

ISSN 0868-8044

**Д**

# **ОПОВІДІ**

**НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК  
УКРАЇНИ**

МАТЕМАТИКА  
ПРИРОДОЗНАВСТВО  
ТЕХНІЧНІ НАУКИ

ГОЛОВНИЙ  
РЕДАКТОР ЖУРНАЛУ  
академік НАН УКРАЇНИ  
П. Г. КОСТЮК

**1995**

УДК 551.468.1:551.4.013

© 1995

В. М. МОСКОВКИН

## К ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ СООТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ОТСТУПАНИЯ СКЛОНОВ ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ СУШИ И ВЫДВИЖЕНИЯ МАТЕРИКОВЫХ ОКРАИН АТЛАНТИЧЕСКОГО ТИПА

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

В работе [1] была предложена математическая модель эволюции материковых окраин атлантического типа под действием квазиперманентных процессов осаждения взвешенных частиц из основной толщи океана и переноса осевших частиц в нижней контактной зоне суспензионными потоками малой плотности, вязкопластичными течениями и т. д.

Под действием этих процессов с течением времени (при постоянстве условий осадконакопления) в эволюции материковой окраины наступает автомодельный (установившийся) режим, при котором ее профиль выдвигается параллельно самому себе с постоянной горизонтальной скоростью:

$$u = q/H_0 k, \quad (1)$$

где  $q$ ,  $k$  — параметры функции источника  $f(x, t)$ , описывающей интенсивность выпадения на дно взвешенного терригенного материала в количестве, убывающем с удалением от бровки шельфа в открытый океан по экспоненциальному закону [1, 2]

$$f(x, t) = q \exp[-k(x - \xi(t))]. \quad (2)$$

Перемещение горизонтальной координаты бровки шельфа  $\xi(t)$  в автомодельном режиме линейно зависит от времени по закону  $\xi(t) = ut$ . При этом горизонтальная ось  $x$  совпадает с ло-

жем океана, на которое ложится в процессе осадконакопления выдвигаемый материковый склон ( $\lim_{x \rightarrow \infty} H(x, t) = 0$ ). Высота выдвигаемой

бровки шельфа над ложем океана предполагалась постоянной:  $H(x = \xi(t), t) = H_0 = \text{const}$  [1, 2].

Существование аналогичного автомодельного режима параллельного отступления надводного подрезаемого берегового склона было показано в работах [2, 4] при постоянной скорости подрезания основания склона. Если начало координат взять в основании первоначального профиля такого склона, то его изменение в автомодельном режиме опишется выражением [3, 4]

$$y(x, t) = H_0 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{b}{K}(x - bt)\right) \right], \quad (3)$$

где  $H_0$  — постоянная предельная высота берегового надводного склона (склон плавно переходит в горизонтальное плато);  $b$  — скорость подрезания склона;  $K$  — коэффициент, характеризующий интенсивность выколаживания склона (интенсивность денудационных склоновых процессов).

Это автомодельное решение в связи с условием  $\lim_{x \rightarrow \infty} y(x, t) = H_0$ , естественно, можно распространить на склоны платформенных областей

суши (макроформы рельефа), примыкающих к шельфу океана. Покажем теперь, что со временем (в определенных условиях берегоформирования) устанавливается постоянная скорость подрезания надводного склона ( $b = \text{const}$ ), что необходимо для существования автомодельного режима. Это легко показать на основе уравнения баланса пляжеобразующего материала [5, 6], моделирующего динамику береговой системы «клиф — пляж»:

$$\frac{dW}{dt} = aH_{\kappa}f(W) - \Phi(W), \quad (4)$$

где  $W$  — объем пляжеобразующего материала на единице длины береговой линии,  $\text{м}^3/\text{м}$ ;  $a$  — доля пляжеобразующего материала в породах, слагающих берег;  $H_{\kappa}$  — высота клифа,  $\text{м}$ ;  $f(W)$  — скорость отступления клифа,  $\text{м}/\text{год}$ ;  $\Phi(W)$  — интенсивность истирания пляжеобразующего материала при волновом воздействии,  $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{год})$ .

На примере указанных выше работ показано, что при физически разумных типах функции  $f(W)$  и  $\Phi(W)$  существует устойчивая стационарная точка уравнения (4), то есть со временем устанавливается равновесный объем пляжа  $\lim_{t \rightarrow \infty} W(t) = W_{\text{ст}} = \text{const}$ , а следовательно, и постоянная скорость отступления клифа  $b = f(W_{\text{ст}}) = \text{const}$ , что и требуется для существования автомодельного режима отступления склона. Аналогичный стационарный процесс отступления береговой линии абразионного берега следует и из более сложной диффузионной плановой модели [7].

С учетом автомодельного режима уравнение (4) может быть распространено и на макросистему; склон платформенных областей суши — шельф. Действительно, поток материала, поступающего с такого склона на шельф, согласно диффузионной модели эволюции надводного подрезаемого склона, равняется  $Q_c = K \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=bt}$  [3, 4].

Дифференцируя выражение (3) по  $x$  и подставляя результат при  $x = bt$  в выражение для потока  $Q_c$ , получим  $Q_c = H_{\kappa}b$ . Это говорит о возможности использования для моделирования этой системы уравнения (4) при замене высоты клифа  $H_{\kappa}$  на высоту платформенной области  $H_{\kappa} > H_{\kappa}$ . При этом под функцией  $\Phi(W)$  следует понимать интенсивность истирания пляжеобразующего (наносообразующего) материала, находящегося на всем шельфе. На основании этого уравнения определим теперь поток непляжеобразующих (взвешенных) наносов, поступающих с суши через шельф на материковый склон, который складывается из материала, поступающего с суши, и материала, истираемого на шельфе. Предполагаем, согласно работы [4], что шельф является областью транзита для материала сносимого с суши при поступлении его на материковый склон. Искомый поток в условиях

стационарного уравнения баланса ( $\frac{dW}{dt} = 0$ ,  $aH_{\kappa}b - \Phi(W) = 0$ ) равняется

$$Q_{\text{ш}} = (1 - a)H_{\kappa}b + \Phi(W_{\text{ст}}) = H_{\kappa}b. \quad (5)$$

В стационарном случае этот терригенный поток материала следует приравнять к потоку осаждаемого на дне океана материала, равному интегралу от функции (2) при  $\xi(t) = ut$  на полубесконечном интервале:

$$H_{\kappa}b = \int_{ut}^{\infty} q \exp[-k(x - ut)] dx = \frac{q}{k}. \quad (6)$$

То, что такой стационарный режим имеет место, подтверждают глобальные оценки поступления материала с суши (25 млрд т) и осадконакопления (25 млрд т) [8].

Подставляя в выражение (6) соотношение (1), приходим к окончательному соотношению

$$H_{\kappa}b = H_{\text{ш}}u \quad \text{или} \quad \frac{H_{\kappa}}{H_{\text{ш}}} = \frac{u}{b}. \quad (7)$$

Таким образом, отношения высот платформенной области суши над уровнем океана и бровки шельфа над ложем океана равняются отношению скорости выдвигания материковой окраины и отступления склона платформенной области суши. Полученное автором простое балансовое соотношение при строгом доказательстве потребовало привлечения достаточно сложных теоретических концепций: диффузионного моделирования рельефа, автомодельного режима и динамического равновесия.

Рассмотренная теоретическая схема функционирования макрогеосистемы «платформенная область суши — шельф — материковая окраина» наиболее характерна для всего атлантического побережья Африки с широким распространением высоких равнин (плато, плоскогорья, поднятые массивы) и слабой расчлененностью подводными каньонами, причем этот регион хорошо изучен с помощью сейсмопрофилирования.

Существуют, по крайней мере, три аспекта практического применения полученного соотношения (7) и всей теоретической схемы.

Во-первых, ввиду ограниченности количества данных с учетом скоростей выдвигания материковых окраин и трудностей их получения, последние могут оцениваться по (7).

Во-вторых, это соотношение может быть использовано в палеореконструкциях совмещенных профилей макрогеосистем суши и океана.

В-третьих, предложенная теоретическая схема эволюции макрогеосистемы может применяться в поиске месторождений полезных ископаемых (россыпей), погребенных на выдвигаемом материковом склоне.

Предположим, что на шельфе в коренном залегании прослеживается обогащенный минералами наклонный слой, который легко реконструируется (продолжается) на платформенную область суши. Задача состоит в определении коррелятных отложений материковой окраины, соответствующих снесенному обогащенному слою суши. Если в сейсмоакустическом разрезе на шельфе хорошо прослеживается начальная точка выдвигания материковой окраины, тогда истомое расстояние от этой точки до обогащенного аккумулятивного слоя на материковом склоне  $l_1 = \frac{u}{b} l_2$ , где  $l_2$  — расстояние от начальной точки до обогащенного слоя в коренном залегании прослеживаемого шельфа. Это соотношение следует из равенства времен процессов отступления склона платформенной области суши и выдвигания соответствующих слоев материковой окраины:  $T = \frac{l_2}{b} = \frac{l_1}{u}$ .

рисуется (продолжается) на платформенную область суши. Задача состоит в определении коррелятных отложений материковой окраины, соответствующих снесенному обогащенному слою суши. Если в сейсмоакустическом разрезе на шельфе хорошо прослеживается начальная точка выдвигания материковой окраины, тогда истомое расстояние от этой точки до обогащенного аккумулятивного слоя на материковом склоне  $l_1 = \frac{u}{b} l_2$ , где  $l_2$  — расстояние от начальной точки до обогащенного слоя в коренном залегании прослеживаемого шельфа. Это соотношение следует из равенства времен процессов отступления склона платформенной области суши и выдвигания соответствующих слоев материковой окраины:  $T = \frac{l_2}{b} = \frac{l_1}{u}$ .

1. Девдариани А. С., Питовранов С. Е. Некоторые закономерности эволюции материковых окраин атлантического типа (по результатам математического моделирования) // Океанология.— 1981.— 21, вып. 2.— С. 323—338.
2. Девдариани А. С., Аквис Т. М. Осадконакопление на окраинах океанов атлантического типа.— М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, 1989.— 117 с.
3. Московкин В. М., Трофимов А. М. Математическая модель развития подрезаемого склона и ее приложение к

4. Трофимов А. М., Московкин В. М. Diffusion models of slope development.— Earth Surface Processes and Landform.— 1984.— 9, N 5.— P. 435—453.
5. Есин Н. В. О роли обломочного материала в абразионном процессе // Океанология.— 1980.— 20, № 1.— С. 111—115.
6. Московкин В. М., Есин Н. В. Оптимальное управление абразионным процессом // Докл. АН СССР.— 1985.— 284, № 3.— С. 731—734.
7. Есин Н. В., Дмитриев В. Н., Московкин В. М. Математическая модель эволюции береговой линии абразионного берега // Там же.— 1983.— 270, № 1.— С. 223—226.
8. Лисицын А. П. Осадкообразование в океанах.— М.: Наука, 1974.— 438 с.

Харьковский государственный университет

Поступило 09.06.94

With the use of diffusion modelling, automodelling, and dynamic balance, it has been proved that the ratio of heights of a platform land field over the ocean level and shelf edge over its bed is equal to one of velocities of the advancement of continent outskirts and retreat of a platform land field slope. This fact is proposed to be used in paleoreconstructions of profiles of land and ocean macrogeosystems and for exploring deposits of mineral resources buried in the advanced continent slope.