



УДК 574.2

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-58-72

## ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ CO<sub>2</sub> НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ АМЕРИКИ\*

А.И. Курбатова<sup>1</sup>, А.М. Тарко<sup>2</sup>, Е.В. Козлова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов  
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

<sup>2</sup> Вычислительный центр им. А.А. Дородницына  
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»  
Российской академии наук (ВЦ РАН)  
ул. Вавилова, 40, Москва, Россия, 119333

На основе глобальной пространственной математической модели глобального цикла углерода в биосфере сделаны расчеты изменения экологических параметров от выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива, вырубки лесов и эрозии в мире и странах Центральной и Южной Америки. Рассчитано влияние вырубки тропических лесов и эрозии почв из-за неправильного землепользования на изменение климата для стран Центральной и Южной Америки до 2060 г.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, глобальный биохимический цикл, диоксид углерода, глобальное потепление, антропогенное воздействие, региональные последствия

### Введение

Согласно оценкам, в Латинской Америке и Карибском бассейне количество углерода, накопленного в лесной биомассе к 2012 г., составило 104 Гт. За период 1990–2010 гг. в Центральной и Южной Америке отмечалось сокращение углерода, накопленного в лесной биомассе, в то время как в странах Карибского бассейна этот показатель возрастал. По оценке исследователей [1], валовая эмиссия углерода в результате сведения тропических лесов с 2000 по 2005 гг. составляла в среднем 0,81 млрд т в год.

### Методика исследования

Для исследования региональных последствий глобального потепления и землепользования в странах Южной и Центральной Америки был проведен расчет изменения фитомассы, гумуса и общего количества углерода под воздействием промышленных выбросов CO<sub>2</sub>, вырубки лесов (тропические леса) и эрозии гумуса, связанной с нерациональной организацией землепользования. Авторами

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-01-00308).

статьи проведены расчеты для периода 1860—2060 гг. на пространственной модели глобального цикла углерода ВЦ РАН. В модели учитывалось, что промышленные выбросы  $\text{CO}_2$ , вырубка лесов и эрозия почв, происходящие на территории стран, в течение приблизительно двух недель перемешиваются в широтном направлении и в течение 2—3 месяцев в меридиональном направлении, т.е. в течение одного года. Поэтому каждая страна или регион одновременно испытывает действие изменения климата, зависящее от суммарных выбросов всех стран мира в течение года. Следовательно, для расчета изменений климата, происходящих при глобальном потеплении в одном регионе или стране, необходимо применять модель глобального цикла углерода, учитывающую суммарные выбросы  $\text{CO}_2$  стран всего мира начиная с промышленного периода (обычно в моделях глобального цикла углерода за начало этого периода принимается 1860 г.).

В глобальной пространственной модели цикла углерода ВЦ РАН в биосфере [2] применено разбиение поверхности суши на ячейки  $0,5 \times 0,5$  град. (примерно  $50 \times 50$  км) географической сетки, она реализована на ЭВМ. Модель описывает процессы роста и отмирания растительности, накопления и разложения гумуса в терминах обмена углеродом между атмосферой, растениями и гумусом почвы в каждой ячейке суши. Переменными модели является количество углерода в фитомассе растительности суши и в гумусе почв в каждой ячейке применяемого разбиения, а также количество углерода в атмосфере в виде  $\text{CO}_2$ . Принята классификация типов экосистем Дж. Олсона, в которой учитываются не только естественные экосистемы, но и сельскохозяйственные [3]. В углеродном балансе страны поглощающая способность  $\text{CO}_2$  должна оцениваться как составная часть глобального баланса с учетом вклада не только лесных, но и других биомов (лугов, сельхозугодий, болот, тундры) [4].

Климат в каждой ячейке модели характеризуется среднегодовой температурой воздуха у поверхности Земли и количеством осадков за год. Значения температуры и осадков для каждой ячейки суши в зависимости от количества углерода в атмосфере (парниковый эффект) рассчитываются с помощью климатической модели общей циркуляции атмосферы и океана [5]. Модель дополнена моделью цикла углерода в системе «атмосфера — океан» [2].

Моделировалась динамика биосферы с 1860 по 2060 гг. Был принят следующий базовый сценарий. Антропогенное поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу начинается в 1860 г., оно происходит в результате промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания ископаемых органических топлив, вырубки лесов и эрозии почв. Значения промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  для всего мира и всех стран в 1751—2013 гг. взяты из литературных данных [6].

После 1950 г. идет вырубка и последующее уничтожение тропических лесов. В этот период масса тропических лесов каждый год уменьшается на 0,6%, соответствующее количество  $\text{CO}_2$  от разложившегося органического вещества древесины поступает в атмосферу. Эрозия почв связана с нерациональной эксплуатацией земель, соответствующее количество  $\text{CO}_2$  от вынесенного гумуса поступает в атмосферу. Темпы эрозии начиная с 1860 г. принимаются равными 0,15% в год [7]. В разных экосистемах учитывается различное изменение вырубки и эрозии

во времени. Территория вырубки и эрозии задается соответствующими пространственными распределениями (в современных компьютерных программах пространственное распределение задается типом экосистемы) .

### **Методика исследования**

Для исследования региональных последствий глобального потепления и последствий неправильного землепользования в странах центрально- и южноамериканского региона был проведен расчет изменения фитомассы, гумуса и общего количества углерода под воздействием промышленных выбросов  $\text{CO}_2$ , вырубки лесов (тропические леса) и эрозии почвы. Рассматривались изменения следующих экологических параметров: углерода в фитомассе, гумусе и общего количества углерода в экосистемах каждой страны.

Графики изменения гумуса, фитомассы и общего количества углерода в гумусе и фитомассе в данной статье приведены для относительных значений переменных, за единицу принят 2000 г. Такой метод представления результатов удобен для сравнения темпов роста значений переменных для разных стран. Все страны Центральной и Южной Америки были разделены на страны со схожими биоклиматическими потенциалами — комплексным показателем, характеризующим общую потенциальную продуктивность земли и влияние на продуктивность температуры, влажности и инсоляции.

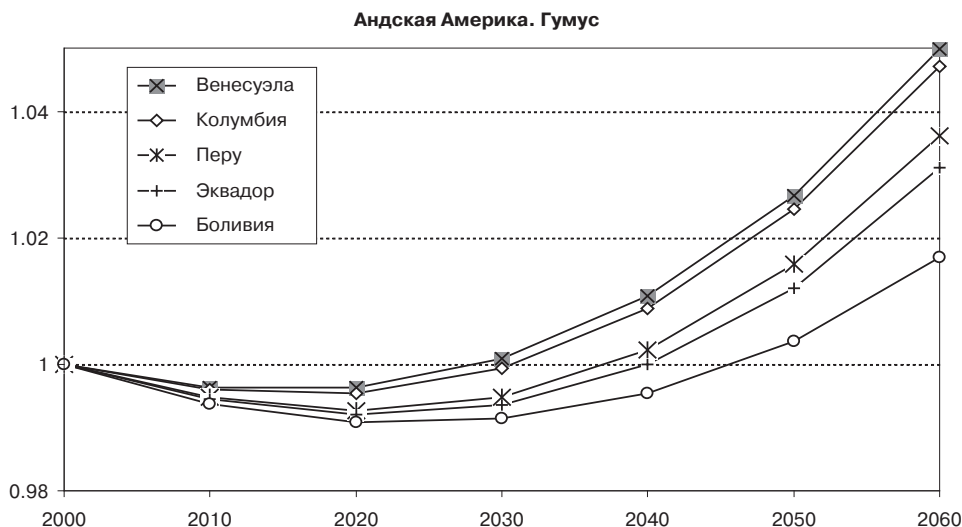
В рамках данной классификации было выделено четыре группы стран:

- 1) Андская Америка: Венесуэла, Колумбия, Перу, Эквадор, Боливия;
- 2) Центральная Америка и страны Карибского бассейна: Белиз, Тринидад и Тобаго, Коста-Рика, Ямайка, Доминиканская Республика, Панама, Никарагуа, Куба, Гаити;
- 3) Тропическая Южная Америка: Французская Гвиана, Парагвай, Суринам, Бразилия, Гайана;
- 4) Субтропическая и умеренная Южная Америка: Аргентина, Уругвай, Чили.

### **Результаты исследования и обсуждение**

Рассмотрим результаты расчетов содержания углерода в гумусе и фитомассе растительных сообществ в странах Андской Америки (рис. 1). Во всех странах данного региона наблюдается уменьшение гумуса до 2020 г., а впоследствии его увеличение к 2060 г. Уменьшение гумуса в странах Андской Америки до 2020 г. согласуется с многочисленными исследованиями по проблемам обезлесения в этих странах [7—9]. В целом, в Андской Америке в течение 2020—2060 гг. будет происходить рост почвенного гумуса. В этом случае эрозии почвы противостоит рост гумуса, связанный с увеличением продуктивности и фитомассы, что связано с компенсаторным эффектом. Также на увеличение гумуса влияло региональное изменение климата, происходящее вследствие глобального потепления [10]. Наибольшее увеличение гумуса происходит в Венесуэле и Колумбии (к 2060 г. увеличение составляет 5 и 4,7% соответственно по сравнению с 2000 г.), а наименьшее — в Боливии (1,7%), что связано с биогеохимическими особенностями почв и разным откликом растительности на повышенную концентрацию угле-

кислоты в атмосфере. Уменьшение гумуса в странах Андской Америки до 2020 г. согласуется с многочисленными исследованиями по проблемам обезлесения в этих странах [7–9].



**Рис. 1.** Изменение количества углерода в гумусе в странах Андской Америки в течение 2000–2060 гг. (The change of carbon in humus (%) in the countries of Andean Community of Nations during 2000–2060)

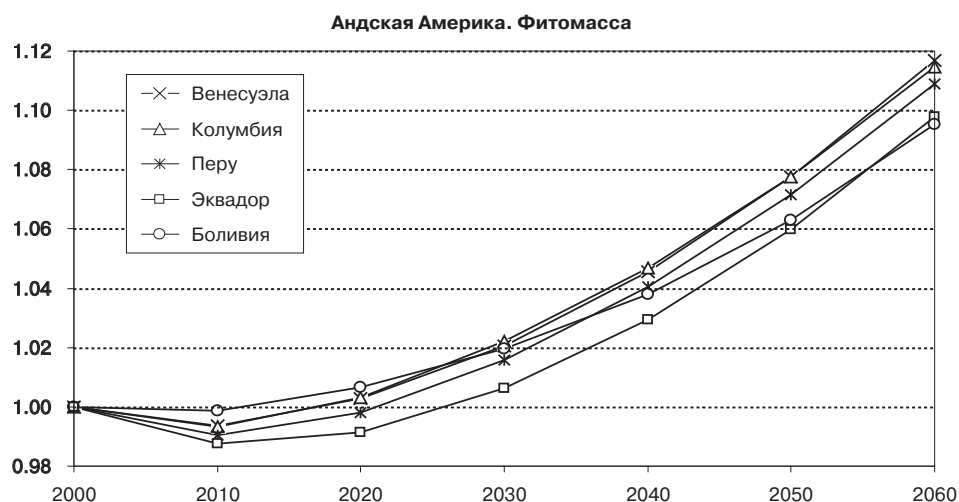
Отмечается, что в Боливии огромную роль в обезлесении играет политическое лобби, продвигающее законы по отчуждению лесных земель под нужды иностранных землепользователей [8]. В период 1994–2004 гг. в результате освоения земель под сельскохозяйственные нужды площадь обезлесения составила 10110 км<sup>2</sup> [11]. По данным других исследований [8; 9], мощную роль в обезлесении в Колумбии, Венесуэле, Эквадоре, Перу и Боливии сыграла добыча золота, приведшая к потере приблизительно 1680 км<sup>2</sup> лесов. Показано, что усредненный годовой показатель обезлесения в Перу (спутниковые данные), связанного с добычей золота, утроился между 1999–2007 и 2008–2012 (с 21,66 км<sup>2</sup>/год к 61,56 км<sup>2</sup>/год соответственно). В исследованиях показано, что наряду с вырубкой лесные биомы также подвержены антропогенной деградации в результате аэротехногенных выбросов тяжелых металлов (Cu, Zn, Hg) золотодобывающей промышленности [12].

В странах Андской Америки начиная с 2010 г. наблюдается рост фитомассы (рис. 2), что связано с увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере. Наибольшее значение углерода наблюдается для Венесуэлы — 11,8% наименьшее — для Эквадора и Боливии (8 и 7,8% соответственно).

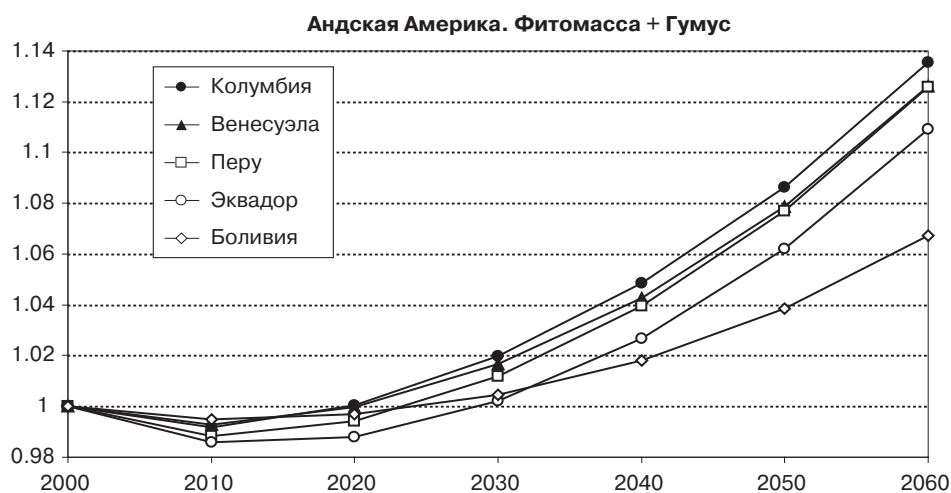
Наибольший рост общего углерода фитомассы и гумуса достигается в Колумбии (он составляет 13,8%), наименьший — в Боливии — 6,8% (рис. 3).

Для стран Центральной Америки и Карибского бассейна результаты моделирования представлены на рис. 4–6. Для Гватемалы, Мексики, Пуэрто-Рико значения углерода в гумусе к 2060 г. не превысят значений 2000 г. Во всех странах региона результаты показывают уменьшение гумуса до 2020 г., кроме Белиза. В Белизе к 2060 г. рост гумуса самый высокий — 10% по отношению к 2000 г. Белиз

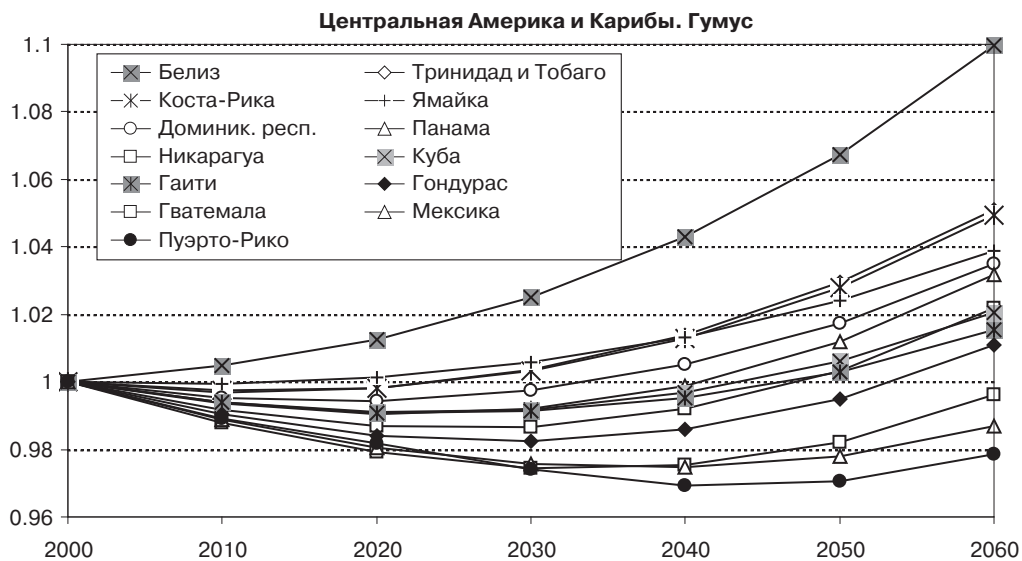
при поддержке Всемирного фонда дикой природы и Института Смитсона стал признанным лидером в области охраны окружающей среды. Более 40% территории страны отданы властями страны под заповедники и парки. В стране значительная часть реликтовых лесов (65%) остается нетронутой, и леса занимают практически половину территории страны. Белиз придерживается политики экологически безопасного туризма, и на сегодняшний день в стране больше охраняемых зон, чем в любом другом государстве Латинской Америки. Наименьший рост углерода в гумусе к 2060 г. будет наблюдаться в Гондурасе — 1,09% и Гаити — 1,53%.



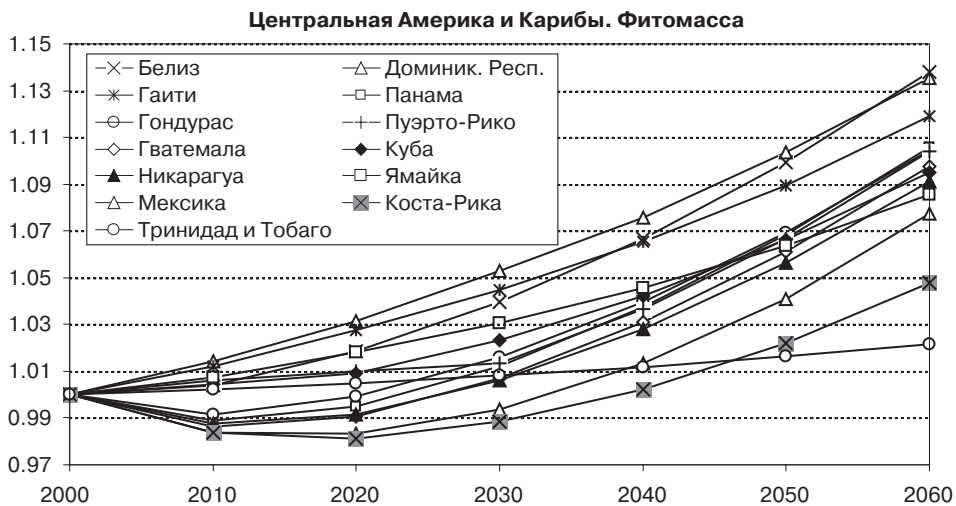
**Рис. 2.** Изменение количества углерода в фитомассе в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг.  
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of Andean Community of Nations during 2000—2060)



**Рис. 3.** Относительное изменение общего углерода в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг.  
(The relative change in the total carbon in the countries of Andean Community of Nations during 2000—2060)



**Рис. 4.** Изменение количества углерода в гумусе в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг.  
(The change of carbon in humus (%) in the countries of Central America and the Caribbean during 2000—2060)

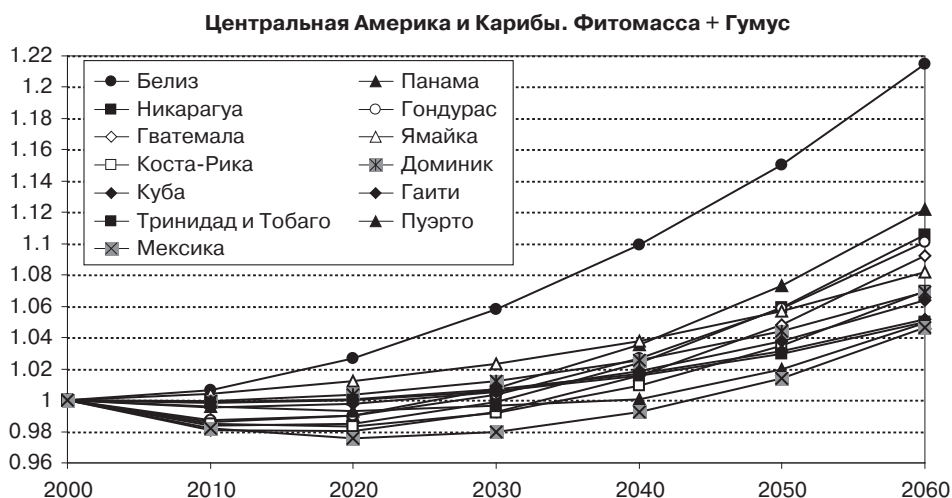


**Рис. 5.** Изменение количества углерода в фитомассе в странах Центральной Америки и Карибского бассейна в течение 2000—2060 гг.  
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of Central America and the Caribbean during 2000—2060)

Результаты расчетов показывают рост фитомассы в странах Центральной Америки и Карибского бассейна (см. рис. 5). Однако в Коста-Рике, Гватемале, Никарагуа, Панаме и Гондурасе после 2000 г. происходит уменьшение фитомассы, связанное с вырубкой части тропической растительности, а после 2010 г. в странах наблюдается рост фитомассы. В моделируемый период наибольший прирост фитомассы будет происходить в Белизе и Доминиканской Республике — рост фи-

томассы к 2060 г. достигает 13,8 и 13,5% соответственно, самый низкий — в Тринидаде и Тобаго (рост фитомассы к 2060 г. достигает 2,2% по сравнению с 2000 г.). Для Тринидада и Тобаго на сегодняшний день остро стоит проблема незаконных разработок карьеров, что сопровождается значительными вырубками лесов на севере страны [13; 14].

Результаты моделирования изменения общего количества углерода (фитомасса + гумус) показывают, что во всех странах исследуемого региона наблюдается увеличение количества углерода в фитомассе к 2060 г. (рис. 6). Наибольшее значение наблюдается для Белиза — 21,5%, наименьшее — для Мексики (рост фитомассы и гумуса к 2060 г. составляет 4,7%).



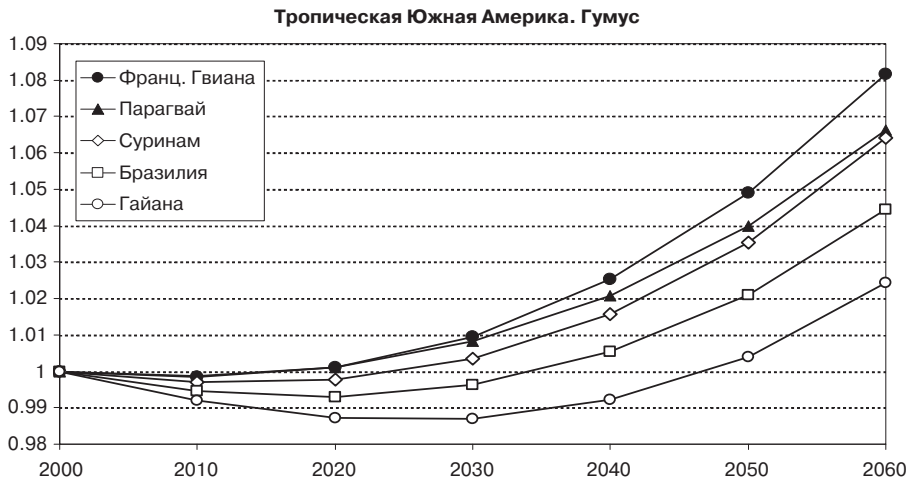
**Рис. 6.** Относительное изменение общего углерода в странах Центральной Америки и Карибского бассейна в течение 2000—2060 гг.  
(The relative change in the total carbon in the countries of Central America and the Caribbean during 2000—2060)

Анализ расчетных данных по странам Тропической Южной Америки показал, что наибольший рост гумуса к 2060 г. будет наблюдаться в растительных сообществах Французской Гвианы, Парагвая и Суринама (8,1; 6,6; 6,4% соответственно) (рис. 7). Для Бразилии этот показатель составит 4,4%, для Гайаны — 4,2%. Для Суринама, Бразилии и Гайаны имеет место уменьшение гумуса до 2020 г., к 2060 г. количество углерода в гумусе для всех стран региона превысит значения 2000 г.

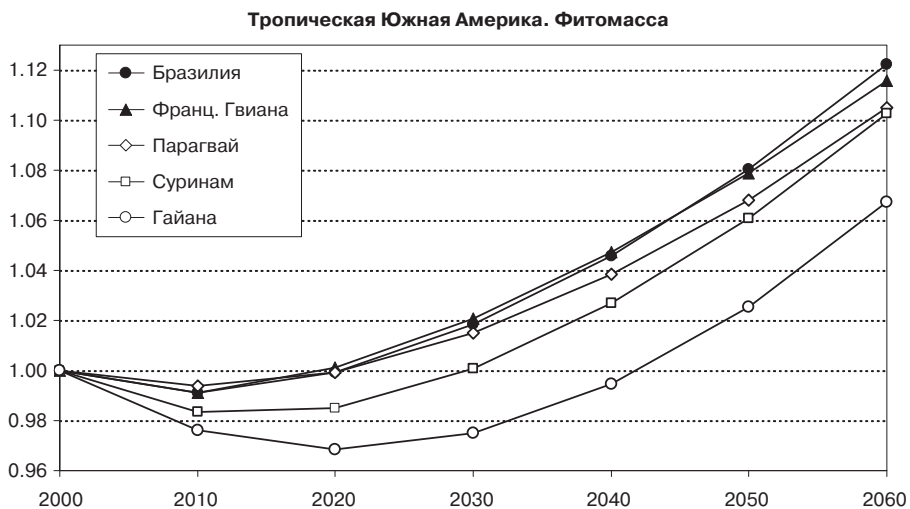
Рост фитомассы в Бразилии к 2060 г. составляет 12%, во Французской Гвиане — 11,7%, в Парагвае — 10,2%, Суринаме — 10,15% (рис. 8). Для Гайаны наблюдаем рост фитомассы к 2060 г. (7%). Во всех странах региона рост фитомассы превысит значения в 2000 г.

Наибольший рост углерода фитомассы и гумуса достигается в Французской Гвиане — 15,7%, наименьший — в Гайане (5,8%) (рис. 9). Приводятся данные, что с 2009 г. правительство Французской Гвианы поддержало проект по устойчивому развитию лесов Low Carbon Development Strategy (LCDS) [13]. Данный проект включает в себя механизм уменьшения выбросов при обезлесении и деградации (Reduce Emissions from Deforestation and Degradation (REDD+)). В рамках REDD+

финансово поощряются те страны, где максимально сохраняются имеющиеся массивы, а вырубка лесов незначительна. В качестве концептуальной основы применяемых методов в рамках REDD можно обозначить теорию трансформации лесопользования (forest transition), предполагающую переход от сведения лесов к увеличивающемуся лесному покрову, что означает увеличение площади естественных поглотителей парниковых газов и, соответственно, предотвращение выбросов. Суринам также в рамках инициативы REDD+ прикладывает усилия для создания устойчивого управления лесами, создания карт лесного покрова, а также карт вырубки на основе спутниковых данных [11].

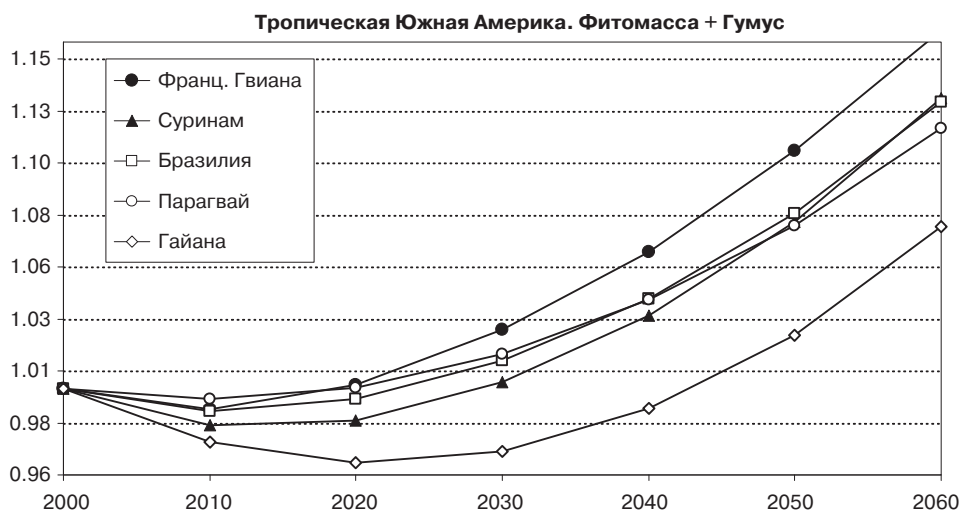


**Рис. 7.** Изменение количества углерода в гумусе в странах Тропической Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)  
(The change of carbon in humus (%) in the countries of tropical South America and the Caribbean during 2000—2060)



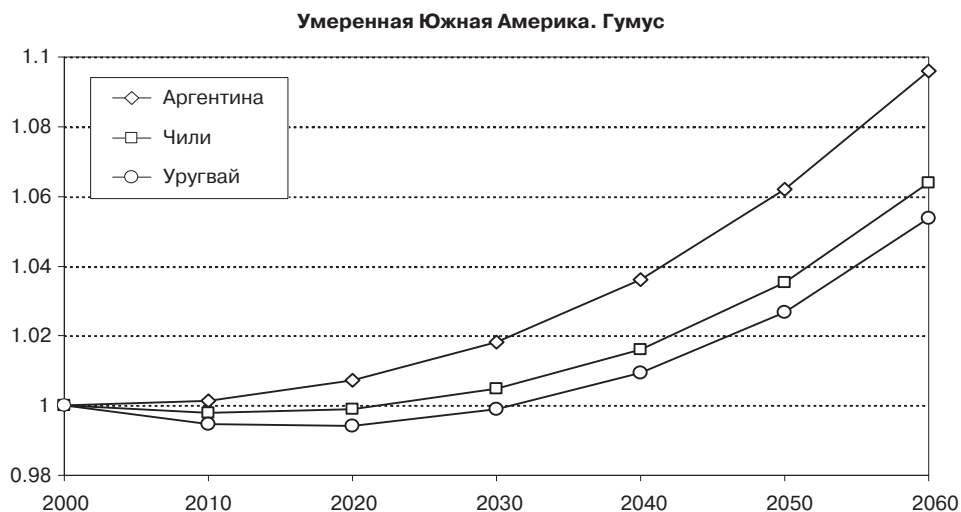
**Рис. 8.** Изменение количества углерода в фитомассе в странах Тропической Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)  
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of tropical South America and the Caribbean during 2000—2060)





**Рис. 9.** Относительное изменение общего углерода в странах Тропической Южной Америки в течение 2000—2060 гг.  
(The relative change in the total carbon in the countries of tropical South America during 2000–2060)

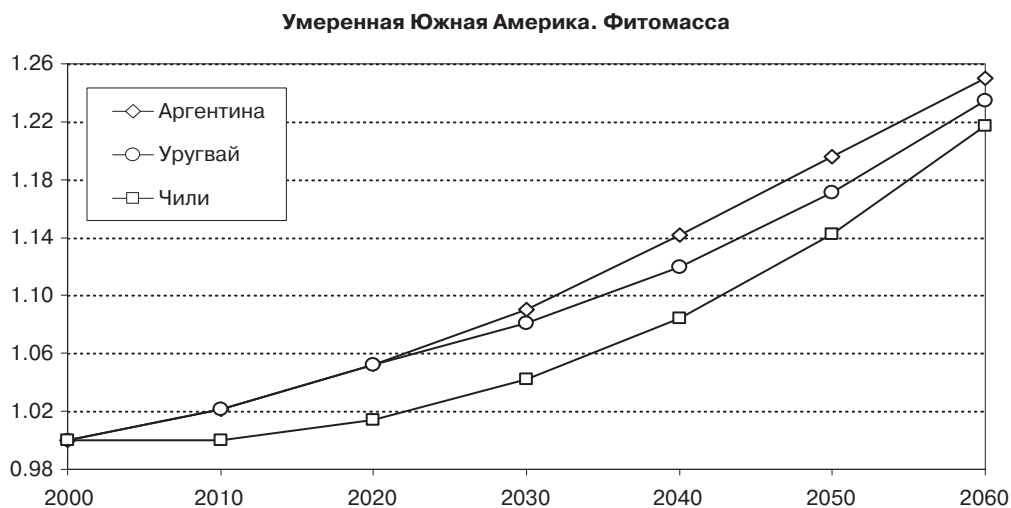
По результатам модельных расчетов для стран субтропической и умеренной Южной Америки наблюдается уменьшение гумуса в Чили и Уругвае до 2020 г., затем снижение гумуса прекращается и сменяется ростом (рис. 10). Самое высокое значение гумуса к 2060 г. характерно для растительных сообществ Аргентины — 9,8%, наименьшее значение наблюдается в Уругвае — 5,7%



**Рис. 10.** Изменение количества углерода в гумусе в странах Субтропической и умеренной Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)  
(The change of carbon in humus (%) in the countries of temperate South America during 2000–2060)

Результаты расчетов показывают рост фитомассы во всех странах Субтропической и умеренной Южной Америки к 2060 г. (рис. 11). Во всех странах к 2060 г. происходит превышение показателей фитомассы значений 2000 г. к 2060 г.: для Аргентины — 25%, Уругвая — 23,4%, Чили — 21,8%. Новые лесопосадки для про-

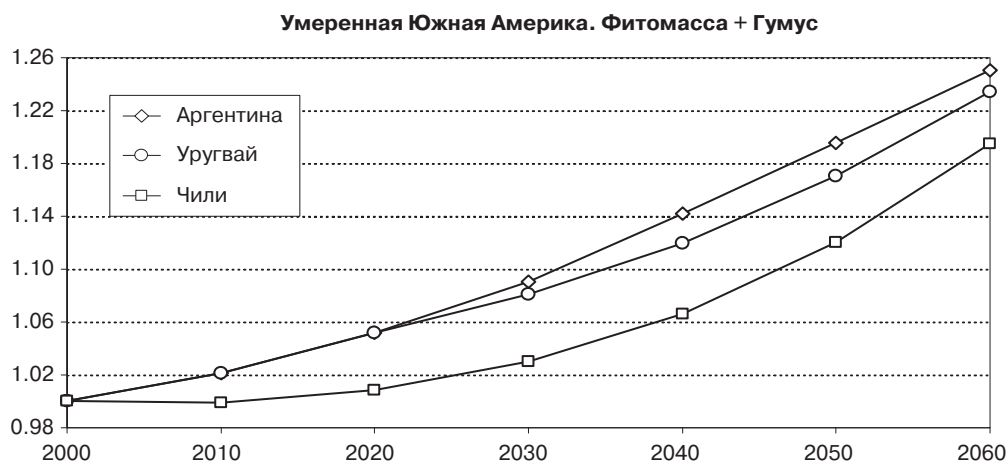
мышленного использования, особенно в Аргентине и Уругвае, частично восполняют утрату природных лесов, в Чили также за период 2005—2010 гг. увеличена площадь коммерческих насаждений. Однако в данных странах при увеличении площади лесонасаждений одновременно наблюдается тенденция уменьшения площади первичных лесов. Площадь лесов в Чили возрастает за счет коммерческих видов, несвойственных растительным сообществам Чили (*pino rabiata*, *pino insigne*, *eucaliptos globulus* и *eucaliptos nitens*), что приводит к нарушению водного режима, повышению аридности почв и уменьшению потенциала секвестрации углерода [15]. Концентрация внимания исключительно на задаче снижения  $\text{CO}_2$  в атмосфере приводит к ошибочным решениям. Особенно высока вероятность уменьшения запасов углерода при посадках «углеродных» лесов на сырых и заболоченных участках — в этих случаях выделение углерода из почвы может превысить его аккумуляцию в древесине [5].



**Рис. 11.** Изменение количества углерода в фитомассе в странах субтропической и умеренной Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)  
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of temperate South America during 2000—2060)

Рассмотрим изменение общего количества углерода (в фитомассе и гумусе) (рис. 12). Во всех странах субтропической и умеренной Южной Америки рост углерода к 2060 г. превысит значения 2000 г. Наибольший рост фитомассы и гумуса происходит в Аргентине — 25,8%.

В таблице представлены обобщенные результаты моделирования изменения углерода фитомассы, гумуса и общего количества углерода (сумма фитомассы и гумуса) под воздействием промышленных выбросов  $\text{CO}_2$ , вырубки лесов и эрозии гумуса связанной с неправильным землепользованием в странах Центральной и Южной Америки к 2060 г. Из таблицы видно, что наибольший прирост углерода в гумусе к 2060 г. происходит в странах Центральной и умеренной Америки (10 и 9,8% соответственно). Наибольший рост фитомассы наблюдается в странах умеренной Южной Америки (25%). Также для умеренной и Центральной Америки характерны самые высокие показатели роста углерода в гумусе и фитомассе (25,8 и 21,5% соответственно).



**Рис. 12.** Относительное изменение общего углерода в странах субтропической и умеренной Южной Америки в течение 2000—2060 гг.  
(The relative change in the total carbon in the countries of tropical South America during 2000—2060)

Таблица

**Максимальные изменения углерода в гумусе, фитомассе и изменение общего количества углерода в растительных формациях стран Центральной и Южной Америки под воздействием антропогенных факторов (%)**  
(The maximum carbon change (%) in humus, phytomass and the total change in carbon under the influence of anthropogenic factors in plant formations of Central and South America)

Регион	Страна (наибольшее значение)	Гумус	Фитомасса	Гумус+Фитомасса
Андская Америка	Венесуэла (В) Колумбия (К)	5(В)	11,8 (В)	13,8 (К)
Тропическая Южная Америка	Французская Гвиана (ФГ) Бразилия (Б)	8,1 (ФГ)	12 (Б)	15,7 (ФГ)
Центральная Америка и страны Карибского бассейна	Белиз	10	13,8	21,5
Субтропическая и умеренная Южная Америка	Аргентина	9,8	25	25,8

### Заключение

Проведенные расчеты для различных климатических зон Южной и Центральной Америки могут быть использованы для определения критерия биосферной устойчивости групп стран к антропогенному воздействию в условиях возрастания концентрации углекислого газа [3; 16] и при исследовании динамики деградации лесов от антропогенных и климатических воздействий. Полученный прогноз может быть использован при планировании мероприятий природоохранной практики в рамках реализации национальных стратегий по сохранению лесов (составление карт восстанавливаемых лесов с различной потенциальной возможностью поглощения углерода в различных географических и климатических условиях, расчет биологического ущерба, нанесенного лесному биогеоценозу, а также в рамках реализации концепции «предотвращенного сведения лесов» (*avoided deforestation*) для всех регионов и стран исследуемого континента).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Daniel J. Zarin*. Carbon from tropical deforestation // *Science*. 2012. V. 336. P. 1518. DOI: 10.1126/science.1223251
- [2] *Тарко А.М.* Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов // Математическое моделирование. М.: Физматлит. 2005.
- [3] *Olson J.S., Watts J.A., and Allison L.J.* Major world ecosystem complexes ranked by carbon in live vegetation: An Updated Database Using the GLC2000 Land Cover Product (NDP-017b)// Oak Ridge National Laboratory. Environmental Sciences Division, Oak Ridge. NDP017. P. 164. DOI: 10.3334/CDIAC/lue.ndp017.2006
- [4] *Федоров Б.Г.* Выбросы углекислого газа: углеродный баланс России // Проблемы прогнозирования. 2014. № 1 (142). С. 63.
- [5] *Schlesinger M.E.* Simulating CO<sub>2</sub>-induced climatic change with mathematical climate models: Capabilities, limitations and prospects // *Proceedings: Carbon Dioxide Research Conference: Carbon Dioxide, Science and Consensus*. Coolfont Conference Center, Berkeley Springs. 1983. DOI: 10.1007/BF00139442
- [6] *Marland G., Boden T., and Andres B.* Global CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751. 2009. NDP030. // Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. DOI: 10.3334/CDIAC/00001\_V2010
- [7] *Grieco E., Chiti T., Perugini L., and Valentini R.* Deforestation and Land Use Change in Jomoro District, Ghana, Impacts on Carbon Stocks and Perspectives of REDD. 2014.
- [8] Bolivia en un mundo 4 grados más caliente Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte (Дата обращения 03.09.2016) URL: [http://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20130324051408\\_0.pdf/17/07/2016](http://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20130324051408_0.pdf/17/07/2016)
- [9] *Durán A.P., Rauch J. and Gaston K.J.* Global spatial coincidence between protected areas and metal mining activities // *Biol. Conserv.* 160. 2013. P. 272.
- [10] *Alvarez-Berrios N.L., Mitchell Aide T.* Global demand for gold is another threat for tropical forests // *Environmental Research Letters*. 2015. 10 (1). P. 315. DOI:10.1088/1748-9326/10/1/014006.
- [11] Avoiding Deforestation in the Guianas (Дата обращения 03.09.2016) URL: [http://www.conservation.org/publications/documents/CI\\_KfW\\_Avoiding-Deforestation-in-Guianas-Program-Factsheet\\_Brazil\\_Suriname\\_Guyana.pdf](http://www.conservation.org/publications/documents/CI_KfW_Avoiding-Deforestation-in-Guianas-Program-Factsheet_Brazil_Suriname_Guyana.pdf)
- [12] *Villegas B.C., Weinberg R., Levin E. and Hund K.* Artisanal and small-scale mining in protected areas and critical ecosystems programme (ASM-PACE) (Cambridge, UK: Estelle Levin and WWF) (Дата обращения 03.09.2016) URL: [www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/ASM\\_PACEglobalSolutions.pdf](http://www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/ASM_PACEglobalSolutions.pdf)
- [13] *Helmer E.H. et al.* Detailed maps of tropical forest types are within reach: Forest tree communities for Trinidad and Tobago mapped with multiseason Landsat and multiseason fine-resolution imagery (Дата обращения 03.09.2016) URL: [http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja\\_iitf\\_2012\\_helmer001.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja_iitf_2012_helmer001.pdf)
- [14] *Meinzer F.C., Goldstein G., Holbrook N.M., et al.* Stomatal and environmental-control of transpiration in a lowland tropical forest tree// *Plant Cell Environ.* 1993. 16.429-436
- [15] *Букварева Е.Н., Павлов Д.С.* Средообразующие функции живой природы и экологочентрическая концепция природопользования (Дата обращения 03.09.2016) URL: [http://optimum-biodiversity.narod.ru/olderfiles/1/ТЕЕВ\\_2010.pdf](http://optimum-biodiversity.narod.ru/olderfiles/1/ТЕЕВ_2010.pdf)
- [16] *Тарко А.М., Курбатова А.И.* Влияние промышленных выбросов CO<sub>2</sub> на биосферные параметры экосистем стран БРИКС // *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2016. № 1. С. 26.

© Курбатова А.И., Тарко А.М., Козлова Е.В., 2017

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26 октября 2016

Дата принятия к печати: 18 ноября 2016

**Для цитирования:**

Курбатова А.И., Тарко А.М., Козлова Е.В. Влияние повышения атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> на экологические параметры растительных сообществ в странах Центральной и Южной Америки // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 58–72.

**Сведения об авторах:**

*Курбатова Анна Игоревна*, кандидат химических наук, доцент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологического факультета РУДН. *Контактная информация:* e-mail: kurbatova\_ai@mail.ru

*Тарко Александр Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВЦ РАН им. А.А. Дородницына. *Контактная информация:* e-mail: tarco@mail.ru

*Козлова Екатерина Витальевна*, аспирант кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологический факультет РУДН. *Контактная информация:* e-mail: ekaterina.vi.ko@gmail.com

## AN IMPACT OF RISING ATMOSPHERIC CONCENTRATIONS OF CARBON DIOXIDE ON PLANTS IN CENTRAL AND SOUTH AMERICA

A.I. Kurbatova<sup>1</sup>, A.M. Tarko<sup>2</sup>, E.V. Kozlova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia  
*Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093*

<sup>2</sup> Dorodnitsyn Computing Center, Russian Ac.Sc.  
*Vavilov str., 40, Moscow, Russia, 119991*

On the basis of the spatial mathematical model of the global carbon dioxide cycle in the biosphere the absorption of carbon dioxide emissions from the fossil fuel burning, deforestation, and soil erosion by terrestrial ecosystems was calculated for all the world and countries of the Central and South America. Effects of deforestation of tropical forests and soil erosion because of inappropriate land use and climate change were calculated until 2060 for countries of the Central and South America.

**Key words:** mathematical modeling, global biogeochemical cycles, carbon dioxide, global warming, anthropogenic impacts, regional consequences

### REFERENCES

- [1] Daniel J. Zarin. Carbon from tropical deforestation. *Science*. 2012. V. 336. P. 1518. DOI: 10.1126/science.1223251
- [2] Tarko A.M. Antropogennye izmeneniya globalnykh biosfernykh processov. *Matematicheskoe modelirovanie*. M.: Izd-vo: «Fizmatlit». 2005.
- [3] Olson J.S., Watts J.A., and Allison L.J. Major world ecosystem complexes ranked by carbon in live vegetation: An Updated Database Using the GLC2000 Land Cover Product (NDP-017b).

- Oak Ridge National Laboratory. Environmental Sciences Division, Oak Ridge. NDP017. P. 164. DOI: 10.3334/CDIAC/lue.ndp017.2006
- [4] Fedorov B.G. Russian carbon balance. *Studies on Russian Economic Development*. 2014. 25. (1): 50–62.
- [5] Schlesinger M.E. Simulating CO<sub>2</sub>-induced climatic change with mathematical climate models: Capabilities, limitations and prospects. *Proceedings: Carbon Dioxide Research Conference: Carbon Dioxide, Science and Consensus*. Coolfont Conference Center, Berkeley Springs. 1983. DOI: 10.1007/BF00139442
- [6] Marland G., Boden T., and Andres B. Global CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring 2009. NDP030. *Carbon Dioxide Information Analysis Center*. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. DOI: 10.3334/CDIAC/00001\_V2010
- [7] Grieco E., Chiti T., Perugini L., and Valentini R. *Deforestation and Land Use Change in Jomoro District, Ghana, Impacts on Carbon Stocks and Perspectives of REDD*. 2014.
- [8] *Bolivia en un mundo 4 grados más caliente Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte*. URL: [http://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20130324051408\\_0.pdf/17/07/2016](http://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20130324051408_0.pdf/17/07/2016)
- [9] Durán A.P., Rauch J. and Gaston K.J. Global spatial coincidence between protected areas and metal mining activities. *Biol. Conserv.* 2013. 160.
- [10] Alvarez-Berríos N.L., Mitchell Aide T. Global demand for gold is another threat for tropical forests. *Environmental Research Letters*. 2015. 10 (1). 315. DOI:10.1088/1748-9326/10/1/014006.
- [11] *Avoiding Deforestation in the Guianas*. URL: [http://www.conservation.org/publications/documents/CI\\_KfW\\_Avoiding-Deforestation-in-Guianas-Program-Factsheet\\_Brazil\\_Suriname\\_Guyana.pdf](http://www.conservation.org/publications/documents/CI_KfW_Avoiding-Deforestation-in-Guianas-Program-Factsheet_Brazil_Suriname_Guyana.pdf)
- [12] Villegas B.C., Weinberg R., Levin E. and Hund K. *Artisanal and small-scale mining in protected areas and critical ecosystems programme (ASM-PACE)* (Cambridge, UK: Estelle Levin and WWF). URL: [www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/ASM\\_PACEglobalSolutions.pdf](http://www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/ASM_PACEglobalSolutions.pdf)
- [13] Helmer E.H. *Detailed maps of tropical forest types are within reach: Forest tree communities for Trinidad and Tobago mapped with multiseason Landsat and multiseason fine-resolution imagery*. URL: [http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja\\_iitf\\_2012\\_helmer001.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja_iitf_2012_helmer001.pdf)
- [14] Meinzer F.C., Goldstein G., Holbrook N.M., et al. Stomatal and environmental-control of transpiration in a lowland tropical forest tree. *Plant Cell Environ.* 1993. 16.429–436
- [15] Bykvaeva E.N., Pavlov D.C. *Sredobraznyuchie fynkcii jivoi prirody I ekologocentricheskaya koncepciya prirodopolzovaniya*. URL: [http://optimum-biodiversity.narod.ru/olderfiles/1/TEEB\\_2010.pdf](http://optimum-biodiversity.narod.ru/olderfiles/1/TEEB_2010.pdf)
- [16] Tarko A.M., Kurbatova A.I. Influence of industrial emissions of CO<sub>2</sub> on biospheric parameters of ecosystems of the countries of BRICS. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series ecology and lif safety*. 2016.1. 26.

#### Article history:

Received: 26 October 2016

Revised: 18 November 2016

Accepted: 10 January 2016

#### For citation:

Kurbatova A.I., Tarko A.M., Kozlova E.V. (2017) An impact of rising atmospheric concentrations of carbon dioxide on plants in Central and South America. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 58–72.

#### Bio Note:

Kurbatova A.I., PhD, Candidate of Chemical Science, Associate Professor, Ecological Monitoring and Prognostication, Environmental Department. *Contact information*: e-mail: kurbatova\_ai@mail.ru

*Tarko A.M.*, PhD, Doctor of Physico-mathematical sciences., Senior Research Fellow Dorodnicyn Computing Centre, Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences. *Contact information:* e-mail: tarko@bmail.ru

*Kozlova E.V.*, PhD student, Ecological Monitoring and Prognostication, Environmental Department. *Contact information:* e-mail:kurbatova\_ai@mail.ru