

# Вековые дыхания океана

*Да будет твердь посреди воды, и да отделяет она воду от воды (глава 1).*

*Я наведу на Землю потоп водный... (глава 6).*

Здесь и далее эпитафии из Ветхого Завета  
(Книга Бытия)

В.А.Захаров

Два наиболее значительных события в осадочной геологии, отмеченные сотнями публикаций в самых престижных международных журналах, притягивали внимание мировой научной общественности в течение последних трех десятков лет:

— открытие иридиевой аномалии на границе меловой и палеогеновой систем и привлечение космической импактной гипотезы для объяснения глобальных биотических кризисов в истории Земли;

— трактовка циклически построенных осадочных толщ на основе эвстатики Мирового океана в геологическом прошлом.

Более 30 лет назад группа геологов международной нефтяной компании EXXON предложила новую концепцию последовательности осадочных толщ Земли. В соответствии с ней слои осадочных пород повсюду залегают строго закономерно, образуя совокупности, которые циклически повторяются во времени геологическом разрезе. Цикличность связана с периодическими подъемами и падениями уровня Мирового океана в геологическом прошлом — эвстатикой. Новая концепция вызвала огромный интерес у геологов-нефтяников (особенно в США), поскольку позволяла прогнозировать залежи нефти и газа на территориях, еще не охваченных поисковыми работами.



**Виктор Александрович Захаров**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом стратиграфии Геологического института РАН. Специалист в области палеонтологии, стратиграфии, палеоклиматологии и палеогеографии бореального мезозоя. Заслуженный деятель науки РФ.

В 1993 г. мы совместно с американским коллегой Д.Сахагяном (D.Sahagian) из Университета штата Огайо (в настоящее время профессор Сахагян — декан факультета Университета г.Лихайо в Пенсильвании) получили трехлетний грант Национального научного фонда США на реализацию проекта «Количественная эвстатика Мирового океана во времени от среднеюрской эпохи до палеогена». Поскольку проведенные исследования до сих пор привлекают внимание специалистов во всем мире (на конец 2010 г. свыше 120 цитирований), мне захотелось познакомить и читателей «Природы» с данной концепцией и полученными нами результатами.

Мировой океан дышит! Тому, кто живет на его берегах, не надо это доказывать: дважды в сутки морская вода заливаает полосу суши — часть пляжа или весь, чтобы через шесть часов оголить его, а затем снова покрыть слоем воды, толщина которого в отдельных местах (например, в заливе Шелихова в Охотском море) достигает 9 м, а в некоторых (например, в Японском море) не составляет и полуметра. Приливы и отливы, связанные с притяжением вод океана Луной и Солнцем, строго периодичны, и их действительно можно сравнить с ритмичным дыханием огромного животного. Поскольку у нас нет оснований сомневаться в существовании Солнца и планет Солнечной системы (включая Луну) даже в самом отдаленном геологическом прошлом, можно быть уверенным, что приливы и отливы имели место со времени появления Мирового океана и первородной суши, которая начала размываться, согласно датировкам наиболее древних осадков морского происхождения, не менее 4 млрд лет назад.

© Захаров В.А., 2011

## Великие потоки и грандиозные осушения в истории Земли

*Вода же усиливалась и весьма умножалась на Земле... (глава 7).*

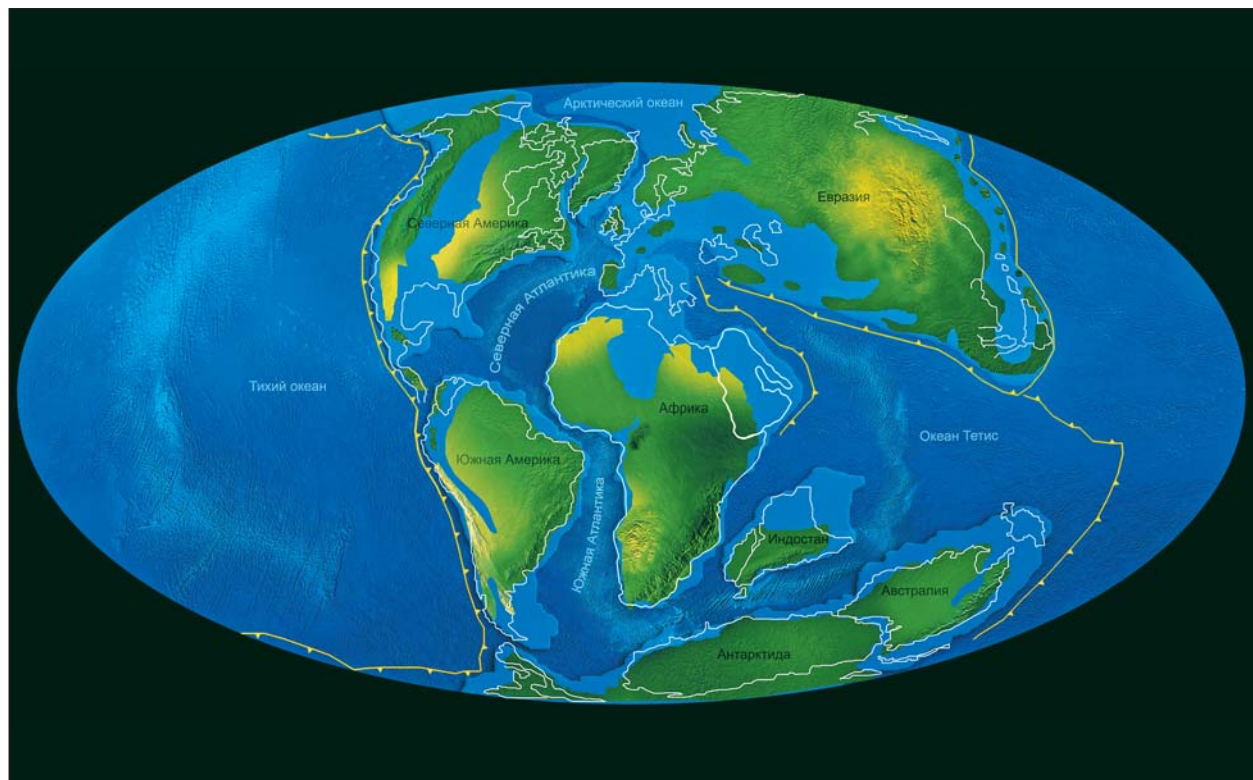
*Вода же постепенно возвращалась с Земли... и вот обсохла поверхность Земли (глава 8).*

Несмотря на внушительный размах приливно-отливных явлений и их повсеместность, широкое распространение морских осадков на суше не связывают с приливами. Даже объединенных усилий Луны и Солнца (сизигийные приливы) недостаточно, чтобы поднять воду на высоту десятков метров. Необходимы даже не столетия, а тысячи и миллионы лет. На это указывают датировки абсолютного возраста минералов в породах, образовавшихся из древних осадков.

Со школьных лет известно, что почти повсюду, где нынче живет человек, в прошлом было море. В представлениях людей экспансии моря на континенты связываются с далекими геологическими временами, но это не совсем так. Море покрывало обширные пространства почти на всех континентах по меркам земной истории сравнительно недавно — в голоцене (четвертичный период), т.е. в то время, когда жил современный человек. Например, всего несколько тысячелетий назад море

было распространено на севере Западно-Сибирской равнины, на севере Восточной и Западной Европы и Северной Америки. В исторической памяти человека эти эпизоды вполне могли сохраниться и послужить основой для легенд о Всемирном потоке.

Изучая морские отложения на современной суше, геологи установили, что на протяжении, по видимому, всей геологической истории Земли (и совершенно определенно с конца рифея) морские воды периодически покрывали значительную часть континентов. Затем вода уходила обратно в океаны, и материки осушались. Эти события — наступления и отступления моря, или трансгрессии и регрессии, чередовались многократно. Динамика исполинского дыхания Мирового океана постоянно уточняется, но и теперь уже ясно, что он дышал ритмично: не устанавливается строгой периодичности в чередовании галассократических (преобладание океана) и геократических (преобладание суши) эпох. Размах затоплений и осушений менялся во времени также незакономерно. Так, по данным В.Е.Хаина, в кембрийском периоде водой было покрыто около 40% суши, в ордовикском — около 55, в силурийском — более 50, в девонском — 50, в каменноугольном — от 40 до 20, в пермском — 20, в триасовом — более 20, в юрском — от 20 до 40, в меловом — 40, в кайнозое — от 0 до 30% [1, 2].



Максимально высокое стояние океана в мезозое (поздний мел, туронский период).

<http://scotese.com.jpg>

## Откуда берется вода?

*...Разверзлись все источники великой бездны, и окна небесные отворились: и лил на Землю дождь сорок дней и сорок ночей (глава 7).*

Долгое время считалось, что морские воды проникают в глубь континентов лишь в тех местах, где земная кора проседает. Это справедливо для ограниченных территорий, но для объяснения одновременного затопления половины площадей всех континентов такой подход не годится. Чтобы покрыть приподнятую над поверхностью океана сушу, нужны огромные объемы свободной воды. Где ее взять? Возможны лишь два варианта: либо откуда-то появляется «новая» вода, либо какая-то сила вытесняет «старую» из океанического ложа. Первый вариант самый простой: в наше время новая вода в океане может появиться в большом количестве при таянии всех ледников на поверхности Земли. Подсчитано, что в этом случае суша (если ее мысленно выровнять) покроется слоем воды толщиной более 70 м. Учитывая, что суша всегда неровная, этой воды вполне достаточно, чтобы объяснить присутствие морских осадков как в центральной части Сибирской и Русской равнин, так и на Североамериканском континенте. Наиболее убедительный пример такого предположения — широкое географическое распространение морских осадков четвертичного (иногда называемого ледниковым) периода. Чередование ледниковых и межледниковых эпох зафиксировалось в геологической летописи «слоеным пирогом» из ледниковых и морских отложений по северной периферии Евразии и Северной Америки.

Свидетельствами тому, что Земля в своем развитии неоднократно переживала своеобразные зимы — состояния, называемые в зарубежной литературе «icehouse», — служат находки пород с признаками ледниковой обработки — тиллитов (древних морен). Насчитывается более дюжины уровней с этими специфическими объектами в докембрии и фанерозое. Наиболее изученные из них датированы началом вендского периода — 600 млн лет, концом ордовика — 440, концом девона — 380, концом каменноугольного периода — 300 и концом перми — 250 млн лет. Полагают, что высокий уровень в середине венда, начале кембрия, начале силура, конце девона и начале триаса был обязан именно таянию покровных ледяных щитов в районах Северного и Южного полюсов. Дыхания океана, вызванные периодическим существованием многие тысячелетия ледяных полей в приполярных областях (с одновременным сокращением занятых морем площадей) и последующим таянием льдов (с одновременным расширением эпиконтинентальных, т.е. покрывающих сушу морей) вошли в научную литературу как «события гляциоэвстатике».

Однако невозможно объяснить все высокие стояния Мирового океана в истории Земли только гляциоэвстатикой. Во многих временных интервалах в докембрии и палеозое, во всем мезозое и в большей части кайнозоя существовал равномерный теплый климат. В отложениях этого возраста нигде на Земле не найдены древние морены. Более того, нет прямых доказательств наличия в мезозое и палеогене ледяных полей даже в приполярных морях. На Земле в интервале 240—30 млн лет назад преобладали тепличные условия («greenhouse»). Следовательно, в течение 210 млн лет новая вода, образующаяся при таянии льда, не могла поступать в Мировой океан.

Тут мы подошли к одной из самых загадочных страниц истории Мирового океана: он продолжал дышать в мезозое, хотя новой воды от таяния льда не поступало. Более того, самый значительный за всю историю мезозоя и кайнозоя выдох океана произошел в конце мезозоя — в поздне меловое время (туронский век). Никогда до и после того морские воды не покрывали столь обширные пространства на Земле. По подсчетам некоторых ученых, водная поверхность океана поднялась над современным уровнем почти на 250 м [2]. Из-за резкого углубления на дне некоторых морей и океанов возникли аноксидные (бескислородные) условия. Откуда же взялась вода? Так как новой воды не было, ответ может быть только один: сушу затопила старая вода, которую что-то вытеснило с ее прежнего места. Геологи все больше склоняются к тому, что этим «чем-то» могли быть подводные океанические горы-хребты — новообразования, которые возникают в зонах растяжения океанической коры за счет вещества, поступающего из внешней подкоревой оболочки — астеносферы. Этот процесс идет и в наше время. Вот как он представляется специалистам.

Сильно упрощая реалии, можно сказать, что находящийся в центре Земли ядерный очаг (жидкое ядро) кипятит окружающие его и находящиеся в размягченном состоянии горные породы. В результате теплообмена создаются круговороты вещества в ячейках. На стыке соседних ячеек горячий материал поднимается к твердой коре, расплавляет ее и частично выходит на поверхность. Затвердевая на периферии шва, через который продолжают поступать новые порции, породы наращивают океаническую кору и раздвигают само дно океана. Избыток вещества, поступающего в зонах раздвига (спрединга) из недр Земли, идет на формирование гор-хребтов. Типичный пример таких образований в последние 130 млн лет — Срединно-Атлантический хребет. Находясь в постоянном движении, плиты сталкиваются между собой. Сближение плит приводит к скучиванию пород и образованию гор (например, Альп и Гималаев). В океане оно сопровождается погружением одной плиты (океанической) под другую (материковую) в так называемых зонах субдукции

(например, погружение Северотихоокеанской плиты Кула в Курильский и Алеутский глубоководные желоба). Этот процесс провоцирует землетрясения на Камчатке, Курильских и Японских островах, подобно недавнему крупнейшему событию на юге о.Хонсю.

Таким образом, в одних местах Мирового океана возникают новые породы и подводные хребты, а в других древние части плит вместе с накопившимися на них осадками погружаются в верхнюю мантию, размягчаются и участвуют в мантийном круговороте. Процесс идет перманентно — то ускоряясь, то замедляясь. Именно поэтому подъемы и падения уровня океана, с одной стороны, периодичны, а с другой — разновелики. Геодинамическая гипотеза, объясняющая вековые дыхания океана, выглядит довольно убедительно.

### Как глубоко дышал океан?

*И усилилась вода на Земле чрезвычайно, так что покрылись все высокие горы, какие есть под всем небом (глава 7).*

По данным Библии, в результате Всемирного потопа над поверхностью Мирового океана торчала лишь вершина Арарата. Таким образом, толщина водного столба, возможно, достигала более 4 тыс. м (вершина Арарата сейчас имеет отметку

5165 м). Для того чтобы поднять воду над поверхностью Земли на такую высоту, потребовалось бы 4 тыс. лет непрерывного дождя (при условии сохранения современных темпов осадконакопления и отсутствия испарения). В научной литературе обсуждаются более скромные, но все-таки впечатляющие цифры максимального эвстатического подъема (до 350 м) в силурийское время [2]. Однако геологам известны случаи, когда толщина слоя воды на континенте (т.е. глубина эпиконтинентального моря) достигала многих сотен метров. Например, глубина Западно-Сибирского позднеюрского моря во время накопления нефтематеринской баженовской свиты в конце юрского и начале мелового периодов составляла, скорее всего, не менее 500 м. Но здесь как раз тот случай, когда региональное погружение совпало с эвстатическим событием.

За какую же часть 500-метрового столба отвечала эвстатика? Ответ на вопрос вряд ли следует искать в погружавшихся областях. Для этих целей наиболее подходят стабильные в геологическом времени блоки Земли — такие, как Русская и Сибирская платформы. Особенно незначительные вертикальные движения испытывала в течение сотен миллионов лет центральная часть Русской платформы, о чем свидетельствуют небольшая мощность осадочных морских отложений (от самых древних, кембрийских, до самых молодых — четвертичных) и отсутствие признаков даже сла-



Высокоуглеродистые черные сланцы на границе юрской и меловой систем — временные аналоги баженовской свиты Западной Сибири на п-ове Нордвик (море Лаптевых), фиксирующие самое высокое стояние уровня моря в Арктике в мезозое.

бого диагенеза пород. Именно эту часть Русской платформы, а также север и северо-запад Сибирской платформы более 15 лет назад выбрали в качестве объектов совместного американо-российского проекта по количественной оценке эвстатике Мирового океана в мезозое. Результаты работы показали, что максимальное повышение океанических вод в меловой период было менее значительно, чем предполагалось ранее: к середине мела их поверхность поднялась не более чем на 180 м выше современного уровня [4].

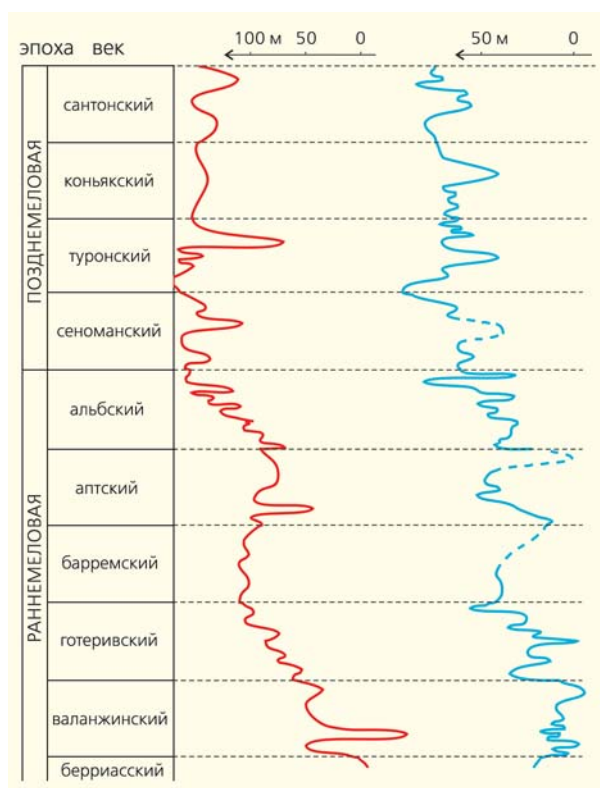
### Все ли ясно?

Нет, не все. И прежде всего нет однозначного ответа на вопрос: почему инициальные осадки — самые ранние из тех, что ложатся на дно после очередного подъема вод океана (выдоха), — не изохронны (а это доказано) в глобальном распространении? В самом деле, если поступает новая вода или вытесняется старая, она должна одновременно покрывать все места на Земле, находящиеся на одинаковых отметках от среднего уровня моря. Подобные места всегда есть и были на всех континентах. Однако нет ни одного временного уровня в геологической летописи, который можно было бы рассматривать как изохронный (в геологическом смысле). Судить о масштабности подъема вод океана (эвстазии) приходится по ограниченному числу точек. Причем только в случае рассеяния их по разным континентам и океанам можно с уверенностью говорить о глобальном характере явления. Таких случаев немного. Не приходится сомневаться, что подъем и падение уровня океана существовали в геологическом прошлом. Почему же так трудно доказывать глобальность события?

В арсенале геологии есть несколько объяснений этому. Наиболее простое — часть осадков размывалась в более позднее время. О подобных пробелах в геологической летописи писал еще Ч.Дарвин. Второе объяснение принимается практически всеми: в прошлом (как и ныне) происходили неравномерные вертикальные (наряду с горизонтальными) движения участков земной коры разной амплитуды и разного масштаба. Если на

### Литература

1. Хаун В.Е. Эволюция обстановок в истории Земли // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М., 1993. С.29—38.
2. Hallam A. Phanerozoic Sea-Level Changes // Columbia University Press. N.Y., 1992.
3. Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea-Level Change // Sea-level Changes: an Integrated Approach. Tulsa, 1988. P.71—108.
4. Sabagian D., Pinous O.V., Olfieriev A.G., Zakharov V.A. Eustatic Curve for the Middle Jurassic — Cretaceous Based on Russian Platform and Siberian Stratigraphy: Zonal Resolution // AAPG Bulletin. 1996. V.80. №9. P.1433—1458.



Кривые флюктуаций уровня моря (дыхание океана) в меловом периоде. Построены на материалах по: пассивным окраинам (слева) [3], Европейской и Сибирской платформам (справа) [4].

какой-то территории одновременно с эвстатическим подъемом вод океана земная кора поднималась с опережающей скоростью, ясно, что эту территорию вода не покрывает, а, стало быть, здесь не будет зафиксирована в осадке инициальная фаза подъема воды, или, иначе, трансгрессия.

Таким образом, наступление и отступление (трансгрессии и регрессии) морских вод на ограниченные территории и даже в крупные регионы не всегда следует связывать с дыханием океана. Выявление следов дыхания — серьезная проблема, которая должна решаться на основе междисциплинарных исследований. ■