

# Дополнение 1 Поглощения CO<sub>2</sub> в остаточных продуктах сгорания (древесный уголь): основа для будущей методологической разработки

## История вопроса

Обугленные материалы являются продуктом неполного сгорания растительности и ископаемого топлива (Goldberg, 1985). Диапазон продуктов сгорания, как, например, обуглившиеся остатки, пепел, сажа и древесный уголь, обычно называется черным углеродом (BC). BC – это неоднородная смесь остатков, которые имеют резко контрастирующий химический состав и устойчивы к дальнейшему биологическому и химическому разложению. В совокупности они находятся повсеместно в почвах и других земных отложениях, а также в морских отложениях.

Большая часть BC (>80%), полученная в результате пожара, остается вблизи от места образования. Затем BC включается в состав почвы, где может оставаться в течение долгого времени. Однако, BC может также переноситься через речные и атмосферные пути к морским отложениям; при этом основное перемещение осуществляется через речную систему. Это приводит к тому, что большая часть уносимых к океану частиц осажается на прибрежном шельфе, тогда как меньшая часть частиц продолжает свой путь к более глубоким океанским отложениям. Другая часть образовавшихся частиц BC распыляется в атмосфере. Учитывая, что время пребывания и удерживания в атмосфере может превышать 7 дней, большинство частиц этого компонента BC переносится к океанам и, в конечном итоге, присоединяется к той части BC, которая осела в глубинных океанских отложениях, где находится в очень стабильном состоянии.

В последние десятилетия содержание BC в земной атмосфере и биосфере стало предметом интереса, так как в аэрозольной форме BC является сильным поглотителем солнечного излучения. Содержащиеся в осадочных и ледяных ядрах частицы BC могут предоставить информацию о существовавших палеоусловиях; эти частицы могут быть существенными поставщиками кислорода в атмосферу на протяжении геологических эпох. BC, в особенности древесный уголь, важен потому, что он представляет один из немногих путей, посредством которого углерод может быть приведен в относительно инертное состояние, при котором он не может легко соединиться с кислородом и образовать CO<sub>2</sub>. Таким образом, BC обладает огромным потенциалом в отношении изъятия (в качестве накопителя) углерода из более быстрого био-атмосферного углеродного цикла и включения его в более медленный (долговременный) геологический углеродный цикл (например, Graetz and Skjemstad, 2003; Schmidt, 2004; Druffel, 2004).

## Роль черного углерода в глобальном балансе углерода

В недавнем обзоре по формированию и стабильности BC в земных экосистемах Forbes *et al.* (2006) предложили пересмотренную оценку образования BC в результате растительных пожаров и горения ископаемого топлива на уровне 50 - 270 Тг/год. Это очень большое количество углерода, и ключевой вопрос, таким образом, состоит в следующем: превышают ли темпы ежегодного образования BC то количество углерода, которое высвобождается из огромного резервуара BC, уже накопленного в земных и морских экосистемах? В настоящее время не представляется возможным окончательно ответить на этот вопрос и важно продолжать исследования, которые позволят разработать в будущем методологию для расчета BC в кадастрах парниковых газов и лучшего понимания роли BC в глобальном балансе углерода.

Forbes *et al.* (2006) также установили комплекс важных проблем, которые необходимо рассмотреть для возможности разработки заслуживающей доверия методологии. Была установлена необходимость описания темпов образования BC согласованным образом и предложено выражать их в виде процента от количества углерода, потребляемого при пожаре (CC). Найдено, что когда темпы образования BC выражены таким образом (BC/CC), то они составляют <3% для травяных пожаров и пожаров в саванне и 4-5% для лесных пожаров. Авторы сделали вывод, что оценки формирования BC, основанные только на физических измерениях, весьма ненадежны (приводят к значительной переоценке), потому что они не способны точно идентифицировать и определить количество BC компонента в остатках после сгорания, которые также включают ряд частично сгоревших материалов.

BC подвергается медленному разложению в результате фотохимических и микробных процессов в почвах и отложениях, но знание о долговременных темпах и влияющих факторах очень ограничено. Научные исследования, такие как исследования с использованием инкубации, показали, что разложение BC в биологических процессах происходит очень медленно. Существует и другое доказательство, подтверждающее очень медленное разложение BC; BC может включать в себя до 40% органического углерода в земных почвах и 12-31% огромного резервуара органического углерода в глубинных

океанских отложениях, и его возраст в почвах, определенный радиоуглеродным методом, превышает тысячи лет. Следовательно, ВС имеет значительный период полураспада, измеряемый тысячами лет, и, таким образом, является самым стабильным в биосферном углеродном цикле материалом, получаемым из биомассы. Эта относительная инертность означает, что примерно 3-5% углерода, трансформируемого в ВС во время пожаров в лесах, саваннах и на пастбищах, должны учитываться как существенный компонент глобального углеродного цикла с очень медленным оборотом.

### **Выводы**

Для более точной оценки влияния ВС на глобальный углеродный цикл требуется лучшее понимание темпов образования и разложения ВС для тех экосистем, которые подвержены масштабным растительным пожарам. Далее, оценка речного и эолового переноса ВС требует более детального понимания и данных темпов разложения ВС в земных и океанских отложениях. Это позволит развить методологию учета ВС в кадастрах парниковых газов и минимизировать неопределенности и несоответствия в отношении оценок потоков ВС между атмосферой, биосферой и океанами. Результатом будет более точный расчет глобального баланса черного углерода и лучшее понимание роли ВС как потенциального накопителя в глобальном углеродном цикле.

### **Ссылки**

- Druffel, E.R.M. (2004). Comments on black carbon in the global carbon cycle. *Marine Chem.*; **92**:197-200.
- Forbes, M.S., Raison, R.J., and Skjemstad, J.O. (2006). Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of the Science of the Total Environment* (in press).
- Goldberg, E.D. (1985). *Black Carbon in the Environment: Properties and Distribution*. John Wiley and Sons, New York; 198 pp.
- Graetz, R.D. and Skjemstad, J.O. (2003). The charcoal sink of biomass burning on the Australian continent. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper; no 64.
- Schmidt, M.W.I (2004). Carbon budget in the black. *Nature*; **427**:305-306.