

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОТОКОВ CO₂ И H₂O В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТИТЕЛЬНОСТЬ – АТМОСФЕРА»

Ольчев Александр Валентинович

ИПЭЭ РАН, Ленинский пр. 33, 119071, Москва
aoltche@gmail.com

Математические модели тепло-, H₂O- и CO₂-обмена между земной поверхностью и атмосферой в настоящее время являются эффективным инструментом для описания потоков тепла, H₂O и CO₂ в различных пространственных и временных масштабах. В зависимости от задач исследований, структуры и свойств растительности и почвы, а также пространственного и временного масштаба модели могут иметь различную степень сложности и детализации при описании обменных процессов. В литературе модели данного типа обычно называют ПРАП (Почва - Растительность - Атмосфера - Перенос) или SVAT (Soil - Vegetation - Atmosphere - Transfer) моделями. SVAT модели могут использоваться как самостоятельно, например, для расчета потоков тепла, H₂O и CO₂ между земной поверхностью и атмосферой, так и в качестве отдельных блоков в комплексных моделях биогеохимического и гидрологического цикла, а также в моделях климата и общей циркуляции атмосферы. В зависимости от степени детализации при описании пространственной неоднородности растительного покрова и почвы SVAT модели можно разделить на одномерные, двухмерные и трехмерные модели. Трехмерные модели позволяют описать пространственную неоднородность обменных процессов с учетом как вертикальной, так и горизонтальной неоднородности растительного покрова и почвы. Одномерные модели предполагают горизонтальную однородность растительного покрова и почвы. В зависимости от степени детализации при описании вертикальной структуры растительного покрова их можно разделить на однослойные, двухслойные и многослойные модели.

В развитии моделей тепло-, H₂O- и CO₂-обмена между земной поверхностью и атмосферой можно выделить 3 основных этапа (Sellers et al., 1997). На первом этапе модели использовали относительно упрощенные подходы при описании механизмов тепло-, H₂O- и CO₂-обмена, основанные на уравнениях теплового и водного баланса, а также полуэмпирических соотношениях, не учитывающих биологические механизмы регуляции процесса испарения, фотосинтеза и дыхания растений (Penman, 1948; Thornthwaite, 1948; Будыко, 1948; Monsi, Saeki, 1953; Будаговский, 1964; Manabe, 1969; Monteith, 1977; Будаговский, Лозинская, 1976; и др.).

Второй этап в развитии моделей тепло-, H₂O- и CO₂-обмена между земной поверхностью и атмосферой характеризуется широким развитием биофизических моделей, учитывающих биологические механизмы регуляции процессов транспирации и фотосинтеза растений (Monteith, 1965; Менжулин, 1970; Галямин, 1974; Нерпин, Чудновский, 1975; Jarvis, 1976; Тооминг, 1977; Federer, 1979; Бихеле с соавт., 1980; Сиротенко, 1981; Бойко, Сиротенко, 1985; Sellers et al., 1986; Choudhury, Monteith, 1988; Полуэктов, Василенко, 1992; Гусев с соавт., 2005; Kurbatova et al., 2009; Гусев, Насонова, 2010; и др.). В частности, при расчете потоков H₂O и CO₂ в моделях используются параметры, характеризующие величину устьичной проводимости (сопротивления) листьев растений, зависящую как от биологических особенностей растений, так и от условий внешней среды, и на прямую определяющей скорость переноса H₂O и CO₂ (а также других газовых компонент) через устьица между внутренними полостями листа и окружающим растением воздухом.

Третий этап развития моделей тепло-, H₂O- и CO₂-обмена между земной поверхностью и атмосферой связан с началом интенсивных исследований влияния глобальных климатических изменений и, в особенности, увеличения содержания CO₂ и других парниковых газов в атмосфере на структуру биогеохимического и гидрологического

цикла поверхности суши и океана. Разрабатываемые на этом этапе сопряженные модели тепло-, H₂O- и CO₂-обмена между земной поверхностью и атмосферой включают не только детальное описание всей совокупности биофизических и биохимических процессов, протекающих в растительности и почве, но также и учитывают взаимное влияние процессов фотосинтеза и транспирации растений через механизмы устьичной регуляции (Wong et al., 1979; Farquhar et al., 1980; Ball et al., 1980; Collatz et al., 1991, 1992; Leuning, 1995; Sellers et al., 1995; De Pury, Farquhar, 1997; Sharkey et al., 2007).