

УДК 551.24

© М.М. Довбнич, К.Ф. Тяпкин, 2009

Национальный горный университет, Днепрпетровск

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРАНСГРЕССИИ И РЕГРЕССИИ И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ МИРОВОГО ОКЕАНА

Показано, что трансгрессии и регрессии являются непосредственными участниками тектонических активизаций Земли. Они происходят в результате периодической разрядки глобального поля ротационных напряжений в тектоносфере и подчиняются основным пространственно-временным закономерностям формирования тектонических структур в земной коре. Рассмотрена роль этих явлений в образовании Мирового океана.

Проблема мировых трансгрессий и регрессий. Несмотря на обилие литературы, посвященной проблеме мировых трансгрессий и регрессий, до сих пор вопрос об их причине остается открытым; более того – нет единых мнений о пространственно-временных закономерностях проявления этих процессов. Многие ведущие геологи разделяют мнение о существовании мировых трансгрессий и регрессий, первоначальное представление о которых состояло в том, что *в истории геологического развития Земли происходило повсеместное опускание материков в одни геологические эпохи и поднятие – в другие.* Г. Штилле в начале XX века одним из первых на основании установленных им тенденций в изменении морского режима в одно и то же время в удаленных частях Земли пришел к выводу *об одновременной и одинаковой направленности движений твердого остова Земли.*

Н.М. Страхов [3] проблему трансгрессий и регрессий изучал путем анализа тесно связанной с ними закономерности осадкообразования на палеогеографических и структурно-фациальных картах. Результаты этого анализа изображены на рис. 1 в виде так называемой эпейрограммы. По ординате нанесены геологические периоды, а по абсциссе против каждого момента тложены отрезки, пропорциональные площади осадкообразования. Кривая изменения площади осадконакопления дает наглядное представление последовательных расширений и сокращений площади осадконакопления в истории Земли. Поскольку Н.М. Страхов довольно детально рассматривает пространственно-временные закономерности трансгрессий и регрессий в послеальгонское время, необходимые для дальнейшего изложения, приведем их, по возможности, полно [3].

1. С конца альгонка по настоящий момент существовало, по крайней мере, 12–13 крупных трансгрессий супраконтинентального осадконакопления, разделенных таким же количеством промежуточных моментов, когда осадконакопление, напротив, резко сокращалось, регрессировало. Реально эти трансгрессии и регрессии осадочного процесса осуществлялись, прежде всего, как трансгрессии моря, усиленные или ослабленные расширениями площадей континентального осадкообразования. Таковы трансгрессионные волны – ниже- и среднедокембрийская, ордовикская, готландская, сред-

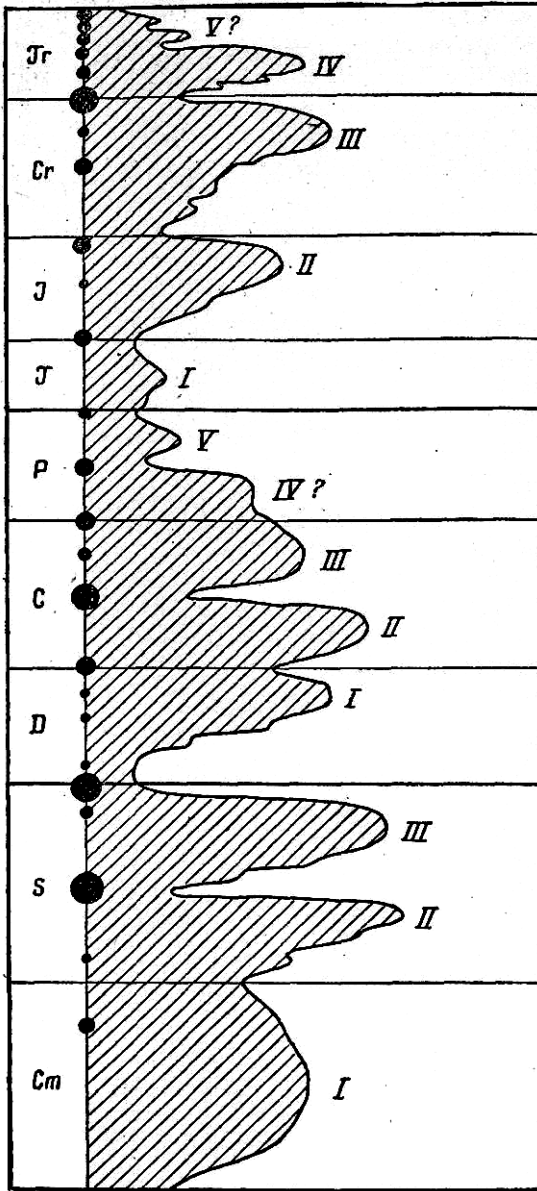


Рис. 1. Изменения площадей осадкообразования в послеельгонской истории современных континентов (волны трансгрессий и регрессий); черные кружки – орогенетические фазы разной силы

не-верхнедевонская, динанская и т.д. вплоть до неогеновой, в каледонском этапе различаются всего три крупные волны трансгрессии, в герцинском – четыре-пять и столько же в альпийском.

2. Каждая из 12–13 послеельгонских трансгрессий осадочного процесса представляет собой длительное, сложное и индивидуальное явление. Абсолютная длительность каждой волны измерялось обычно десятками миллионов лет (20–25 млн.). Сам ход трансгрессий был очень сложным: на разных участках блока максимум их достигался не одновременно, а самое расширение часто шло с остановками, как бы толчками, прерываясь даже местными и временными регрессиями, сокращениями ареалов седиментации.

3. В последовательности трансгрессий внутри каледонского, герцинского и альпийского этапов много сходных черт, хотя, конечно, нет тождества. Каждый этап начинается эпохой – длительностью 10–20 млн. лет – мини-

мальной площадью осадконакопления, ограниченной целиком или в совершенно подавляющей части геосинклинальными зонами. Таковы эпохи начала кембрия, нижнего девона, триаса+лейаса. Далее следует продолжительный средний отрезок каждого этапа (100–120 млн. лет) с тремя или четырьмя крупными погружениями и соответственно расширениями ареала осадкообразования. В каледонское время – это ниже- и среднекембрийская, ордовикская и готландская трансгрессии; в герцинском этапе – средне-верхнедевонская, нижнекарбоновая, верхнекарбоновая, нижнепермская (?) трансгрессии; в альпийском этапе – средне-верхнеюрская, верхнемеловая, палеогеновая трансгрессии. Более или менее синхронно с этими морскими трансгрессиями возникали или расширялись ареалы континенталь-

ного осадконакопления; характерно, что эпохи трансгрессии разделяются гораздо более, по-видимому, кратковременными моментами резко выраженных и весьма широко распространенных регрессий, с которыми хронологически совпадают более или менее крупные орогенические фазы в отдельных, иногда многочисленных и далеко друг от друга удаленных, частях геосинклиналей. Конец каждого тектонического этапа, последние 20–30 млн. лет (?) характеризуются воздыманием сформированных складчатых структур и постепенным превращением их из областей осадконакопления в ареалы размыва и денудации. Одновременно море уходит с некоторыми второстепенными колебаниями с платформенных участков, и осадконакопление ограничивается на них лишь небольшими районами по соседству с возникшими складчатыми сооружениями.

4. Изучая пространственное размещение трансгрессий, нетрудно установить, что внутри каждого этапа волны трансгрессий заливают географически в общем близкие участки континентального блока. При переходе же от одного этапа к другому размещение трансгрессивных макроволн существенно меняется.

5. Несмотря на территориально резко неодинаковые проявления, моменты резкого расширения (или сокращения) осадконакопления на платформах и геосинклинальных зонах хронологически совпадают в пределах, конечно, точности геологического летоисчисления. Это обстоятельство отражает общеизвестное правило синхроничности колебаний геосинклиналей и платформ, установленное А.Д. Архангельским в 1923 г. В ряде случаев намечаются некоторые отклонения: движения платформы несколько запаздывают сравнительно с движениями геосинклиналей. Но эти незначительные отклонения не нарушают общего правила.

Суммируя приведенные выше результаты исследований в области проблемы трансгрессий и регрессий на Земле, можно сделать следующие выводы. *Н.М. Страховым на основании результатов анализа палеогеографических и структурно-фациальных карт установлены основные пространственно-временные закономерности протекания трансгрессий и регрессий в истории развития Земли. Эти закономерности оказались несколько сложнее первоначальных представлений о них, в частности, это касается их периодичности. Но поскольку установленные закономерности основаны на анализе фактических геологических данных, то их вполне можно использовать для выяснения генетической природы изучаемых явлений.*

Проблема мировых трансгрессий и регрессий активно обсуждалась в советской литературе: Н.М. Страхов (1938, 1949), В.Е. Хаин (1939), В.В. Белоусов (1940, 1948), В.Д. Наливкин (1962), Г.Ф. Лунсгергаузен (1963), А.Я. Яншин (1973) и др. *Общим для большинства перечисленных исследователей является признание реальности существования явлений трансгрессий и регрессий в истории геологического развития Земли и их тесной взаимосвязи с этапами ее тектонических активизаций. При этом все они особо подчеркивают, что главные волны трансгрессий и регрессий, имеющие периоды порядка 200 ± 20 млн. лет, в фанерозое соответствуют каледонскому, герцинскому и альпийскому циклам тектонической активности Земли.*

Исключение составляют только представления академика А.Л. Яншина, который на основании анализа довольно представительных атласов палеогеографических карт различных регионов мира и, в первую очередь, атласа литолого-палеогеографических карт СССР в масштабе 1:7500000 (под общей редакцией А.П. Виноградова, 1969) с раннего кембрия по голоцен, пришел к выводу, резко контрастирующему с представлениями остальных авторов. Результаты его исследований представлены графически на рис. 2 в виде интенсивности проявления трансгрессий и регрессий ряда крупных регионов мира, выраженных в условном масштабе, для различных геологических эпох.

Основываясь на поведении кривых, изображенных на рис. 2, А.Л. Яншин делает такой вывод. «Кривые, построенные для разных частей суши нашей планеты по палеогеографическим картам, показывают, что сама идея эта надумана и совершенно неверна, что никаких мировых трансгрессий и регрессий, несмотря на всю посвященную им громадную литературу, в действительности не было, что ход поднятий и опусканий различных крупных площадей земной поверхности совершенно различен, что споры о количестве мировых трансгрессий и регрессий с начала кембрия не более содержательны, чем споры средневековых схоластов о количестве ангелов, которые могут уместиться на конце иголки» [8, стр. 27].

Главным аргументом, на основании которого А.Л. Яншиным сделан столь категоричный вывод, противоречащий представлениям других исследователей, послужили факты несовпадения трансгрессий (регрессий) в одни и те же геологические эпохи в разных сегментах Земли. Поскольку этот вывод сделан по сути дела на однотипных исходных материалах, попробуем разобраться с ним внимательнее, используя при этом результаты исследований именно А.Л. Яншина, приведенные в работе [8], а также ранее опубликованные результаты наших исследований [1,2,6], которые кратко сводятся к следующему. 1. Движущей силой любых тектонических преобра-

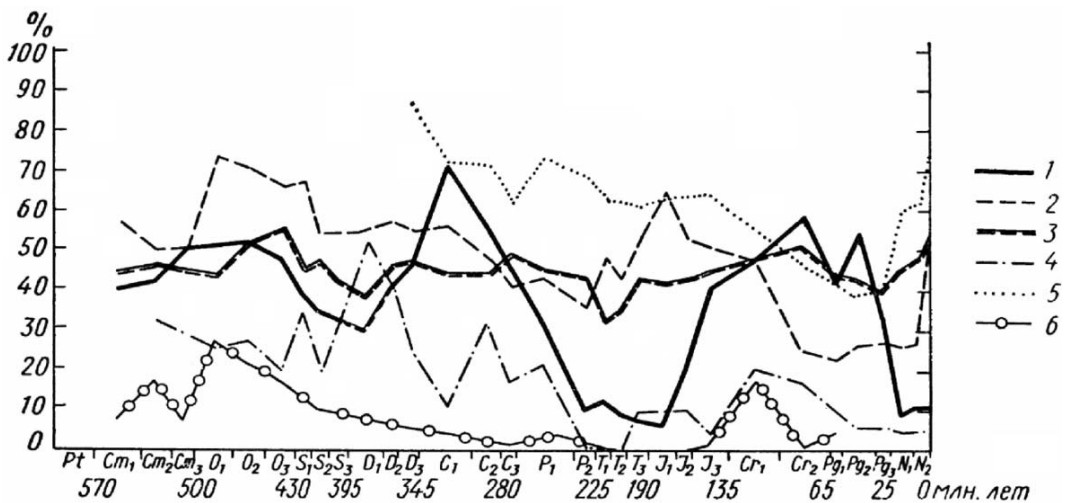


Рис. 2. Кривые трансгрессий и регрессий крупных регионов [8]: 1 – западная часть СССР; 2 – восточная часть СССР; 3 – Северная Америка; 4 – Южная Америка; 5 – Япония; 6 – Австралия

зований Земли является глобальное поле напряжений, возникающее в результате изменения ее ротационного режима. 2. Основной вклад в накопление ротационных напряжений в тектоносфере Земли вносит изменение положения оси ее вращения. Эти напряжения на два порядка выше напряжений, обусловленных вариациями угловой скорости вращения Земли и могут достигать значений, превышающих предел прочности пород тектоносферы (10^7 Па), а их разрядка приводит к тектоническим активизациям. 3. Известные в фанерозое тектонические активизации (каледонская, герцинская и альпийская) соответствуют эпохам, для которых характерны максимальные скорости перемещения полюсов по поверхности Земли. Эти эпохи наблюдаются через интервалы времени порядка $(200 \pm 20) 10^6$ лет, соответствующие галактическому году. Фазам тектонических активизаций соответствуют эпохи, характеризующиеся локальными максимумами скорости перемещения полюсов по поверхности Земли. Продолжительность этих эпох составляет первые десятки млн. лет (см. подробнее [6]).

Начнем анализ возникающего противоречия во взглядах на проблему трансгрессий и регрессий с расчета амплитудных спектров кривых трансгрессий и регрессий, приведенных на рис. 2. Результаты расчета показаны на рис. 3.

Обращаясь к рис. 3 видим, что ансамбль амплитудных спектров кривых трансгрессий и регрессий в разных регионах Земли в целом весьма подобен амплитудному спектру осредненной кривой скорости перемещения палеомагнитного полюса по поверхности геоида, полученного нами ранее [6]. Обе группы этих спектров состоят из совокупности циклических компонент, среди которых наиболее устойчивы максимумы для волн с периодами порядка 180–230 млн. лет. Этот факт свидетельствует об определенной общности природы явлений активизаций Земли и обсуждаемых нами явлений трансгрессий и регрессий – то есть источником сил, под действием которых происходят обе группы этих явлений, служит нормальное поле ротационных напряжений. Особенности его распределения в тектоносфере Земли, а также обусловленные ими смены режимов сжатия и растяжения определяют основные пространственно-временные закономерности трансгрессий и регрессий на поверхности Земли.

Согласно нашим представлениям трансгрессии и регрессии весьма тесно связаны с процессом формирования поверхностных тектонических структур в земной коре, точнее являются неотъемлемой его частью. Рассмотрим процесс поэтапно.

1. Формирование поверхностных структур типа геосинклиналей и последующего их превращения в ороген происходит под действием разрядки нормального поля планетарных напряжений ротационной природы, пространственное распределение которого и схема формирования поверхностных структур в земной коре достаточно подробно рассмотрено в учебнике [5]. В данном случае только подчеркнем, что водный слой является частью земной коры, а, следовательно, должен участвовать в формировании ее поверхностных структур. Главной особенностью водного слоя, по сравнению с другими горными породами, является его большая подвижность: вода под

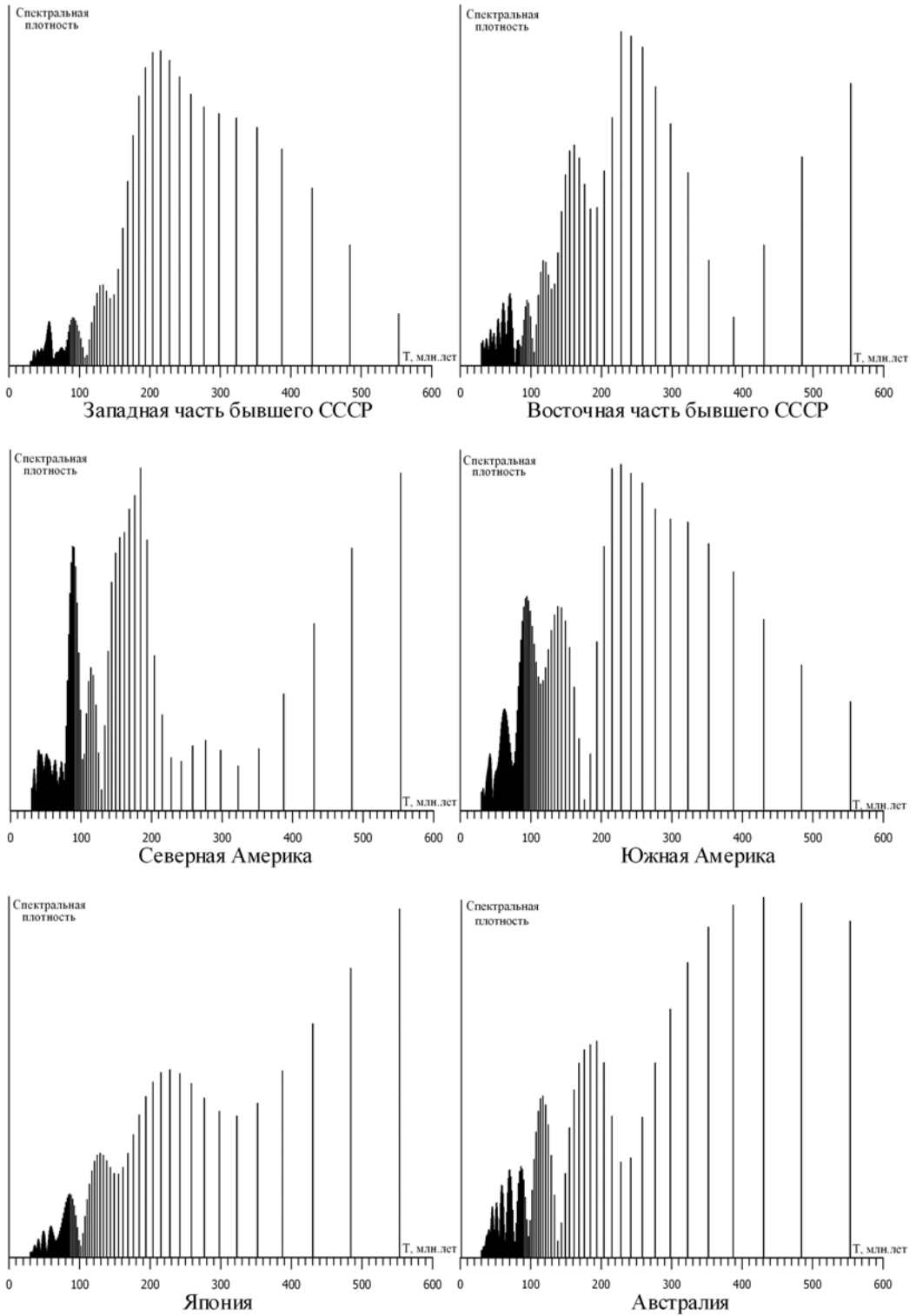


Рис. 3. Амплитудные спектры кривых регрессий и трансгрессий

действием силы тяжести имеет возможность, перетекая, занимать самые низкие места в формирующейся структуре земной коры.

2. Тектонические активизации Земли, приводящие к деформации земной коры, возникают в результате наложения одной из циклических компонент на поступательную компоненту перемещения полюса по поверхности геоида, что приводит к достижению критических значений ротационных напряжений в определенных секторах верхней оболочки. В областях, соответствующих режиму растяжения, формируются структуры типа геосинклиналей, в пониженные места которых происходит трансгрессия водных масс. При смене режима растяжения на режим сжатия, происходящего в результате изменения соотношения направлений перемещения циклической и поступательной компонент перемещения полюса по поверхности геоида, трансгрессия сменяется регрессией. Таким образом, каждой циклической компоненте на траектории перемещения полюса по поверхности геоида соответствует одна трансгрессия и одна регрессия, т.е. на земной поверхности их проявлений столько, сколько циклических компонент участвуют в образовании тектонических активизаций Земли. Причем порядок тектонической активизации, а следовательно, и сопутствующих ей трансгрессии и регрессии, соответствует порядку циклической компоненты на траектории перемещения полюса. Общие закономерности проявлений трансгрессий и регрессий на поверхности Земли определяются суммарным эффектом, обусловленным участием циклических компонент нормального поля ротационных напряжений в тектоногенезе. Кроме того, следует иметь в виду, что это поле ротационных напряжений в одни и те же геологические эпохи имеет различные значения в разных сегментах тектоносферы Земли, что иногда и приводит к недоразумениям при выяснении тектонических закономерностей.

Всякое изменение ротационного режима Земли неизбежно приводит к деформации ее фигуры, которая стремится принять равновесное состояние, соответствующее новым условиям ротационного режима. Можно считать, что в геологическом масштабе времени параметры земного эллипсоида в каждую эпоху будут соответствовать присущему ей ротационному режиму Земли. Ранее показано [5], что перемещение оси вращения Земли относительно геоида влечет за собой изменение напряженного состояния тектоносферы: в двух диаметрально противоположных квадрантах возникают зоны сжатия, а в двух других – зоны растяжения. В данном случае подчеркнем, что земная кора, вместе с присущими ей водными бассейнами, является непосредственным участником этого процесса. Деформация земной коры происходит так, чтобы ее поверхность оказалась максимально близкой с поверхностью нового геоида. Водные массы, обладая максимальной подвижностью, способствуют аппроксимации этих поверхностей. При этом оказывается, что в зонах сжатия наблюдаются преимущественно восходящие движения. Им сопутствует отток водных масс. В зонах растяжения имеют место преимущественно нисходящие движения, образующие структуры геосинклинального типа. Они заполняются водными массами вместе с сопутствующими им терригенными образованиями из районов зон сжатия. Такова природа трансгрессий и регрессий в земной коре. Следовательно, можно констатировать, что *трансгрессии и регрессии на Земле осуществляются в результате совокупного изменения двух параметров: эвстатического уровня Мирового океана и деформации поверхности его дна. Эв-*

статический уровень Мирового океана соответствует поверхности геоида, которая определяется ротационным режимом Земли, присущим рассматриваемой эпохе. Механизм деформации приповерхностной части тектоносферы довольно подробно изложен в учебнике [5]. Добавим к изложенному выше, что каждой фазе тектонической активизации Земли соответствуют определенные волны трансгрессий и регрессий, а суммарный эффект этих явлений в течение тектонической эры (≈ 200 млн. лет) определяет *мировые трансгрессии и регрессии.*

Возвращаясь к оценке вывода А.Л. Яншина об отрицании мировых трансгрессий и регрессий на Земле, отметим следующее *А.Л. Яншин прав, отрицая существование мировых трансгрессий и регрессий, соответствующих первоначальным представлениям о них, как о повсеместном опускании материков в одни геологические эпохи и поднятии – в другие,* вытекавшим из господствовавшей в прошлом веке концепции тектонического развития Земли под действием внутриземных сил, обусловленных спонтанно протекающими в ней физико-химическими процессами. С позиций количественно обоснованной Новой ротационной гипотезы структурообразования наличие явлений трансгрессий и регрессий и их циклический характер сомнений не вызывают. Более того, трансгрессии и регрессии являются неотъемлемой частью процесса деформации тектоносферы в соответствующие эпохи ее тектонических активизаций и подчиняются тем же самым пространственно-временным закономерностям. Прямым доказательством справедливости последнего тезиса является практически единодушное утверждение всех исследователей, занимавшихся этой проблемой, о тесной взаимосвязи трансгрессий и регрессий с конкретными эпохами тектонических активизаций Земли.

К сожалению, выявленные закономерности оказались более сложными, по сравнению с первоначально существовавшими, что и служит основной возникающих иногда недоразумений.

Роль трансгрессий и регрессий в формировании Мирового океана.

Проблема происхождения океанов с позиции Новой ротационной гипотезы структурообразования рассматривалась в статье [4]. В данном случае, по-видимому, целесообразно сделать ряд дополнений, связанных с участием в процессе океанообразования явлений трансгрессий и регрессий (с учетом представлений Г. Штилле), а также – ряда других известных особенностей океанов. Г. Штилле [7] подразделяет все глубоководные океаны на две группы: праокеаны и неокеаны, относя к первой группе те, которые существовали до альгонкского периода, а ко второй – те, которые возникли позднее. Прототипом праокеанов он считает *Тихий океан*, прототипом неокеанов – *Индийский*, а *Атлантический океан* он относит к смешанному типу. Схема их расположения показана на рис. 4.

На рисунке видно, что океаны представляют последовательный широтный ряд: древнейшим из них Г. Штилле считает Тихий океан, Атлантический – среднего возраста, а Индийский – самым молодым. Представляется, что формирование океанических структур происходило по схеме, вполне аналогичной той, которая описана выше для локальных структур геосинклинального типа. Разница заключается только в том, что формирова-

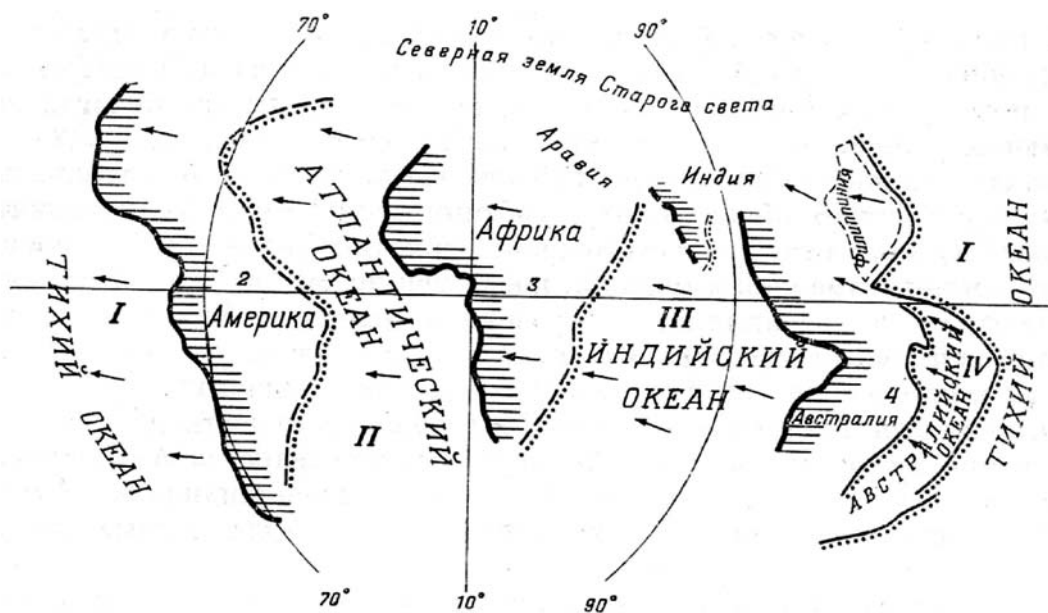


Рис. 4. Континенты и соответствующие Мировые океаны [7].

По автору стрелки указывают предположительное направление перемещения сиалических масс земной коры; по нашим представлениям – они соответствуют направлению пространственного перемещения поля ротационных напряжений в тектоносфере Земли

ние океанических структур под действием разрядки циклической компоненты поле ротационных напряжений с самым большим периодом, соответствующим продолжительности тектонической эры (≈ 200 млн. лет).

Непременным участником формирования океанической структуры являются мировые трансгрессии, в результате которых заполняются водой пониженные места твердого ложа океанической структуры. Из изложенного выше становится ясным, что пространственно-временные закономерности формирования океанических структур и оценка роли в них явлений трансгрессии и регрессии одинаково сложны, т.к. и те и другие определяются результатами совокупного действия циклических компонент разного порядка. В этой связи трудность определения времени начала формирования океанического ложа заключается в том, что размеры сегментов земной коры, в которых наблюдаются активные процессы ее деформации в одну тектоническую эру, оказываются соизмеримыми или даже большими размера современных океанов, а в разные тектонические эры – пересекаются между собой. Следовательно, начало формирования ложа океана может быть связано не с эрой, в течение которой происходило накопление основного объема водной массы, а с предыдущей. Кроме того, сам процесс накопления водных масс (мировая трансгрессия) происходит в виде отдельных волн, соответствующих отдельным фазам тектонической эры. Проще оказывается определить тектоническую эру, во время которой происходило образование основного контура, близкого к настоящему.

В соответствии с нашими представлениями все мировые океаны сформировались в фанерозое: начало образования самого древнего из них – Тихого – возможно относится к альгонкской тектонической эре, а основной

этап формирования Тихого океана с контурами, близкими к современным, происходил в каледонскую тектоническую эру; начало образования Атлантического океана возможно относится к каледонскому времени, а основной этап его формирования проходил в герцинскую тектоническую эру. Начало образования Индийского океана возможно относится к герцинскому, а основной этап его формирования соответствует альпийской тектонической эре.

Особенности рассматриваемых океанов в виде внутренних и окраинных морей безусловно связаны с фазами активизаций основных эр формирования океанической структуры или с предшествующими.

Касаясь закономерности пространственно-временного расположения, нельзя не отметить их широтную, точнее субширотную последовательность расположения в направлении, противоположном вращению Земли. Эта закономерность соответствует направлению пространственного изменения поля ротационных напряжений в тектоносфере Земли во времени.

Исходя из того, что сущность явлений трансгрессий и регрессий непосредственно связана с понятием эвстатического уровня Мирового океана, приведем наши соображения по этому вопросу.

Поскольку в фанерозойский этап геологического развития Земли неизвестны физико-химические процессы планетарного масштаба, связанные с активным выделением или поглощением воды, то общий объем водной массы на Земле считают более или менее постоянным, а наблюдаемые изменения эвстатического уровня Мирового океана исследователи обычно связывают с процессами перехода некоторой части воды в лед и обратно. В связи с этим, заключения об определенном постоянстве эвстатического уровня Мирового океана кажутся вполне логичными. По нашим представлениям эвстатический уровень Мирового океана определяется формой геоида в соответствующую геологическую эпоху. Справедливости ради следует сказать, что аналогичные представления предлагались сторонниками планетарного развития Земли (Ли Сыгуан, М.В. Стовас и др.) еще в прошлом веке, но, к сожалению, их предложения оказались «гласом вопиющего в пустыне».

Выводы. *Изменение эвстатического уровня Мирового океана определяется двумя факторами:*

- *Новой формой геоида в рассматриваемую геологическую эпоху, определяемой преимущественно новым положением оси вращения Земли;*
 - *Новой формой деформированного ложа океана, возникшей в результате разрядки соответствующего поля ротационных напряжений в рассматриваемую тектоническую эпоху.*
1. Довбнич М.М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы // Доповіді НАН України. – 2007. – №11. – С. 105–112.
 2. Довбнич М.М. Оценка влияния космогонических факторов на напряженное состояние тектоносферы // Науковий Вісник Національного гірничого університету. – 2007. – № 4. – С. 34–42.
 3. Страхов Н.М. О периодичности и необратимости эволюции осадкообразования в истории Земли // Изв. АН СССР. Сер. Геологическая. –1949. – №6. – С. 70–77.

4. Тяпкин К.Ф. Происхождение океанов с позиции ротационной гипотезы структурообразования // Доповіді НАН України. – 1995. – №12. – С.76–79.
5. Тяпкин К.Ф. Физика Земли: Учебник. – К.: Вища шк., 1998. – 312 с.
6. Тяпкин К.Ф., Довбнич М.М. О напряжениях, возникающих в тектоносфере в результате изменения ротационного режима упруговязкой Земли // Геофизический журнал. – 2002. – № 2. – С. 52–60.
7. Штиле Г. Некоторые данные и соображения о мировых океанах и обрамляющих их районах // Избранные труды. – М.: Мир, 1964. – С. 864–885.
8. Яншин А.Л. О так называемых мировых трансгрессиях и регрессиях // Бюллетень Моск. общест. испыт. природ. Отдел геолог. – 1973. – №2. – С. 9–45.

Показано, що трансгресії і регресії є безпосередніми учасниками тектонічних активізацій Землі. Вони відбуваються у результаті періодичної розрядки глобального поля ротаційних напружень у тектоносфері та підпорядковуються основним просторово-часовим закономірностям формування тектонічних структур у земній корі. Розглянуто роль цих явищ в утворенні Світового океану.

The global transgressions and regressions take an active part in the Earth's tectonic activation. They result from periodical discharge of the global field of rotational stresses in the tectonosphere and are determined by the main spaciou and temporal regularities of tectonical structures formation in the Earth's crust. The role of these phenomena in the formation of the World Ocean is described in the paper.