экономике изменения климата наметилась тенденция к тому, чтобы преуменьшать

значение этого риска и даже утверждать, что потепление на несколько градусов Цельсия может пойти на пользу мировому сельскому хозяйству. Но в таких исследованиях обычно рассматривается слишком короткий временной горизонт (как правило, примерно до 2050 года). Кроме того, в них основное внимание уделяется изменению общей температуры (включая океаны), а не изменениям температуры над поверхностью земли (которая нагревается быстрее, чем вода) — и особенно сельскохозяйственной земли.

Широко признано, что развивающиеся страны в целом могут понести больший ущерб от воздействия глобального потепления на сельское хозяйство, чем промышленно развитые страны. Большинство развивающихся стран имеют меньше возможностей адаптироваться к изменениям, чем их более богатые соседи. Большинство таких стран расположено в более жарких регионах мира, где температура уже близка к пороговым значениям, за пределами которых потепление приводит к сокращению, а не увеличению сельскохозяйст-

Если не будут приняты меры к сокращению выбросов углерода, производительность сельского хозяйства может резко сократиться, особенно в развивающихся странах

венного производства, или превышает эти значения. И сельское хозяйство занимает большую долю в их экономике, чем в промышленно развитых странах. Однако трудно оценить, в какой именно степени будут затронуты отдельные страны.

По этой причине было предпринято исследование (Cline, 2007), с тем чтобы получить более точную долгосрочную оценку общемировых последствий, исходя из текущей политики (так называемый базисный сценарий или сценарий при обычных условиях), а также определить вероятное воздействие на отдельные страны и регионы. Временной горизонт простирается в среднем до 2070–2099 годов, называемых «2080-ми годами». Имеются сопоставимые прогнозы, полученные при помощи климатических моделей для этого периода, который рассчитан на достаточно отдаленное будущее, чтобы могло фактически проявиться значительное глобальное потепление и потенциальный ущерб, но достаточно близок к настоящему, чтобы вызывать озабоченность общественности.

Влияние климата на сельское хозяйство

Изменение климата может влиять на сельское хозяйство различными путями. За пределами определенного диапазона температур потепление, как правило, приводит к снижению урожайности, так как развитие сельскохозяйственных культур ускоряется, и в процессе этого сокращается объем производимого зерна. Кроме того, более высокие температуры нарушают способность растений получать и использовать влагу. Испарение из почв ускорится при повышении температуры и увеличении транспирации, то есть выделении влаги листьями растений. Совокупный эффект называется «эвапотранспирацией» (суммарным испарением). Поскольку глобальное потепление, как правило, приводит к увеличению атмосферных осадков, чистое воздействие более высоких температур на водообеспеченность — это результат «состязания» между повышенным суммарным испарением и большим выпадением осадков. В этом состязании обычно побеждает суммарное испарение.

Но одна из главных причин изменения климата — выбросы углерода — может также оказывать положительное воздействие на сельское хозяйство благодаря ускорению фотосинтеза многих важных сельскохозяйственных культур (так называемые культуры типа С3, такие как пшеница, рис и соевые бобы). Научные данные, впрочем, отнюдь не подтверждают преимущества углеродного питания. Однако известно, что это явление не оказывает положительного воздействия на культуры типа С4 (такие как сахарный тростник и кукуруза), которые по стоимости составляют примерно четверть всех сельскохозяйственных культур.

Числовые расчеты

Для того чтобы оценить, применительно к конкретной стране, воздействие глобального потепления на сельское хозяйство в случае неограниченного роста выбросов углерода, в исследовании применялось сочетание двух наборов существующих моделей — один из области климатологии, а другой из области агрономии и экономики. При помощи шести ведущих климатологических моделей были получены оценки будущих изменений температуры и количества осадков на уровне детализации, как правило, соответствующей примерно 2000 географических территорий, или ячеек сетки. Эти изменения были добавлены к информации о климате в настоящее время (примерно 22 000 территориальных ячеек) и затем усреднены для получения согласованного прогноза климата на уровне детализации, соответствующем примерно 4000 территориальных ячеек. Эти оценки были введены в агроэкономические модели воздействия на производство сельскохозяйственных культур для получения оценок урожайности, которые затем были усреднены на уровне стран и регионов.

Таблица 1

Становится жарче

Если выбросы углерода будут продолжаться с неослабной силой, к 2080-м годам температура материковой поверхности и сельскохозяйственных земель резко возрастет, . . .

	Материковая поверхность	Сельскохозяйственные земли
Базовые уровни:		
Температура ¹	13,15	16,20
Осадки ²	2,20	2,44
К 2080-м годам:		
Температура	18,10	20,63
Осадки	2,33	2,51

. . . и производительность сельского хозяйства снизится во всем мире, но наиболее резко — в развивающихся странах. (Процентное изменение потенциального объема производства сельского хозяйства)

	Без учета УП ³	С учетом УП ⁴
Весь мир		
Взвешенный по объему производства	-16	-3
Взвешенный по численности населения	-18	-6
Медианное значение по странам	-24	-12
Промышленно развитые страны	-6	8
Развивающиеся страны ⁵	-21	-9
Медиана	-26	-15
Африка	-28	-17
Азия	-19	-7
Ближний Восток и Северная Африка	-21	-9
Латинская Америка	-24	-13

Источник: Cline (2007).

¹Среднедневная температура в градусах Цельсия.

²Осадки измеряются в миллиметрах в день.

³Исходя из предположения об отсутствии положительного влияния повышенного содержания двуокси углерода в атмосфере (углеродного питания, УП) на урожайность сельскохозяйственных культур.

⁴Исходя из предположения о наличии положительного воздействия повышенного углеродного питания на урожайность.

⁵За исключением Европы.

Все шесть моделей показывают, что удвоение атмосферной концентрации углерода приводит к итоговому общему потеплению на 3,3° Цельсия. Это приблизительно соответствует составленной Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) ООН оценке того, что называется «чувствительностью климата», или уровня долгосрочного глобального потепления, которого можно ожидать в результате удвоения содержания двуокси углерода в атмосфере по сравнению с доиндустриальным периодом — признак того, что модели позволяют получить прогнозы господствующей тенденции.

Для построения этих оценок в климатологические модели были введены базисные прогнозы выбросов из наиболее широко используемого сценария в Третьем аналитическом обзоре МГЭИК, проведенном в 2001 году. В настоящее время годовые выбросы ископаемого топлива составляют примерно 7 млрд тонн углеводорода. Согласно базисной оценке МГЭИК, он увеличится примерно до 16 млрд к 2050 году и 29 млрд к 2100 году, отчасти в связи с более интенсивным использованием угля. Соответствующие показатели атмосферной концентрации двуокси углерода достигнут 735 частей на миллион (част/млн) к 2085 году, по сравнению с доиндустриальным уровнем в 280 част/млн и нынешним уровнем в 380 част/млн.

В проведенном исследовании весь мир подразделится на 116 стран и регионов. Шесть климатических моделей предсказывают, что к 2080-м годам средняя температура земной поверхности повысится примерно на 5° Цельсия при взвешивании по площади материковой поверхности и примерно на 4,4° Цельсия при взвешивании по площади сельскохозяйственных земель (см. верхнюю панель таблицы 1). Это выше глобального среднего потепления на 3° Цельсия, так как материковая поверхность нагревается сильнее, чем океаны. Количество выпадаемых осадков также увеличивается, но лишь примерно на 3 процента.

Затем прогнозы изменения климата применяются к моделям воздействия на сельское хозяйство, с тем чтобы составить два набора оценок влияния климатических изменений на производительность сельского хозяйства. Один из наборов, «сельскохозяйственные модели», увязывают объем производства сельскохозяйственной продукции с качеством земли, климатом, количеством вносимых удобрений и так далее (Rosenzweig and Iglesias, 2006). Другой набор, «рикардианские модели», позволяют статистически вывести влияние температуры и осадков на производительность сельского хозяйства путем анализа взаимосвязи между ценой на землю и климатом — производительность сельского хозяйства повышается по мере изменения температур от холодных к теплым, а затем снижается при их изменении от теплых к жарким (Mendelson and Schlesinger, 1999). Модели, увязывающие данные о стоимости земли или чистым доходам по странам или фермерским хозяйствам с такими факторами, как качество почв, а также температура и количество дождевых осадков, в настоящее время имеются по Канаде, США, Японии, Индии и многим странам Африки и Латинской Америки. Оба набора моделей, как правило, дают схожие результаты. В исследовании эти наборы моделей были объединены для построения согласованной оценки урожайности сельскохозяйственных культур как при условии, что увеличение содержания двуокси углерода не оказывает положительного влияния на урожайность, так и исходя из предположений о наличии положительных эффектов углеродного питания растений.

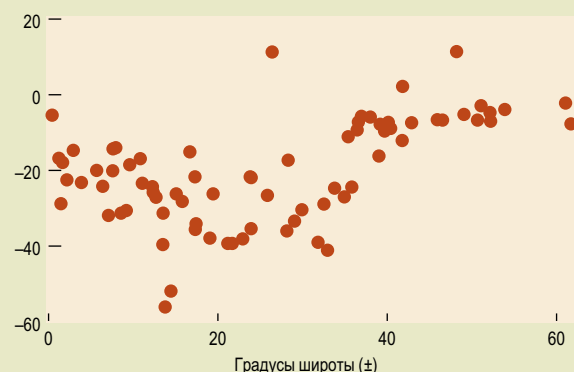
Влияние на урожайность сельскохозяйственных культур

Полученные результаты не подтверждают оптимистическую точку зрения. В глобальном масштабе общее влияние глобального потепления в рамках базисного сценария к 2080 году

Расплата за солнце

Чем ближе страна к экватору, тем больше вероятность того, что ее сельское хозяйство пострадает от глобального потепления.

(Изменение потенциальной производительности сельского хозяйства, в проц.)



Источник: Cline (2007).

Примечание. Каждая точка представляет страну.

выразится в снижении производительности сельского хозяйства (объема производства в расчете на гектар) на 16 процентов без учета углеродного питания и 3 процента — если выгоды от углеродного питания фактически материализуются, при взвешивании результатов по объему производства (см. нижнюю панель таблицы 2). Потери возрастают при взвешивании по численности населения или по странам.

Потери существенно сконцентрированы в развивающихся странах. Если в промышленно развитых странах результаты составляют диапазон от 6-процентных потерь без учета углеродного питания до 8-процентной прибыли с учетом этого фактора, регионы развивающихся стран несут потери в размере от 25 процентов без учета углеродного питания до 10–15 процентов при включении углеродного питания. В развивающихся странах средние потери составили бы 15–26 процентов, а средние потери, взвешенные по объему производства — 9–21 процент. В некоторых из беднейших стран потери могут достигнуть катастрофических уровней (более 50 процентов в Сенегале и Судане).

В общем случае ущерб будет больше в странах, расположенных ближе к экватору (см. рис. 1), где температуры уже во многих случаях приближаются к предельно допустимым для сельского хозяйства уровням. Имеет значение также высота над уровнем моря, на которой расположена страна. Например, из-за большей высоты над уровнем моря и более низких средних температур Уганда может понести меньшие потери (17 процентов без учета углеродного питания), чем Буркина-Фасо (24 процента), даже несмотря на то, что последняя расположена примерно на 10 градусов севернее от экватора. Притом, что самые большие потери сосредоточены в более низких широтах, выгоды — там, где они имеют место, — тяготеют к более высоким широтам. В отсутствие какого бы то ни было положительного эффекта от углеродного питания наиболее сильно будут затронуты страны в Африке, Латинской Америке и Южной Азии, хотя снижение производительности сельского хозяйства будет зарегистрировано в большинстве регионов мира (см. карту 1). Изменят ли существенно ситуацию к лучшему выгоды от углеродного питания? Ответ: и да, и нет. Результаты для стран Африки, Латинской Америки и Южной Азии по-прежнему будут весьма негативными, хотя в ряде отдельных стран и субрегионов ситуация будет намного лучше (см. карту 2).

При более детальной разбивке по странам и регионам исследование показывает следующее (см. таблицу 2):

В Южной Америке крупномасштабные потери могут понести Аргентина и Бразилия, если эффект углеродного пита-

Таблица 2

Ситуация в отдельных странах

Независимо от того, строится ли прогноз воздействия климатических изменений при помощи экономических или агрономических моделей, потери несут почти все страны.

(Процентное изменение производительности сельского хозяйства)

	Рикардианская модель ¹	Сельскохозяйственная модель ¹	Взвешенное среднее	
			Без учета УП	С учетом УП
Аргентина	-4	-18	-11	2
Бразилия	-5	-29	-17	-4
США	5	-16	-6	8
Юго-западные равнины	-11	-59	-35	-25
Индия	-49	-27	-38	-29
Китай	4	-13	-7	7
Южно-центральный	-19	-13	-15	-2
Мексика	-36	-35	-35	-26
Нигерия	-12	-25	-19	-6
Южная Африка	-47	-20	-33	-23
Эфиопия	-31	-31	-31	-21
Канада	0	-4	-2	12
Испания	-4	-11	-9	5
Германия	14	-11	-3	12
Россия	0	-15	-8	6

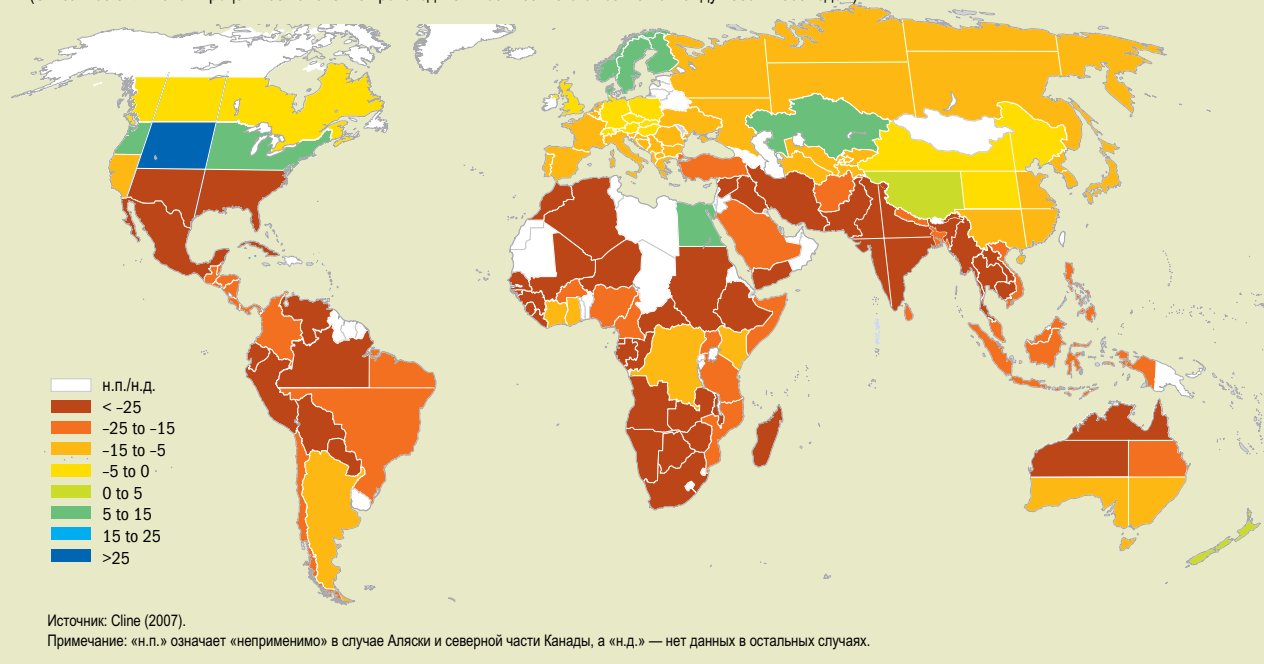
Источник: Cline (2007).

Примечание. Рикардианская модель позволяет статистически увязать вклад температуры и осадков в производительность сельского хозяйства путем анализа взаимосвязи между ценой на землю и климатом, тогда как сельскохозяйственные модели соотносят объем сельскохозяйственного производства с качеством земли, количеством вносимых удобрений и т.д.

¹Без учета эффектов углеродного питания (УП).

Ситуация без учета углеродного питания

При отсутствии положительных эффектов повышенного содержания двуокси углерода объем сельскохозяйственного производства сокращается почти во всех странах, а в катастрофических масштабах — в районах, более близких к экватору. (Связанное с климатом процентное изменение производительности сельского хозяйства между 2003 и 2080 годом)



ния не материализуется, а Бразилия понесет умеренные потери даже при включении эффекта углеродного питания, хотя в Аргентине ситуация будет лучше.

В *Северной Америке* существуют огромные различия между севером и югом. В *США* общий результат будет составлять в среднем от 6-процентного общего снижения без учета углеродного питания до 8-процентного повышения при его наличии. Но за этими средними значениями скрываются крупные потенциальные потери на юго-востоке страны и в районе юго-западных равнин, где средневзвешенный результат, полученный при помощи рикардиянской и сельскохозяйственной моделей, отражает потери в диапазоне от 25 процентов при наличии выгоды от углеродного питания до 35 процентов в отсутствие такой выгоды. В *Канаде*, как и в *США*, наблюдаются небольшие потери без учета углеродного питания и умеренные выгоды при наличии положительных эффектов от него. А результат по *Мексике* — потери в размере 25–35 процентов.

Африка понесет крупные потери. Потери *Нигерии* составляют от 6 до 19 процентов, а потери *Южной Африки* и *Эфиопии* — значительно больше.

В *Европе Германия* несет небольшие потери без учета углеродного питания и получает умеренные выгоды при его учете. Результаты по *Испании* несколько менее благоприятны, что еще раз отражает роль широтного расположения. В случае *России* производительность снижается на 8 процентов без учета углеродного питания, а с учетом него *Россия* получает выгоды в размере 6 процентов.

В *Азии* две крупнейшие и наиболее динамично развивающиеся страны составляют разительный контраст. Наиболее тревожные результаты, рассматриваемые как отдельный набор, получены по *Индии*: потери составляют от примерно 30 до 40 процентов. Диапазон по *Китаю* был бы более умеренным: от 7-процентных потерь до 7-процентной прибыли. Результаты по Китаю схожи с результатами по *США*: в обеих

странах средние эффекты относительно нейтральны, но южные регионы несут значительные потери. Контраст с *Индией* четко обусловлен расположением *Индии* ближе к экватору. И в *Китае*, и в *США* центр широт находится примерно на уровне 38° северной широты, а в *Индии* центр широт находится на уровне примерно 22° северной широты.

Спасение — в технологиях?

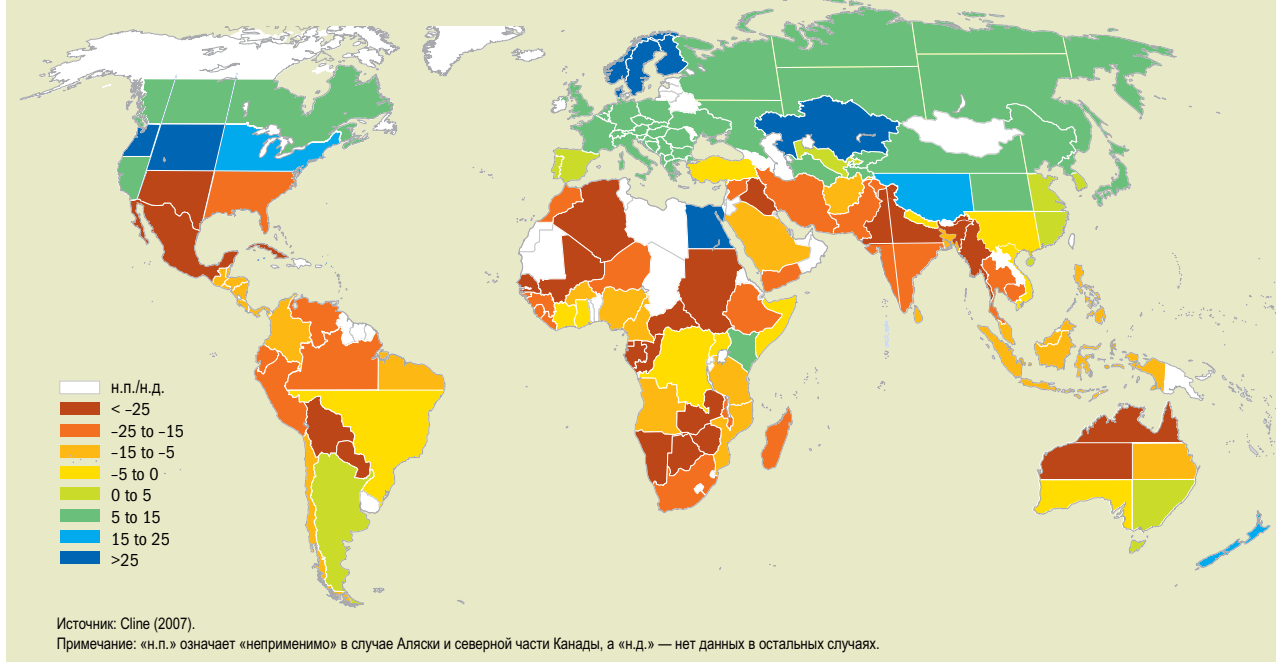
Некоторые утверждают, что быстрые технологические изменения позволят к концу текущего столетия настолько увеличить урожайность сельского хозяйства, что любое сокращение, вызываемое глобальным потеплением, будет с лихвой компенсировано. Но технологические изменения являются ложной панацеей по ряду причин.

Во-первых, «зеленая революция» уже замедлилась. Расчеты, основанные на данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, показывают, что урожайность зерновых культур, которая в 1960-е и 1970-е годы ежегодно возрастала на 2,7 процента, в последние четверть века увеличивалась лишь на 1,6 процента в год. Хотя рост цен на сельскохозяйственную продукцию может создать стимулы, которые замедлят это сокращение или обратят его вспять, такая обратная реакция не гарантирована.

Во-вторых, даже если дальнейшего замедления не последует, весьма вероятно, что рост спроса на продукты питания и рост объема производства будут проходить почти одинаковыми темпами. Глобальный спрос на продукты питания, как ожидается, утроится к 2080-м годам из-за увеличения численности мирового населения и повышения доходов. Кроме того, представляется вероятным, что значительная доля земельных площадей будет переведена под производство биомассы для этанолового топлива. Как следствие, спрос и предложение находятся в довольно шатком равновесии, которое существенно ухудшилось бы в случае крупного негативного шока, связанного с глобальным потеплением.

Ситуация с учетом углеродного питания

Если некоторые культуры выиграют от повышенного содержания двуокиси углерода, глобальное воздействие является менее тяжелым, а в районах, более удаленных от экватора, может наблюдаться некоторое повышение производительности сельского хозяйства. (Связанное с климатом процентное изменение производительности сельского хозяйства между 2003 и 2080 годами)



Ставки высоки

Оценки, полученные в результате исследования, подчеркивают значение скоординированных международных действий, направленных на ограничение выбросов двуокиси углерода и предотвращение потепления и потерь, которые, по всей вероятности, возникнут при отсутствии таких действий, и не только в сельском хозяйстве, но и в связи с подъемом уровня моря и повышением интенсивности ураганов, в числе прочего.

Кроме того, весьма вероятно, что фактические глобальные потери будут больше, чем показано в настоящей статье. Ни сельскохозяйственная, ни рикардианская модель не могут учесть влияния того, что, по всей вероятности, проявится в виде увеличения частоты экстремальных погодных условий, таких как засухи и наводнения, а также нашествий насекомых-вредителей. Эти оценки также не учитывают сельскохозяйственных потерь, связанных с подъемом уровня моря, — важное соображение в таких странах, как Бангладеш и Египет. В более принципиальном плане, представляя картину ситуации в 2080-х годах, оценки не охватывают гораздо более значительный ущерб, которого можно ожидать от еще более серьезного глобального потепления, которое может произойти к XXII веку, если не принять мер к сокращению выбросов углерода.

Развивающиеся страны подвергаются наибольшему риску, поэтому, несомненно, в их собственных интересах активно участвовать в международных программах по борьбе с загрязнением окружающей среды. Китай уже производит больше выбросов двуокиси углерода, чем страны Европейского союза, и вскоре опередит по этому показателю США. Глобальные выбросы в развивающихся странах (в том числе связанные с лесосреблением) уже равны по величине выбросам в промышленно развитых странах и продолжают быстро увеличиваться.

Поразительно, что две крупнейшие развивающиеся страны, Индия и Китай, по-видимому, имеют потенциально противоположные интересы в отношении к международным усилиям по борьбе с загрязнением окружающей среды. Китай, с его в целом нейтральными или даже положительными

ми эффектами для сельского хозяйства, может быть меньше заинтересован в международных усилиях по ограничению выбросов, чем Индия, которая может понести серьезные потери, если не будут внесены изменения в глобальную политику в отношении выбросов. Но даже в Китае некоторые субрегионы подвергаются риску.

Отрадно, что на Конференции ООН по изменению климата, состоявшейся в декабре 2007 года в Бали, Индонезия, государства договорились о проведении переговоров, направленных на заключение нового международного соглашения, которое заменит собой Киотский протокол к 2009 году. Из двух промышленно развитых стран, отказавшихся подписать Киотское соглашение, Австралия, где недавно произошла смена правительства, подписала соглашение, а в США ведущие кандидаты в президенты от обеих партий призывают к относительно резкому сокращению выбросов двуокиси углерода США. Если ведущие развивающиеся страны, такие как Бразилия, Индия и Китай также станут более склонны принимать меры по сокращению выбросов, новые переговоры могут заложить основу для принятия серьезных международных мер по борьбе с загрязнением окружающей среды в пост-Киотский период. ■

Уильям Р. Клайн — старший научный сотрудник в Институте международной экономики Петерсона и Центре глобального развития.

Литература:

Cline, William R., 2007, *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country* (Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics).

Rosenzweig, Cynthia, and Ana Iglesias, 2006, "Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply: Data Sets from a Major Crop Modeling Study"; <http://sedac.ciesin.columbia.edu>; accessed August 9, 2006.

Mendelsohn, Robert, and Schlesinger, Michael E., 1999, "Climate Response Functions," *Ambio*, Vol. 28 (June), pp. 362–66.