

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

БП
53

Фасо 2-14, д.д.м. 14

2-16

ОЦЕНКА РОЛИ АЛВЕАЛИНГОВЫХ ЗОН В ПОГЛОЩЕНИИ CO₂ ИЗ АТМОСФЕРЫ

И.И. Попова

д.ф.-м.н., проф. В.Ф. Крайнев¹, к.т.н. И.И. Попова²,
к.ф.-м.н. В.Ю. Саламатов¹
¹ Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва
² Всероссийский институт научной и технической информации РАН, Москва

Описана модель потоков CO₂ на границе атмосферы с океаном в зонах алвелингов. Рассмотрены два типа алвелингов: прибрежный и изолированный в открытом океане. Модель учитывает максимальное количество потоков углерода в экосистеме алвелинга. Вертикальная структура зоны алвелинга представлена четырьмя уровнями: верхний перемешанный слой над термоклином, промежуточный фотический слой под термоклином, плувиальный океан и придонный слой. Учитывается роль трофической пирамиды в поглощении и выделении CO₂. В качестве примеров рассмотрены Перуанский апвеллинг и типовой локальный апвеллинг тропического пелагиали. Показано, что использование предложенной модели позволяет повысить точность оценок роли Мирового океана в регулировании парникового эффекта. Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (Грант РФФИ № 16-01-00213-а).

THE UPWELLING ZONES PART IN CO₂ ABSORPTION FROM THE ATMOSPHERE

Kraynev V.F., Potapov I.I., Soldatov V.Yu.

Model of CO₂ fluxes is considered for the atmosphere and ocean boundary in the upwelling zones. Two types of the upwellings are considered: coastal and local in the open ocean. Model takes into account the maximal number of the carbon fluxes in the upwelling ecosystem. Vertical structure of the upwelling zone is represented by four levels: upper mixed layer above the thermocline, intermediate photic layer below the thermocline, deep ocean and near-bottom layer. Trophic pyramid role is taken into account in the CO₂ uptake and respiration. Peruvian upwelling and typical local upwelling of tropical pelagial are considered as examples for the model calculations. It is shown that use of proposed model gives a possibility to make more precision of the World Ocean role in the green house effect control. This study was supported by the Russian Fund for Basic Researches (Grant Nr. 16-01-00213-a).

Введение

Решение проблем глобального изменения климата является одной из сложных задач современной науки о Земле [1-27]. Среди множества частных задач, возникающих здесь, наиболее широко обсуждаемой является проблема парникового эффекта [1,7,18,20]. Существует большое количество глобальных моделей, нацеленных на изучение углекислого газа в системе атмосфера-биосфера [7,18,20,27]. Каждая из этих моделей рассматривает различные формы пространственной дискретизации почвенно-растительных формаций и акваторий Мирового океана. Многие авторы опираются на основные потоки углекислого газа на тропиках атмосферы с суши и океанами: Мировой океан и наземная биосфера поглощают из атмосферы около 26% и 29% CO₂ соответственно. При этом почти 46% выброшенного в атмосферу CO₂ остается и накапливается в ней. Наряду с антропогенными источниками CO₂ являются лесные пожары, дегазация Земли и извержения вулканов. Одним из актуальных вопросов здесь является уточнение роли океанов в поглощении CO₂. Решение этих вопросов связано с биогеохимией и биопродуктивностью океанов в различных климатических зонах. Существующие здесь достижения связаны в основном с достаточно упрощенными моделями описания круговорота CO₂ в системе атмосфера-океан.

Существующие глобальные модели биосферы и климата детально рассматривают структуру земных покровов, но акватории Мирового океана обычно классифицируются по принципу их принадлежности к климатической зоне. Например, Тарво [10] дискретизирует вертикальную структуру океана на три слоя, выделяя поверхностные воды, термоклин и глубокий океан. При этом пространный неоднородность океанов представлена четырьмядцатью широтных зон с размерами 10°. Климатические модели характеризуются более детальной дискретизацией пространства без учета биогеохимических процессов в океанах. Основной недостаток климатических моделей состоит в том, что они требуют знания большого количества характеристик окружающей среды, которые имеют прикладные оценки или вообще неизвестны.

Многие авторы [11-16, 22-27] отмечают особую роль алвелинговых зон в газовом обмене атмосферы и океана. Действительно, перемещение водных масс в этих зонах является интенсивным во всех направлениях, что способствует обогащению поверхностных теплых вод биогенными элементами и приводит к высокой продуктивности фотосинтеза. Хотя наиболее крупные алвелинговые зоны занимают порядка 5% всей площади Мирового океана, тем не менее в этих зонах резко повышается поглощение CO₂ из атмосферы. Существуют постоянно действующие алвелинги и алвелинги, возникающие из-за изменения поля ветра. Среди алвелингов выделяются прибрежные и удаленные изолированно в пелагиали.

В данной работе предлагается модель обмена CO₂ на границе атмосфера-океан, учитывающая биогеохимические процессы и гидрофизическую неоднородность океанов. Фактически вся поверхность Мирового океана гидрофизически может быть разделена на зоны алвелингов в прибрежных водах и в открытом океане, а также пелагические зоны с устойчивыми гидрофизическими характеристиками. Зоны алвелингов играют важную роль в поглощении CO₂ и соответственно влияют на климат. Механизмы и закономерности образования алвелингов достаточно хорошо изучены [2-6, 23,27].

Принципиальная схема геохимических и биогеохимических процессов в зоне апвеллинга представлена на рис. 1. В случае апвеллинга, расположенного в открытом океане, начато системы координат (x, O, y) расположенно в центре апвеллинга и предпологается, что геофизические и экологические характеристики однородны на расстоянии $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$. Для прибрежного апвеллинга ось координат x перпендикулярна линии берега и все указанные характеристики однородны в направлении оси координат y .

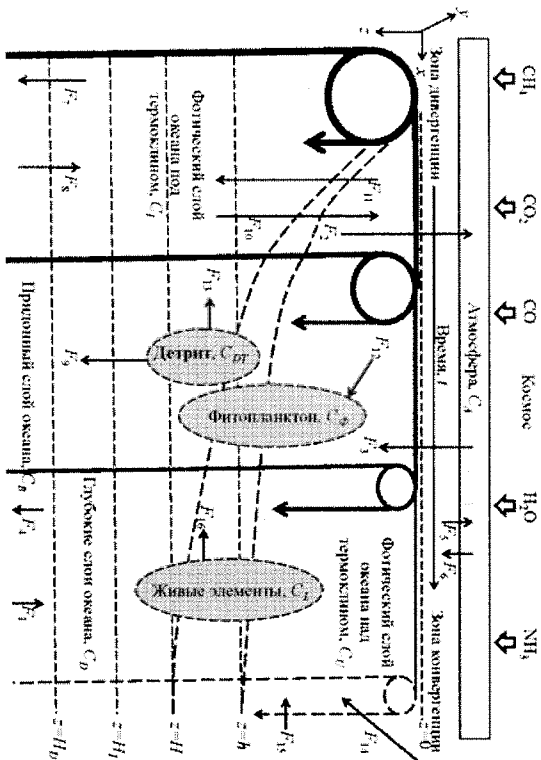


Рис. 1 Вертикальный разрез океана в зоне апвеллинга. Обозначения даны в табл. 1.

Потоки углерода, представленные на рис. 1 и в табл. 1, используются для балансовых уравнений:

$$\frac{\partial C_{\Sigma}(x, y, t)}{\partial t} + V_{\phi s} \frac{\partial C_{\Sigma}(x, y, t)}{\partial x} + V_{\lambda s} \frac{\partial C_{\Sigma}(x, y, t)}{\partial y} = \sum_{i \in I_s} F_i - \sum_{j \in L_s} F_j$$

где C_{Σ} – резервуар углерода в s -м пикселе пространственной структуры в океане, I_s и J_s – источники и стоки углерода соответственно, $V_{\phi s}$ ($V_{\lambda s}$) – поле ветра в s -м пикселе.

Пиксел углерода в океане включает потоки, которые формируются термодинамической циркуляцией, обменом между атмосферой и поверхностью свободной океане, фотосинтезом, окислительными процессами, осаждением и поглощением CO_2 из атмосферы. Детальное описание этих процессов и их параметризация выданы в работах [1, 7, 10, 18, 20]. Некоторые из них требуют уточнения.

Резервуары и потоки углерода в виде CO_2 в океане. Учитываемые в имитационной модели глобального биогеохимического круговорота углерода, структура которой представлена на рис. 1.

Резервуары и потоки CO_2	Идентификатор	Средние оценки резервуаров (ГтС) и потоков (ГтС/год)
Углерод		
Атмосфера	Ca	650-750
Океан		
Фотический слой выше термоклина	Cu	380-520
Промежуточный фотический слой (под термоклином)	C1	280-610
Океанические растения (водоросли)	Cφ	3
Живые элементы	C1	1,5
Детрит	Cот	29
Глубокий слой океана	Cб	28500-33890
Придонный слой океана	Cв	5000
Извержение вулканов	F5	2,7
Поглощение наземной растительностью	F6	224,4
Осаждение в донные отложения	F7	0,1-0,2
Растворение морских осадков	F8	0,1
Разложение детрита		
Фотический слой	F3	35
Глубокий слой океана	F9	5
Подъем глубоких вод	F10	45
Гравитационное осаждение	F11	40
Фотосинтез	F12	69
Подземный сток	F15	0,5
Поверхностный сток	F14	0,5-0,6
Выходные живых организмов в океане	F16	25
Процессы дегазации	F1	21,16
Донные отложения	F4	1,3
Десорбция	F2	97,08
Сорбция	F3	100

Потоки F_2 и F_3 описывающие физико-химические процессы газового обмена на границе воздух-вода были детально изучены и описаны в [1] и как результирует поток F_3 может быть представлен формулой:

$$F_3 = \psi(T_1) \sqrt{p_a} (1 + 0,5 p_s)$$

где $\psi(T_1)$ – показатель влияния температуры на растворимость CO_2 в воде, p_s – солёность воды, T_1 – температура верхнего слоя океана, p_a – парциальное давление CO_2 в атмосфере. Потоки F_2 и F_3 являются функционально