
ОГРАНИЧЕНИЯ КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА И УСТОЙЧИВОСТЬ БИОСФЕРЫ*

А.И. Курбатова¹, А.М. Тарко²

¹Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское ш., 8/5, Москва, Россия, 113093

²Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН
ул. Вавилова, 40, Москва, Россия, 119333

В статье рассмотрена взаимосвязь Киотского протокола и возможности устойчивого развития биосферы.

Ключевые слова: Киотский Протокол, ограничения Киотского Протокола, устойчивое развитие биосферы.

Согласно Киотскому протоколу к Рамочной конвенции ООН об изменении климата [1] страны к 2010 г. должны уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу до уровня на 5% ниже промышленных выбросов CO₂ в 1990 г. Выбросы стран, участвовавших в подписании протокола, в 1990 г. составляли около 61% всех выбросов CO₂. Рассмотрим, какой эффект могут дать различные ограничения, приводящие к уменьшению выбросов CO₂.

На рис. 1 представлены результаты расчетов динамики биосферы в 1860—2100 гг. Рассматривались следующие сценарии.

Реализованный базовый сценарий антропогенных воздействий (на рисунке — «Нет ограничения выбросов»).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. вырубка лесов и эрозия почв прекращаются («Прекращение вырубки и эрозии»).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. страны выполняют Киотский протокол за исключением США («Киото протокол при неучастии США»).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. страны выполняют Киотский протокол за исключением США, при этом страны ЕС к 2020 г. приводят свои выбросы до значений на 20% меньше уровня 1990 г. («Киото и ЕС при неучастии США»).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. страны выполняют Киотский протокол («Киото протокол выполняется»).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. страны выполняют Киотский протокол, а страны ЕС к 2020 г. приводят свои выбросы до значений на 20% меньше уровня 1990 г. («Киото протокол и ЕС выполняются»).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. все страны мира выполняют Рамочную конвенцию о стабилизации климата (сокращают выбросы до величины на 5% меньше, чем в 1990 г.) («Все страны выполняют Конвенцию»).

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-01-00575).

Базовый сценарий, но начиная с 2010 г. все страны мира выполняют Рамочную конвенцию о стабилизации климата и все страны, включая страны ЕС, начиная с 2020 г. приводят свои выбросы до значений на 20% меньше уровня 1990 г. («Все страны выполняют Конвенцию и ЕС»).

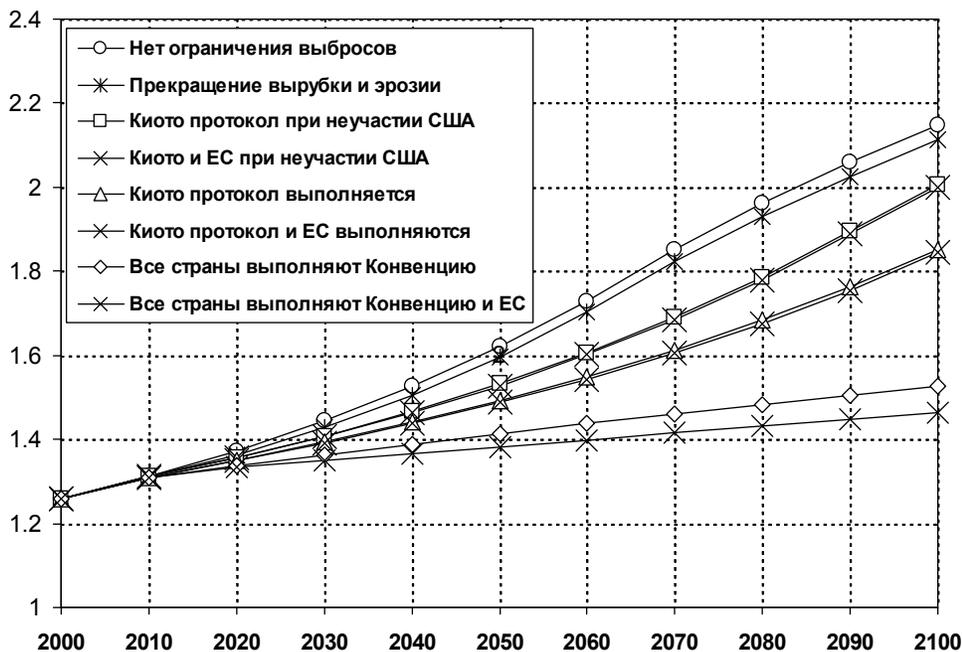


Рис. 1. Расчет различных сценариев уменьшения выбросов CO₂ в атмосферу.

По вертикальной оси изображено относительное количество CO₂ в атмосфере (по отношению к 1860 г.)

Действие ограничений величины выбросов дает следующие результаты замедлений роста CO₂.

1. Если Киотский протокол будет выполняться всеми участвующими в нем странами, то это приведет к тому, что концентрация CO₂ в атмосфере к 2100 г. окажется на 16% меньше по сравнению с невыполнением ограничений (т.е. рост CO₂ будет в первом случае в 2,15 раза а во втором — 1,85 раза). Мы видим, что эффект не очень сильный. Решение стран ЕС дополнительно к этому уменьшить выбросы CO₂ приведет к сокращению концентрации двуокиси углерода лишь на 1%. На фоне слабого сокращения роста CO₂ всеми странами Киотского протокола сокращение в результате решения стран ЕС сократить выбросы после 2020 г. выглядит совсем крошечным.

2. Отказ США, одного из участников Киотского протокола, участвовать в его выполнении приведет к заметно меньшему сокращению концентрации CO₂ — она сократится лишь на 7,4% по сравнению с отсутствием ограничений (т.е. рост CO₂ будет не в 2,15 раза, а в 2,0 раза). При этом решение стран ЕС сократить выбросы в 2020 г. «дополнительно» сократит CO₂ всего на 2,8%. И то, и другое сокращение весьма мало.

3. Если бы рамочная конвенция о стабилизации климата выполнялась всеми странами мира (гипотетический вариант, когда все страны мира решили бы участвовать в сокращении выбросов), то концентрация CO_2 в атмосфере к 2100 г. оказалась бы на 29% меньше по сравнению с невыполнением ограничений (т.е. рост CO_2 будет не в 2,15 раза а в 1,52 раза). Соответственно, дополнительное сокращение выбросов всеми странами с 2020 г. на 20% приведет росту выбросов лишь в 1,46 раза, т.е. еще на 4%.

4. Влияние прекращения вырубки и эрозии дает самый слабый эффект — уменьшение CO_2 на 1,7% по сравнению с базовым сценарием.

Для сравнения значения разных видов ограничений выбросов примем за 100% сокращение роста CO_2 в случае выполнения Киотского протокола к 2100 г. по сравнению с базовым сценарием (рис. 2). Тогда выполнение странами ЕС своего решения по уменьшению выбросов с 2020 г. добавит 3% к замедлению роста выбросов. Это весьма небольшая величина. Выполнение Киотского протокола при неучастии США дает 48% сокращения выбросов — видно, что это малая величина, и остается надеяться на то, что США, выполняя свою собственную программу по ограничению выбросов, добьются заметных успехов. Дополнительный учет сокращения выбросов странами ЕС при неучастии США дает 2% (с 48% до 50%) сокращению, что также является малой величиной. Прекращение вырубки лесов и эрозии почв даст лишь 12% уменьшения концентрации CO_2 по сравнению с базовым сценарием (отсутствием ограничений).

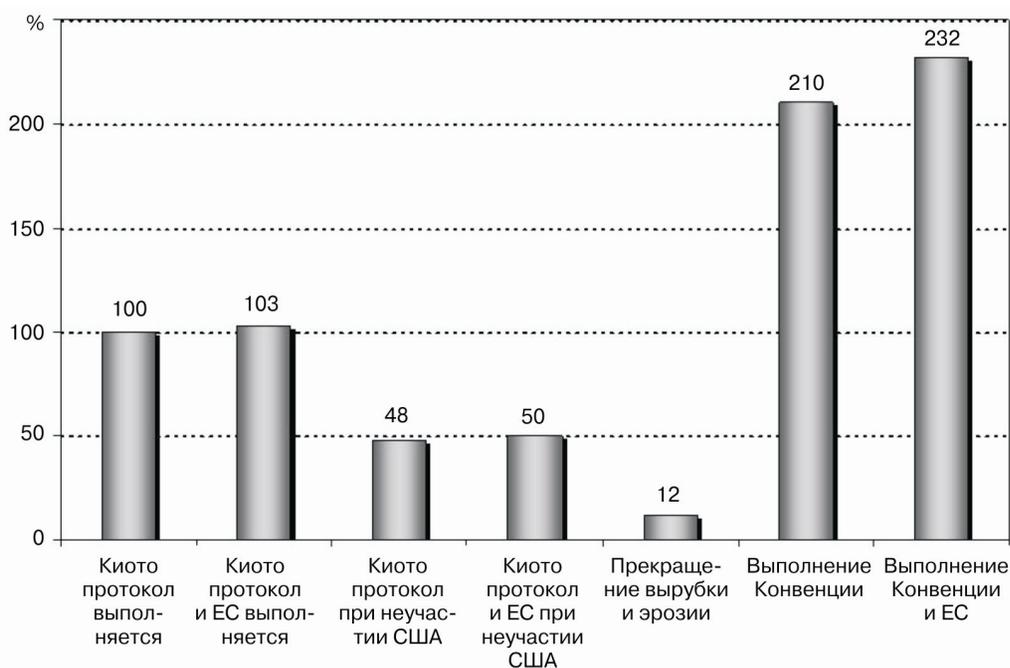


Рис. 2. Снижение концентрации CO_2 в атмосфере при выполнении Киотского протокола и Рамочной конвенции о стабилизации климата (проценты).

За 100% принят разрыв концентрации CO_2 в 2100 г. между базовым сценарием и сценарием в случае выполнения Киотского протокола

Таким образом, дополнительное решение стран ЕС сократить выбросы после 2020 г. на 20% дает незначительный эффект во всех трех рассмотренных случаях: все страны выполняют Киотский протокол; все страны, кроме США, выполняют Киотский протокол; все страны, кроме США, выполняют Рамочную конвенцию о стабилизации климата.

Как видно из рисунка, самый сильный эффект давало бы выполнение Рамочной конвенции о стабилизации климата (т.е. выполнение Киотского протокола всеми странами мира). При этом сокращение концентрации CO_2 достигло бы 210%, а при дополнительном выполнении странами ЕС своего обещания это добавило бы еще 22%. Однако данные сценарии не предполагается выполнять.

Протокол содержит конкретные ограничения на выбросы CO_2 лишь для некоторых стран и не дает их для многих других. Глобальное уменьшение темпов роста выбросов CO_2 в атмосфере, достигнутое в недавние годы, было определено успешным экономическим развитием в отдельных развитых странах, а также спадом в странах с переходной экономикой. В некоторых странах с невысоким уровнем развития и большим населением (табл. 1) темпы роста индустриальных выбросов CO_2 высоки — от 3,1% до 9,8% в год и опережают темпы прироста численности населения.

Таблица 1

Значения параметров развития некоторых стран с высокой численностью населения в 2000 г.
Страны сортированы по численности населения

Страна	Время усреднения до 2000 г., годы	Прирост населения, %/год	Средний рост выбросов CO_2 , %/год	Выбросы CO_2 , млрд т углерода в год	ВВП на душу населения долл. США	Население, млн человек
Индия	5	1,60	3,1	0,292	450	1 015,9
Индонезия	5	1,31	6,2	0,074	570	206,3
Бразилия	5	1,34	3,8	0,084	3 610	170,1
Пакистан	3	2,41	3,7	0,029	450	138,1
Бангладеш	3	1,74	5,0	0,008	380	131,1
Нигерия	3	2,31	7,1	0,010	270	126,9
Мексика	3	1,47	3,1	0,116	5 100	98,0
Вьетнам	3	1,27	9,8	0,016	390	78,5
Филиппины	5	2,18	3,8	0,021	1 030	76,6

Через 10—30 лет в таких странах рост экономического развития и численность населения станут настолько высокими, что они не будут иметь другой альтернативы, кроме развития энергетики и увеличения роста выбросов CO_2 . В частности, если принять, что темпы роста выбросов в указанных девяти странах сохранятся, то к 2060 г. их суммарный выброс будет равным 11,6 млрд т углерода в год, т.е. в 1,65 раза больше суммарного выброса всех стран мира в 2003 г. При таких условиях эффективность ограничений Киотского протокола окажется незначительной.

Понятие устойчивого развития тесно связано со способностью сложной системы ослаблять воздействия на нее. Чем больше выражена эта способность у био-

сферы, тем в большей степени она компенсирует антропогенные воздействия. Если же эта способность утрачена частично или полностью, то устойчивое развитие ослабляется или прекращается. Из физики и химии в глобальную экологию пришел принцип Ле-Шателье, который выражает способность системы ослаблять внешние воздействия на нее: внешнее воздействие, выводящее систему из равновесия, стимулирует в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия.

Рассмотрим выполнение принципа Ле-Шателье в биосфере в глобальном плане. Вычислительные эксперименты показывают, что в настоящее время [2] в диапазоне возможных параметров системы принцип Ле-Шателье выполняется: экосистемы суши и океан поглощают часть индустриальных выбросов CO_2 , тем самым стабилизируя климат. Однако при достаточно больших воздействиях возможно нарушение этой способности.

Рассмотрим случай, когда проявляется нелинейная зависимость годичной продукции (рис. 3) и при превышении концентрации CO_2 до некоторого предела (в 1,7 раза) она начинает уменьшаться (такие эффекты получались в экспериментах над растениями в фитотронах). Наличие в параметрах модели некоторых неопределенностей дает нам основание рассматривать линейный и нелинейный варианты развития биосферы.

Расчеты показывают, что в случае нелинейной зависимости, если Киотский протокол соблюдается всеми странами, то до 2100 г. предельное значение концентрации CO_2 не достигается и принцип Ле-Шателье выполняется (рис. 3а). Если же он не соблюдается, то в период между 2050 и 2100 гг. возможно нарушение принципа Ле-Шателье: в рассматриваемом расчете годичная продукция начинает убывать, соответственно, начинает уменьшаться биомасса растений и количество гумуса, а CO_2 атмосферы и температура увеличиваются значительно сильнее, чем в первом случае (рис. 3б).

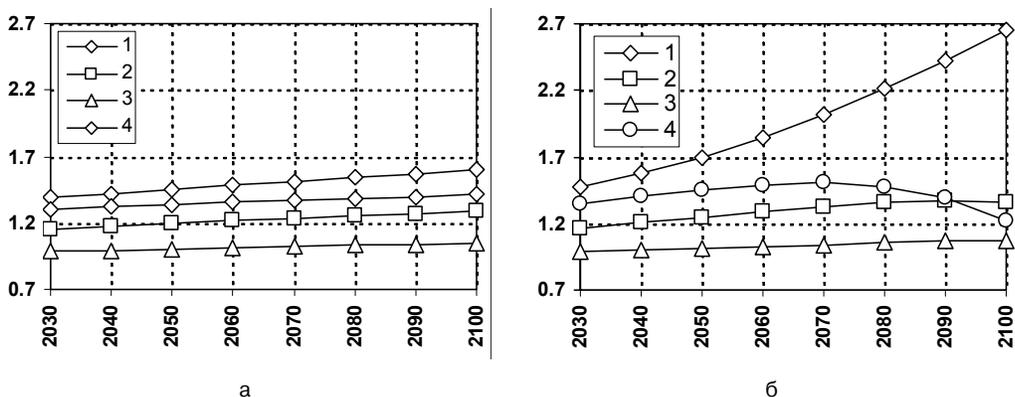


Рис. 3. Расчет двух вариантов динамики относительных значений углерода при нелинейной зависимости годичной продукции от концентрации CO_2 в атмосфере (1), фитомассы растений (2), гумуса (3) и продуктивности (4) в 1860—2100 гг.:

а — Киото выполняется всеми странами; б — Киото не выполняется. По вертикальной оси изображено относительное количество CO_2 в атмосфере (по отношению к 1860 г.)

Таким образом, мы можем утверждать, что в настоящее время в глобальном аспекте биосфера отвечает на рассмотренные воздействия в соответствии с принципом Ле-Шателье и частично компенсирует их результаты. Однако начиная с 2050 г., если не будут предприняты меры по ограничению выбросов в атмосферу, не исключена возможность прекращения компенсации биосферой антропогенных воздействий и нарушение устойчивого развития биосферы и, следовательно, развития человечества. Если же Киотский протокол будет выполняться всеми странами мира, то такой опасности нет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. — Рио-де-Жанейро, 3—14 июня 1992 года. — Т. 1: Резолюции, принятые на Конференции. Приложение 1 A/CONF. 151/26/REV.1 (VOL. I).
- [2] *Marland G., Boden T., and Andres B.* Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751—2003. NDP-030. — Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 2006.

RESTRICTIONS OF THE KYOTO PROTOCOL AND SUSTAINABILITY OF BIOSPHERE

A.I. Kurbatova¹, A.M. Tarko²

¹Ecological Faculty
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

²Dorodnitsyn Computing Center, Russian Ac.Sc.
Vavilov Str., 40, Moscow, Russia, 119991

The paper analyzes the interrelation of the Kyoto Protocol and possibility of a sustainable development of biosphere.

Key words: Kyoto Protocol, restrictions of the Kyoto Protocol, sustainable development of biosphere.