

**КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра палеонтологии и стратиграфии

С.О. ЗОРИНА

**МЕХАНИЗМЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В
ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ**

Учебно-методическое пособие

Казань - 2023

УДК 550.3

ББК 26.2

Принято на заседании учебно-методической комиссии ИГиНГТ

Протокол № 5 от 16 марта 2023 г.

Зорина С.О.

Механизмы осадконакопления в эпиконтинентальных бассейнах/

Зорина С.О.. - Казань: Казанский ун-т, 2023. - 33 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для лекционных, семинарских и практических занятий со студентами Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета, изучающими курсы «Палеонтология и стратиграфия», «Методы стратиграфического анализа» и «Секвенс-стратиграфия», «Учение о фациях». Пособие может быть также использовано при проведении семинарских и практических занятий по курсам «Историческая геология» и «Историческая геология с основами палеонтологии». В пособии кратко изложен основной и вспомогательный материал, необходимый студентам и магистрантам для успешного написания выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций по Стратиграфии. Основные разделы пособия составлены с привлечением авторских теоретических разработок и практических примеров, опубликованных в монографиях и научных статьях по фациальному анализу.

© Зорина С.О., 2023

©Казанский университет, 2023

Содержание

1. Понятие фации. Основные механизмы фациальных изменений в эпиконтинентальном бассейне.....	4
2. Особенности осадконакопления в эпиконтинентальном бассейне.....	4
3. Литолого-батиметрические модели.....	5
4. Тектоно-эвстатические временные модели.....	13
4.1. Зависимость литологического строения разрезов от равномерных глобальных эвстатических колебаний и единовременного разноамплитудного прогибания поверхности дна.....	13
4.2. Зависимость литологического строения разрезов от равномерных глобальных эвстатических колебаний и единовременного разноамплитудного воздымания поверхности дна.....	15
5. Эвстатическое временное моделирование и зависимость литологического строения разрезов от неравномерных эвстатических колебаний.....	17
6. Практическое применение тектоно-эвстатического анализа.....	19
7. Фациальные трансформации при поступлении в бассейн седиментации пирокластического материала.....	23
Контрольные вопросы.....	28
Литература.....	29

1. Понятие фации. Основные механизмы фациальных изменений в эпиконтинентальном бассейне

Фациальный анализ является важнейшим инструментом изучения эволюции осадочного бассейна с практической отдачей в виде установления критериев локализации горючих и твердых полезных ископаемых. Теоретическая основа метода имеет длительную историю разработки (с VII века) и изложена в фундаментальных трудах многих поколений отечественных и зарубежных геологов: В.П. Алексеева (2003-2010); А.Д. Архангельского (1912); А.А. Борисяка (1922); Л.Н. Ботвинкиной (1962); Н.А. Головкинского (1868); Ю.А. Жемчужникова (1959); Г.А. Иванова (1967); А.А. Иностранцева (1872); Г.Ф. Крашенинникова (1971); Г.П. Леонова (1974); Н.В. Логвиненко (1974); Д.В. Наливкина (1955-1956); Л.В. Пустовалова (1933); Л. Слосса и др. (1953); Н.М. Страхова (1960); Г.И. Теодоровича (1947, 1958); П.П. Тимофеева (1969); А.Е. Ферсмана (1934); В.Т. Фролова (1984); В.Е. Хаина (1964); Н.С. Шатского (1955); А. Gressly (1838, 1840); Р. Мооге (1953); С. Pruvost (1837-1838); Renevier (1884); С. Teichert (1958); J. Walther (1893) и многих других.

Несмотря на обилие определений «фации», суть этого понятия практически не изменилась со времен Н.А. Головкинского. Наиболее четко она сформулирована в учебно-методическом пособии В.П.Алексеева [2003] «Литолого-фациальный анализ»: *«Фация — это обстановка осадконакопления, овеященная в осадке или породе (Жемчужников и др., 1959; Тимофеев, 1969) ... Она включает один или несколько (как правило, 2 - 4) литогенетических (генетических) типа пород - литологических разностей, обладающих устойчивой совокупностью определенных диагностических признаков.»*

Механизмы изменения фациального облика осадочных последовательностей в эпиконтинентальном бассейне можно рассмотреть в трех аспектах, представляющих собой основные группы факторов формирования морских осадочных толщ: с позиции смены режима гравитационной дифференциации вещества во времени в связи с изменением глубины бассейна, с позиции трансформации вещества при поступлении в бассейн седиментации продуктов взрывного вулканизма и при климатических флуктуациях. И если последний из факторов подробнейшим образом разработан Н.М. Страховым [1960 а, б] и выражен в выделенных им типах литогенеза, то первые два нуждаются в дополнительном пояснении и рассматриваются в настоящем пособии.

2. Особенности осадконакопления в эпиконтинентальном бассейне

Как известно, эпиконтинентальные бассейны – это внутренние, преимущественно мелководные платформенные моря, связанные с океанами проливами и периодически утрачивающие эту связь. В отличие от пассивных окраин, эпиконтинентальные бассейны характеризуются сложной (разнонаправленной и разноамплитудной) вертикальной тектоникой, которая либо препятствует, либо усиливает влияние глобальных эвстатических колебаний.

Ярким примером эпиконтинентального бассейна является юрско-палеогеновое море Русской плиты. По терминологии Н.М. Страхова, это было плоскодонное [Страхов, 1960] шельфовое море проливного характера, с неровным рельефом дна и обилием островов [Сазонова, Сазонов, 1967]. Глубина бассейна соответствовала преимущественно области мелководного шельфа [Атлас литолого-палеогеографических..., 1967, 1969]. В нем отсутствовал такой важнейший элемент строения классических бассейнов седиментации как материковый склон, способствующий формированию секвенционных тел при колебаниях уровня моря. В рассматриваемом эпиконтинентальном бассейне флуктуации глубины бассейна приводили к миграции береговой линии на значительные расстояния и накоплению протяженных (сотни километров) аградационных слоевых ассоциаций, или платформенных секвенций.

Наложение вертикальных тектонических движений на глобальные эвстатические флуктуации обусловило наличие в осадочном чехле Русской плиты многообразных разновозрастных антеклиз и синеклиз, а также инверсионных структур. Ярким примером последних является юрско-меловой Ульяновско-Саратовский прогиб, наложенный на пермские отложения Волго-Уральской антеклизы [Герасимов и др., 1962; Сазонова, Сазонов, 1967].

Итогом совместных тектоно-эвстатических колебаний в полузамкнутом внутреннем бассейне является изменение его глубины и размеров. Генерализация (упрощение) простых и сложных комбинаций разноранговых и разноамплитудных флуктуаций двух вышеупомянутых факторов, определяющих изменение глубины бассейна седиментации и, соответственно, фациальной обстановки, позволяет во многом разобраться, каковы генетические особенности формирования мезозойской осадочной последовательности.

В отличие от классических секвенционных моделей Г. Айнслея [Einsele, 2000], Д. Ван Вагонера [Van Wagoner et al., 1990], У. Галлоуэя [Galloway, 1989] и О. Катуняну [Catuneanu, 2002], литолого-батиметрическое моделирование рассматривает тектонические и эвстатические процессы во временном аспекте. При этом отчетливо проявляются не только литолого-фациальные изменения, но и перерывы. Модели показывают, при каких тектоно-эвстатических условиях накапливаются осадки, отвечающие различным батиметрическим зонам.

3. Литолого-батиметрические модели

Моделирование изменения батиметрии во времени и связанного с ней фациального облика осадочного разреза проведено посредством суммирования влияния глобальной эвстазии и регионального «тектонического шума». На конкретной литолого-батиметрической модели это выглядит как вычисление положения регионального эвстатического уровня моря (РУМ) (глубина бассейна) при многовариантных положениях глобального уровня моря (ГУМ) и уровня дна седиментации (УДС) (рис. 1).

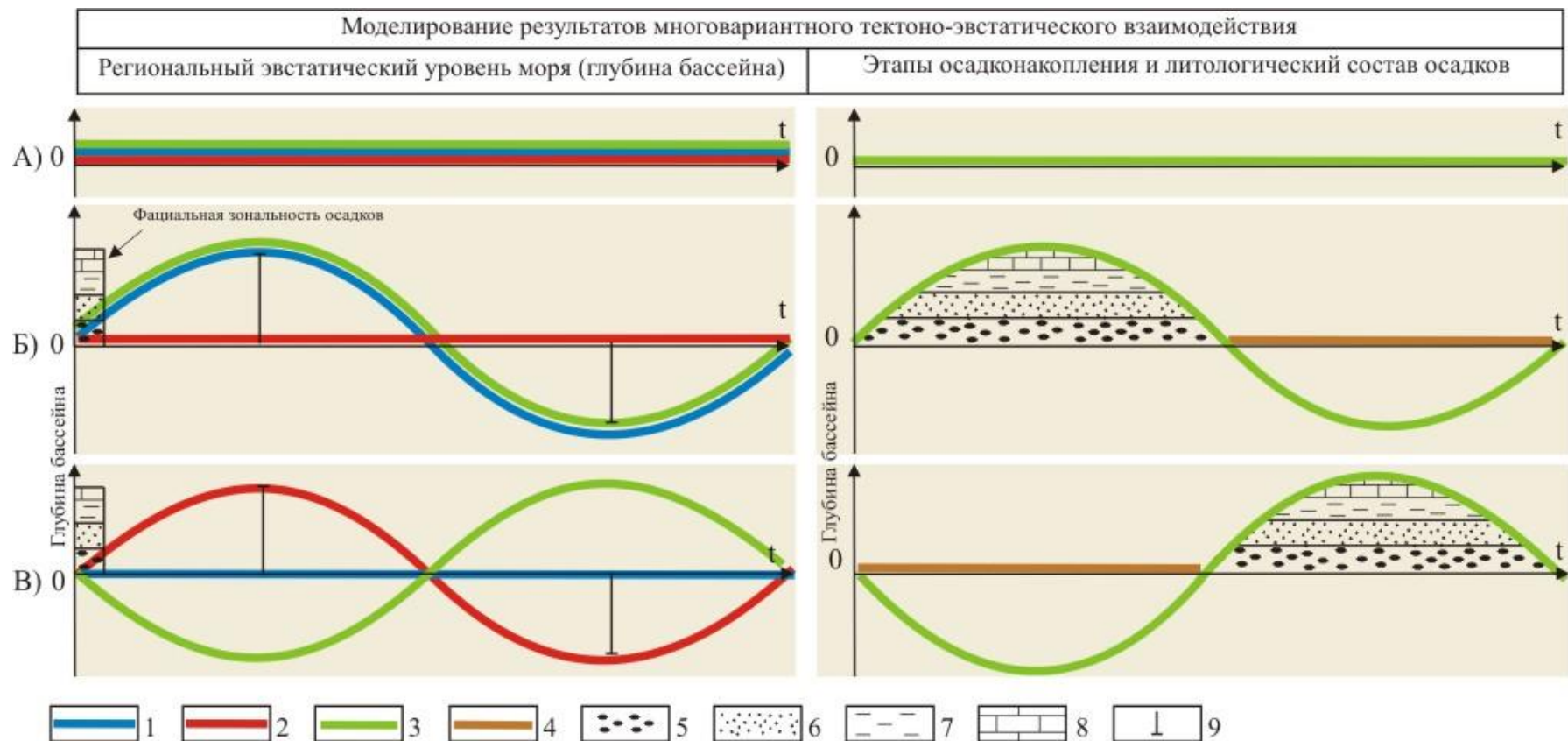


Рис. 1. Генерализованные литолого-батиметрические временные модели.

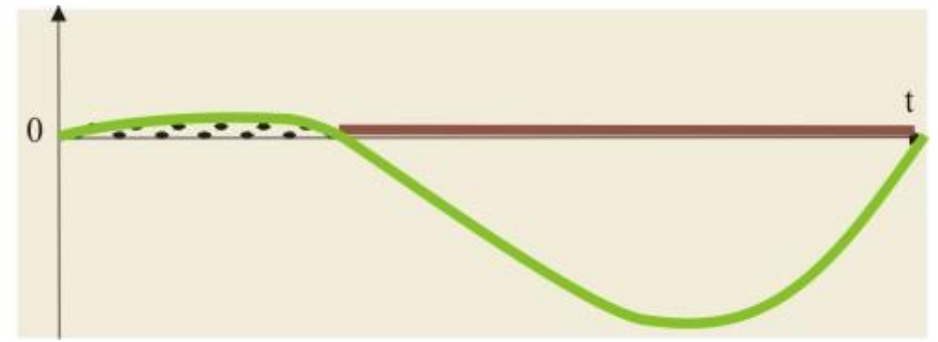
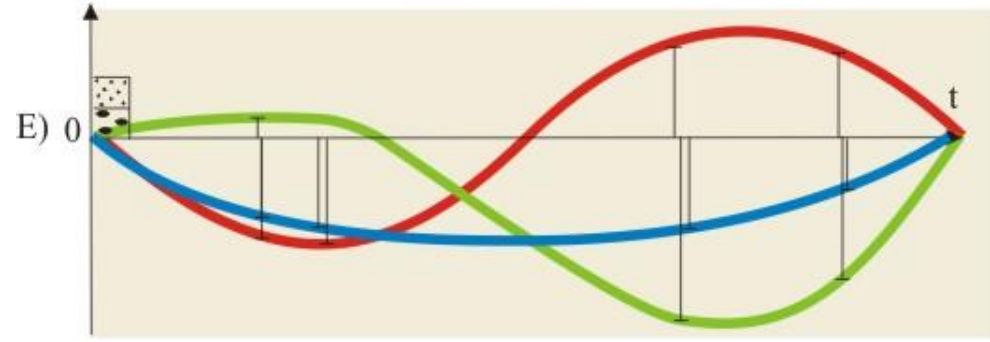
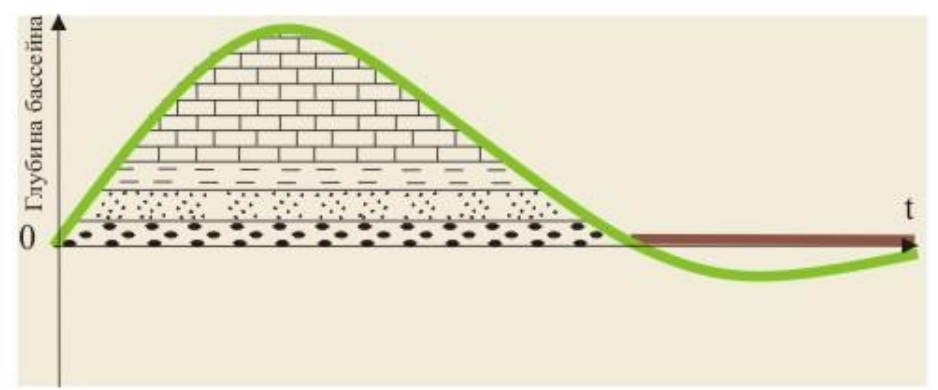
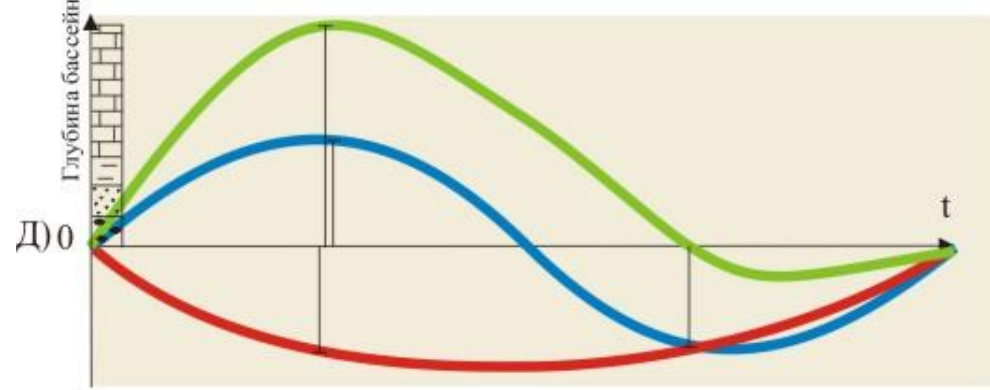
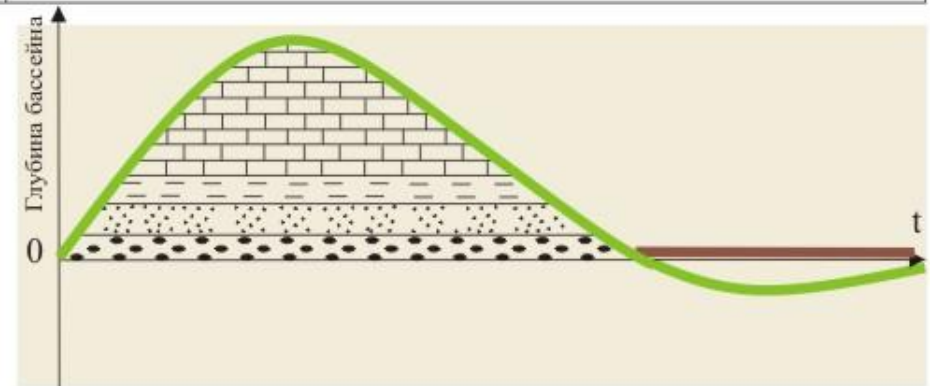
Условные обозначения: 1 - глобальный уровень моря; 2 - уровень дна седиментации; 3 - региональный уровень моря (глубина бассейна); 4 - временной интервал, на который приходится перерыв в осадконакоплении; 5-8 - фашиальный спектр осадков от грубообломочных до тонких илов, отлагающихся по мере удаления от береговой линии вглубь бассейна; 9 - отклонение эвстатического и эпейрогенического уровня от уровня, принятого за нулевой.

А - отсутствие влияния глобальной эвстазии и региональной эпейрогении; Б - отсутствие эпейрогении, полный цикл глобального изменения уровня моря; В - отсутствие влияния глобальной эвстазии, полный эпейрогенический цикл; Г - полный эпейрогенический цикл, положительная фаза глобального эвстатического цикла; Д - полный глобальный эвстатический цикл, отрицательная фаза эпейрогенического цикла; Е - эпейрогенический цикл, отрицательная фаза глобального эвстатического цикла; Ж, З, И - полные циклы глобальных эвстатических и эпейрогенических колебаний: Ж - находящиеся в противофазе, З, И - со смещенными на четверть времени t фазами; К - полный глобальный эвстатический цикл, одновременное прогибание поверхности седиментации на величину, равную максимальному росту (падению) глобального уровня моря; Л - полный глобальный эвстатический цикл, одновременное воздымание поверхности седиментации на величину, равную максимальному росту (падению) глобального уровня моря; М - полные синфазные циклы глобальных эвстатических и региональных эпейрогенических колебаний, последний из которых смещен в отрицательную область относительно нулевого уровня на величину, равную максимальному росту (падению) уровня моря.

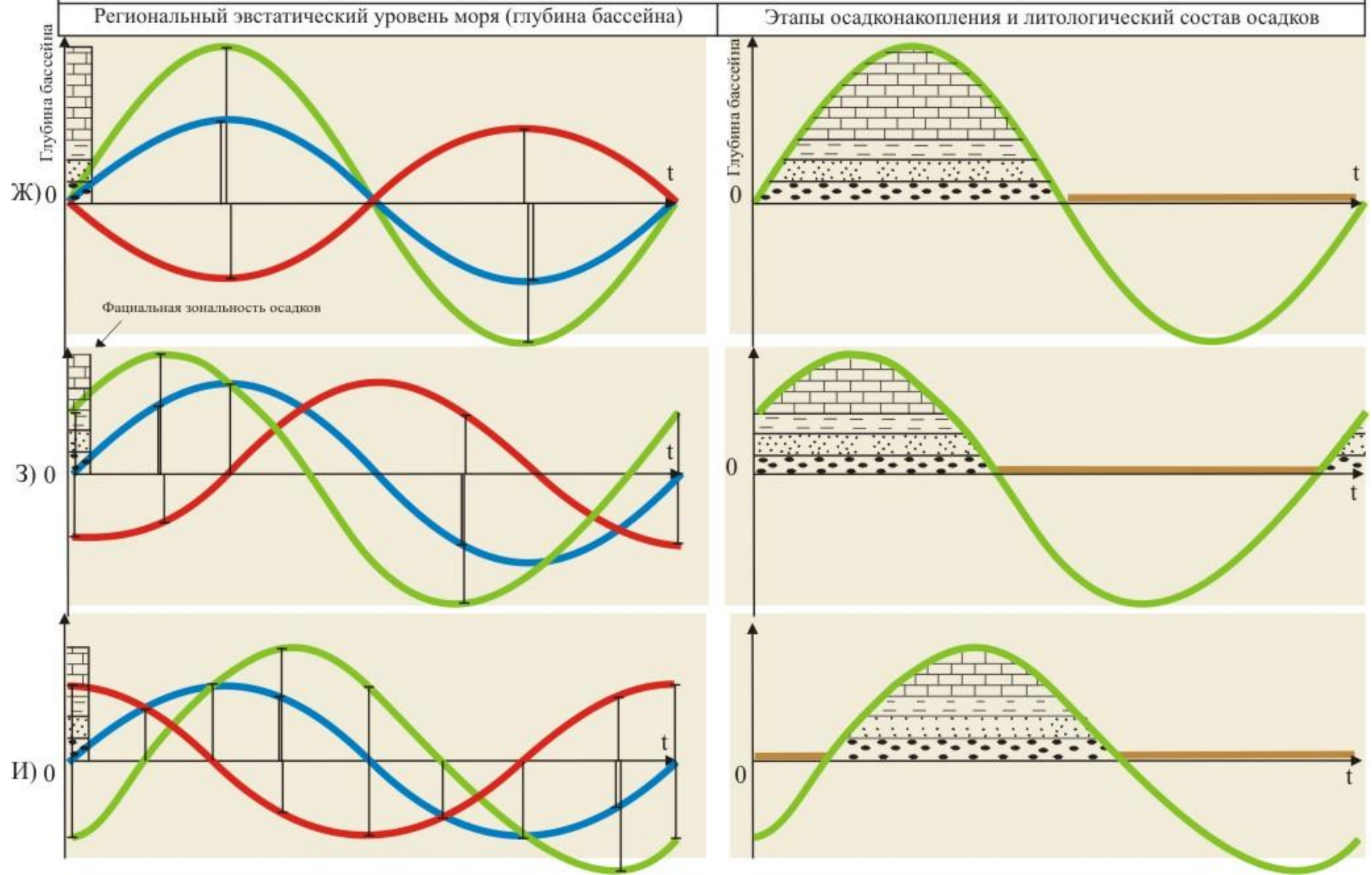
Моделирование результатов многовариантного тектоно-эвстатического взаимодействия

Региональный эвстатический уровень моря (глубина бассейна)

Этапы осадконакопления и литологический состав осадков



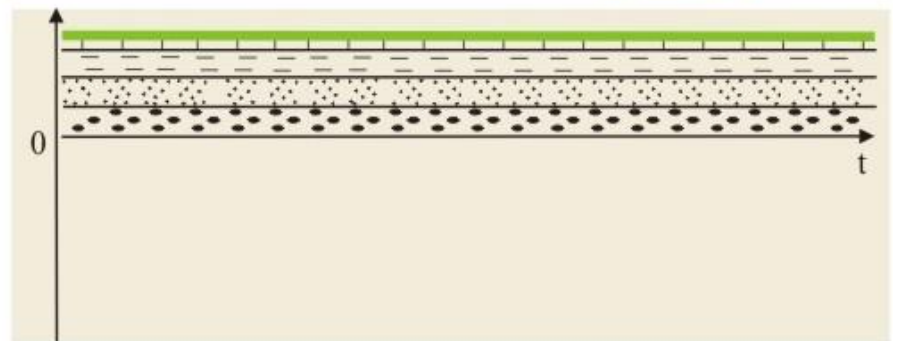
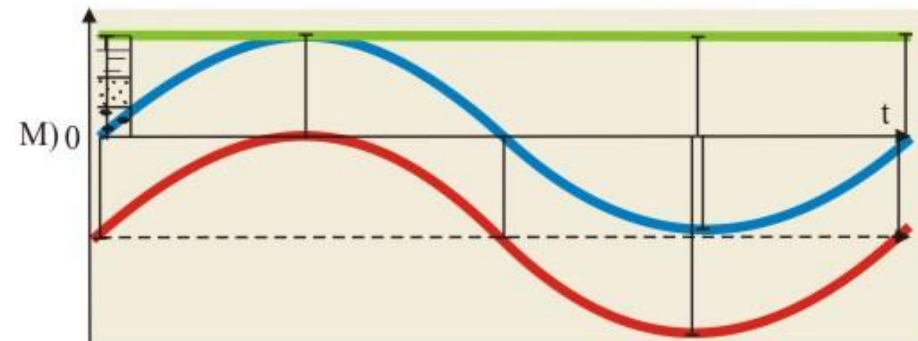
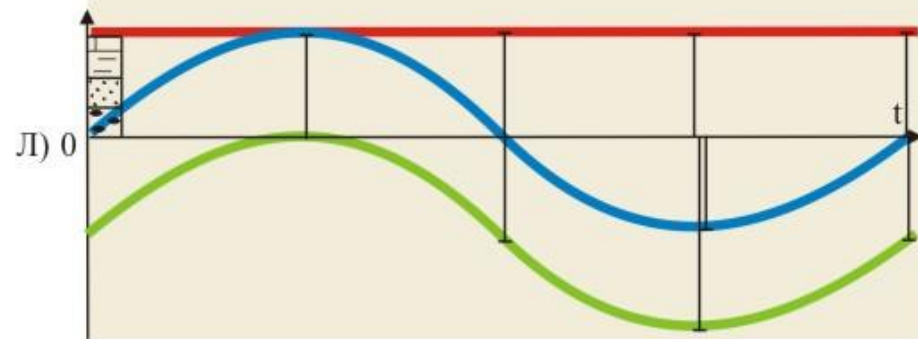
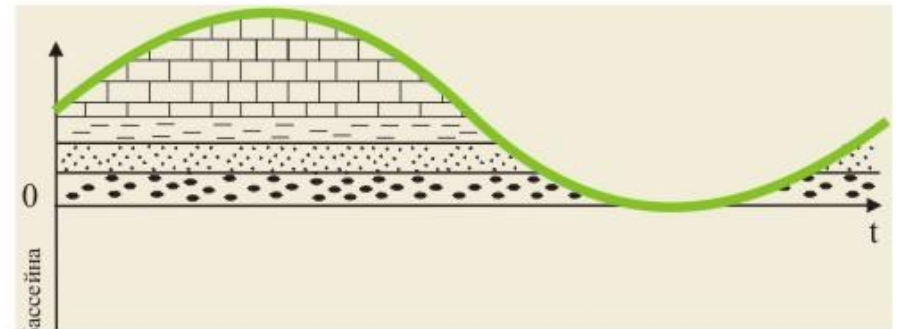
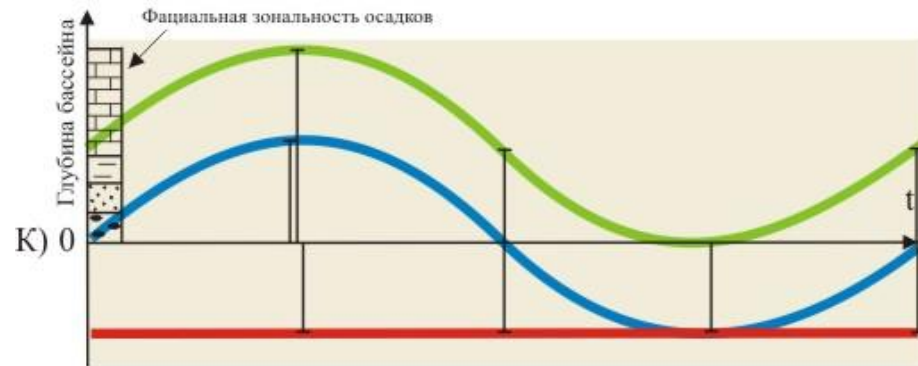
Моделирование результатов многовариантного тектоно-эвстатического взаимодействия



Моделирование результатов многовариантного тектоно-эвстатического взаимодействия

Региональный эвстатический уровень моря (глубина бассейна)

Этапы осадконакопления и литологический состав осадков



Положение всех трех уровней относительно принятой нулевой линии за некоторый промежуток времени t приведено в левой колонке модели. Правая ее часть демонстрирует этапы осадконакопления и перерывов и литологический состав сформированной осадочной толщи.

Простейший вариант тектоно-эвстатической ситуации рассмотрен на рисунке 1А. При отсутствии влияния глобальной эвстазии и «тектонического шума» результирующий РУМ будет также нулевым, осадконакопления не происходит.

Если за время t вертикальных тектонических подвижек не произошло, а глобальная эвстазия проявлена полным циклом изменения уровня моря, РУМ будет полностью синхронным глобальному эвстатическому циклу (рис. 1Б). Этот вариант достаточно широко распространен в геологической истории бассейнов, а исследователи часто указывают на «эвстатические сигналы» в осадочных разрезах. Равномерное колебание РУМ относительно нулевой линии обуславливает равные по длительности этапы осадконакопления и перерыва.

Аналогичный результат моделируется при отсутствии влияния глобальной эвстазии и полном цикле вертикальных тектонических движений (рис. 1В). Причем, положение РУМ, этапы осадконакопления и перерывы, литологический состав и хроностратиграфические особенности осадочной последовательности будут полностью идентичными предыдущему варианту, только накопление осадочной последовательности произойдет во вторую половину цикла.

Следующие три варианта посвящены более сложным – разноранговым тектоно-эвстатическим взаимодействиям (рис. 1Г,Д,Е). При полном цикле вертикальных тектонических движений и положительной фазе глобального эвстатического цикла амплитуда РУМ будет значительно превышать собственно амплитуды эвстатического и тектонического воздействия на этапе прогибания поверхности дна (рис. 1Г). Это означает такую очевидную ситуацию: эвстатический рост, осложненный прогибанием поверхности дна приводит к еще более мощному углублению бассейна. В итоге длительность этапа осадконакопления будет значительно превышать перерыв, а в составе осадочной последовательности появятся самые глубоководные члены фациального спектра.

В варианте, когда объединяется влияние полного эвстатического цикла и отрицательной фазы тектонического цикла, результат будет полностью аналогичным предыдущему варианту (рис. 1Д). Большая часть времени t будет приходиться на осадконакопление, включая наиболее глубоководные фации. Максимальное углубление бассейна, как и в варианте Г, произойдет в середине первой половины временного промежутка t , когда влияние прогибания территории и роста уровня моря практически удвоится.

Противоположная картина наблюдается при компенсации полного цикла вертикальных тектонических движений отрицательной фазой эвстатического

цикла (рис. 1Е). РУМ будет находиться преимущественно в отрицательной области (ниже нулевой линии).

Кратковременный этап осадконакопления произойдет в крайне мелководном бассейне, в котором сформируются только грубообломочные осадки.

Следующее усложнение тектоно-эвстатической ситуации состоит в смещении по времени фаз рассматриваемых циклов (рис. 1 Ж, З, И). Для наглядности сначала рассмотрим вариант, когда эвстатический и тектонический циклы находятся в противофазе, т.е. смещение во времени составляет половину цикла (рис. 1 Ж). Результат такого взаимодействия – РУМ – будет представлять собой полный цикл колебания относительно нулевой линии с амплитудой, представляющей собой сумму амплитуд эвстатического и тектонического колебаний. Иными словами, это классический вариант полного совпадения начала и конца циклов, когда эти два фактора усиливают влияние друг друга. Этапы осадконакопления и перерыва будут равными по длительности. Глубина бассейна в первой четверти цикла достигнет максимальных отметок, а в строении разреза будут участвовать все члены фациального ряда, с преобладанием глубоководных.

При смещении эвстатического и тектонического циклов относительно друг друга на четверть цикла результирующая картина их взаимодействия будет отличаться от ранее рассмотренных вариантов смещением во времени начала и окончания этапов осадконакопления и перерывов (рис. 1 З, И). Амплитуда РУМ в каждый момент времени будет представлять собой сумму (при усилении влияния эвстатии прогибанием) или разницу (при «затушевании» влияния эвстатии воздыманием) амплитуд рассматриваемых циклов. Этап осадконакопления по длительности будет равен этапу перерыва, но отрезок времени, на который придется формирование осадочного разреза, может начаться практически в любой момент времени t . Это будет зависеть от степени совпадения начала эвстатического и тектонического цикла.

Дальнейшее усложнение моделирования заключается в смещении положения рассматриваемых уровней относительно нулевого уровня (рис. 1 К, Л, М).

При единовременном прогибании поверхности седиментации на величину, равную максимальному росту (падению) глобального уровня моря, и воздействию на этом фоне полного цикла глобальных эвстатических колебаний РУМ будет представлять собой цикл, полностью находящийся в положительной области (рис. 1 К). Величина смещения цикла РУМ будет равна величине единовременного прогибания территории, в итоге практически весь промежуток времени t будет происходить разнофациальное осадконакопление – от полного набора всех членов фациального спектра (при максимуме РУМ) до редуцированных разрезов с формированием преимущественно грубообломочных осадков (при минимуме РУМ).

Противоположный эффект дает полный глобальный эвстатический цикл на фоне единовременного воздымания поверхности седиментации на величину, равную максимальной величине роста (падения) глобального уровня

моря (рис. 1Л). Результирующий цикл РУМ полностью сместится в отрицательную область, т.е. осадконакопления не произойдет.

Интересная картина осадконакопления моделируется при полных синфазных циклах глобальных эвстатических и вертикальных тектонических колебаний, последний из которых смещен в отрицательную область относительно нулевого уровня на величину, равную максимальному росту (падению) уровня моря (рис. 1 М). В этом случае РУМ не будет испытывать каких-либо изменений, глубина бассейна будет постоянной, а процесс накопления всего фациального спектра осадков будет непрерывным и равномерным.

Важнейшей целью проведенного моделирования было определение положения регионального эвстатического уровня моря (глубины бассейна) при многовариантных положениях глобального уровня моря (ГУМ) и уровня дна седиментации (УДС). По вычисленной глубине бассейна нетрудно определить, породы какой части фациального спектра сформируются в любой момент временного промежутка t .

По результатам проведенного моделирования установлены следующие общие закономерности, справедливые для любого из рассмотренных вариантов.

1. При пересечении кривых ГУМ и УДС, РУМ равен нулю. Т.е. при компенсации глобальной эвстазии вертикальными тектоническими движениями положительного знака осадконакопления не происходит.

2. Если УДС равен нулю, то РУМ совпадает с ГУМ. Т.е. при отсутствии влияния «тектонического шума», глубина бассейна полностью контролируется фактором глобальной эвстазии.

3. Положительная область РУМ приходится на осадконакопление, отрицательная – на перерыв.

4. Если ГУМ находится в отрицательной области, а УДС – в положительной, то РУМ находится в отрицательной области. При данном варианте территория выведена на сушу.

5. Если ГУМ равен нулю (ГУМ совпадает с принятым нулевым уровнем), то РУМ соответствует УДС, взятому с противоположным знаком: при воздымании дна седиментации бассейн обмелевает на величину воздымания, а при прогибании дна – бассейн углубляется на эту же величину.

6. Если ГУМ находится в положительной области, а УДС – в отрицательной, то РУМ находится в положительной области, причем его величина складывается из амплитуд ГУМ и УДС. Т.е. при одновременном росте глобального уровня моря и прогибании дна седиментации, углубление бассейна усиливается.

7. Если ГУМ и УДС находятся в отрицательной области, то РУМ вычисляется как разница амплитуд УДС и ГУМ. Т.е. при одновременном падении глобального уровня моря и прогибании поверхности дна, глубина бассейна будет зависеть от амплитуды преобладающего процесса. Если преоб-

ладает падение глобального уровня над прогибанием, территория будет выведена на сушу. При преобладании прогибания осадконакопление продолжится.

Следует еще раз отметить, что все 12 моделей являются генерализованными. Это главным образом свидетельствует о существовании еще более сложных вариантов совместного тектоно-эвстатического взаимодействия при формировании осадочных толщ.

При интерпретации литологического состава хроностратиграфически расчлененных непрерывных осадочных последовательностей перед исследователями встает задача, обратная проведенному моделированию. Она заключается в восстановлении регионального эвстатического и тектонического режимов по особенностям изменения литологического строения разрезов в пространственно-временном аспекте.

4. Тектоно-эвстатические временные модели

В настоящем разделе более подробно рассмотрены две сходные литолого-батиметрические модели, а именно - полный цикл глобальных эвстатических колебаний с единовременным прогибанием (рис. 1 К) и воздыманием (рис. 1 Л) поверхности седиментации в начале цикла. В зависимости от величины прогибания / воздымания за время t будет происходить разнофациальное осадконакопление – от полного спектра всех членов фациального ряда до монофациальных или, наоборот, редуцированных разрезов с формированием преимущественно грубообломочных осадков или полным прекращением осадкообразования.

4.1. Зависимость литологического строения разрезов от равномерных глобальных эвстатических колебаний и единовременного разноамплитудного прогибания поверхности дна

Генерализация возможных вариантов строения осадочного разреза, формирующихся в рамках эвстатического цикла с равномерной скоростью повышения и снижения уровня моря, осложненного влияниями единовременных (однократных, с последующей стабилизацией) *прогибаний дна* в начале эвстатического цикла, представлена на рисунке 2.

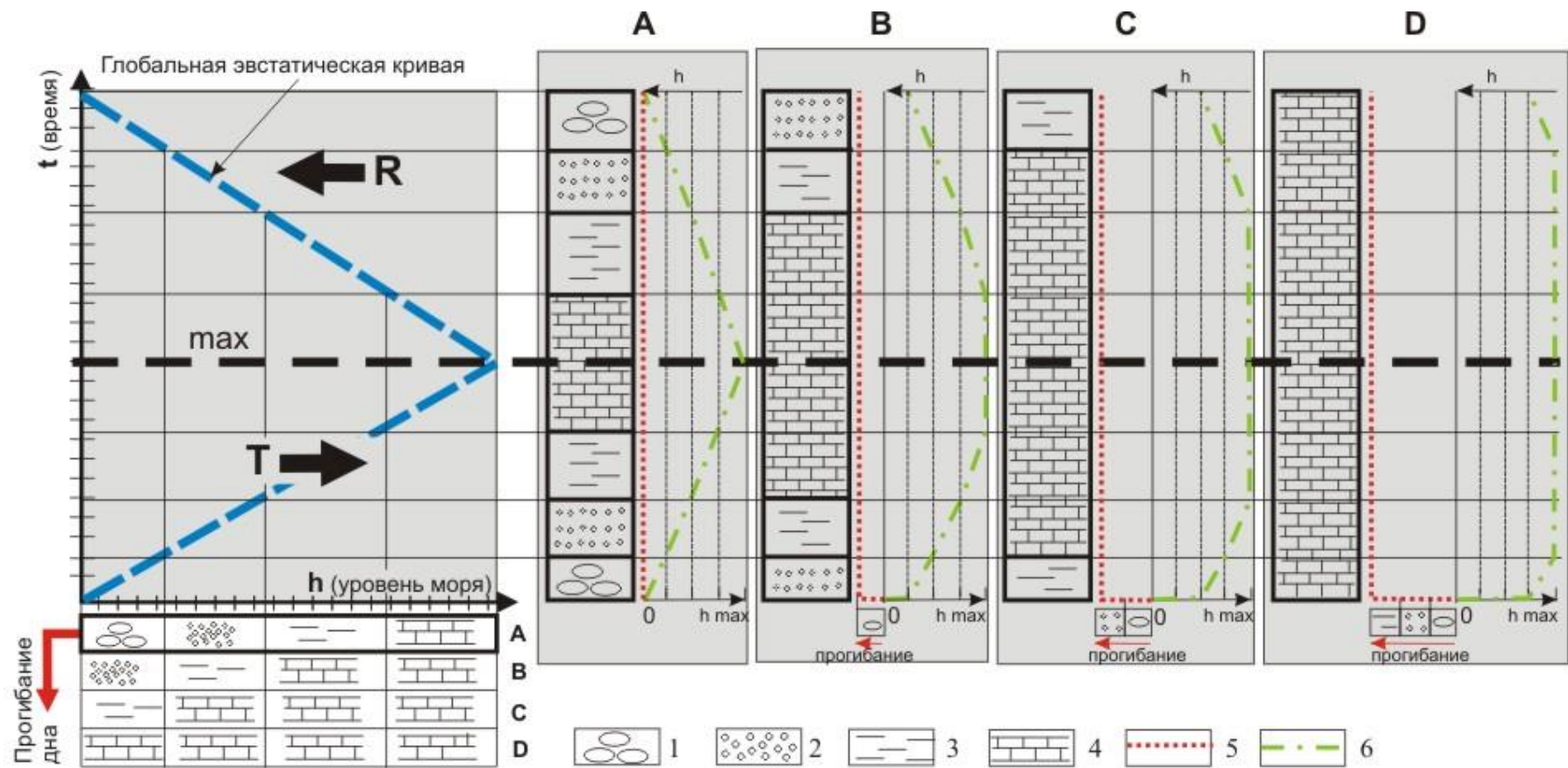


Рис. 2. Генерализованная тектоно-эвстатическая временная модель и зависимость литологического строения разрезов от равномерных глобальных эвстатических колебаний и единовременного разноамплитудного прогибания поверхности дна. Условные обозначения: h - глобальный уровень моря в абсолютных единицах, t - время, T - трансгрессивная часть цикла, R - регрессивная часть цикла. 1-4 - фациальный переход от грубых осадков к тонким илам; 5 - региональная эпейрогеническая кривая; 6 - региональная эвстатическая кривая. А-D - фациальная зональность осадков и проекции на временную ось этапов их формирования при равномерном росте / падении уровня моря: А - до прогибания; В, С и D - с единовременным разноамплитудным прогибанием дна бассейна в начале эвстатического цикла.

В левой части рисунка показан схематизированный полный эвстатический цикл с одинаковыми по длительности трансгрессивной и регрессивной его частями. Это глобальный эвстатический фактор, который воздействует на эпиконтинентальный осадочный бассейн, увеличивая его глубину и площадь в первую (трансгрессивную) половину цикла и уменьшая – во вторую (регрессивную). В случае отсутствия «тектонического шума» (вариант **A**) с увеличением уровня моря во времени в разрезе будет наблюдаться равномерная смена фациального ряда осадков от грубых фаций к тонким илам, характерная для углубления бассейна.

Падение глобального уровня моря вызовет равномерное обмеление бассейна и образование обратной фациальной последовательности.

Если амплитуда единовременного прогибания дна будет сопоставима с разницей глубин накопления соседних членов фациального ряда, то в трансгрессивную часть цикла сформируется последовательность слоев, в которой фациальный спектр будет смещен на 1 фацию в направлении более глубоководных осадков (вариант **B**).

При все более интенсивном прогибании из разреза будут исчезать грубообломочные фации (вариант **C**), а при «мгновенном» и высокоамплитудном прогибании (вариант **D**) равномерный рост уровня моря никак не отразится на литологическом составе осадков, т.к. фациальный спектр с самого начала осадконакопления сместится к самым глубоководным фациям, которыми и будет представлен весь разрез. Таким образом, при одновременном росте глобального уровня моря и прогибании дна бассейна происходит дополнительное углубление бассейна.

4.2. Зависимость литологического строения разрезов от равномерных глобальных эвстатических колебаний и единовременного разноамплитудного воздымания поверхности дна

Возможные варианты литологического строения разрезов, формирующихся за полный цикл роста и падения глобального уровня моря при однократном разноамплитудном *воздымании дна*, представлены на рисунке 3. Вариант **E** полностью идентичен варианту **A** рисунка 2, в котором отсутствует влияние вертикальных тектонических движений, и за полный эвстатический цикл формируется разрез, представленный симметричной сменой всего фациального спектра осадков. При единовременном подъеме поверхности дна на величину, сопоставимую с разницей глубин накопления соседних членов фациального ряда, в разрезе будет отмечаться смещение на одну фацию в сторону мелководья, осадконакопление начнется позже и закончится раньше, а за счет уменьшения общей глубины бассейна из последовательности накопившихся фаций осадков исчезнет самая глубоководная (вариант **F**).

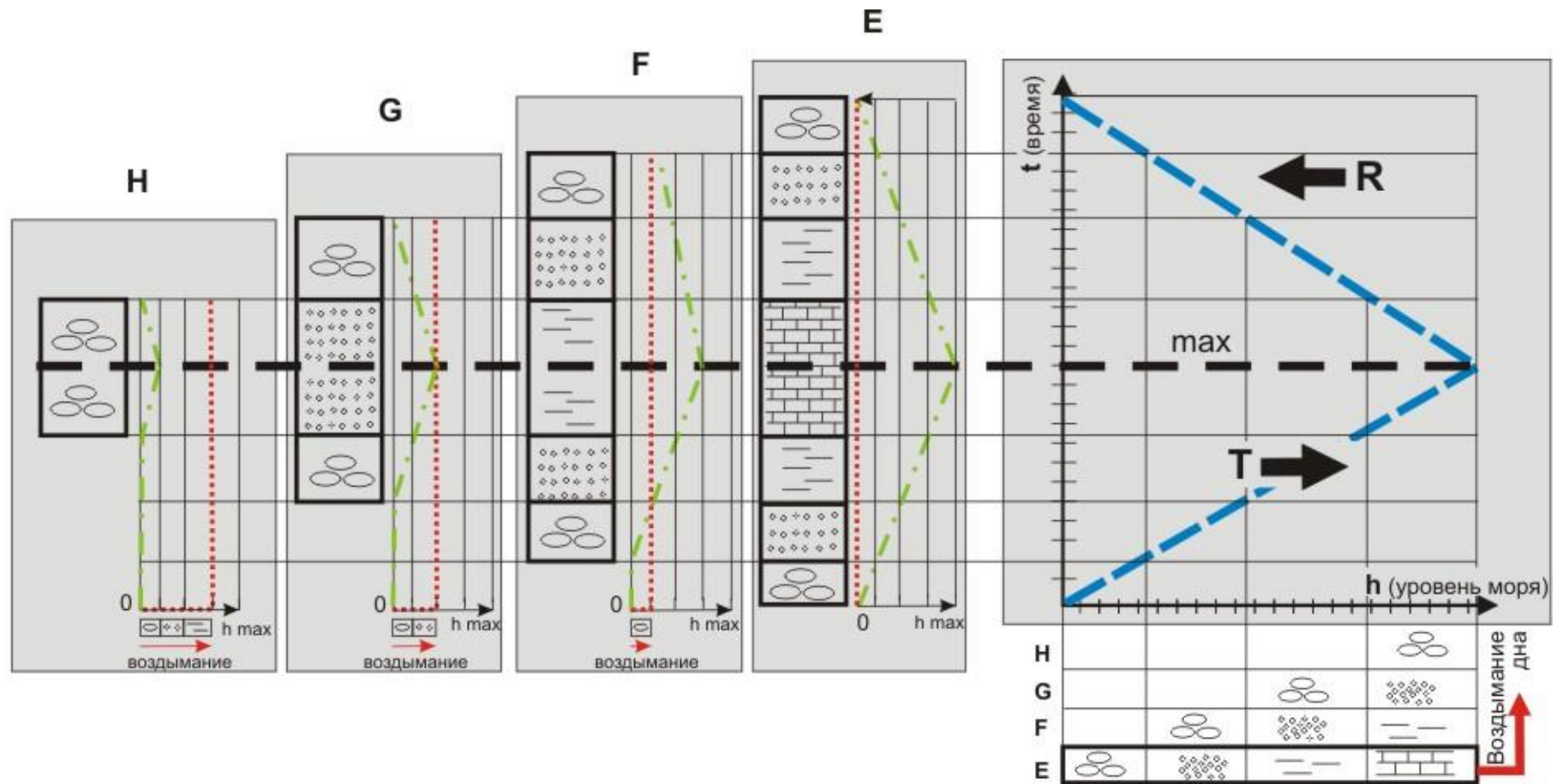


Рис. 3. Генерализованная тектоно-эвстатическая временная модель и зависимость литологического строения разрезов от равномерных глобальных эвстатических колебаний и единовременного разноамплитудного воздымания поверхности дна. Условные обозначения: литологию см. на рис. 2. Е-Н - фациальная зональность осадков и проекции на временную ось этапов их формирования при равномерном росте / падении уровня моря: Е - до воздымания дна; F, G и Н - с единовременным разноамплитудным воздыманием дна бассейна в начале эвстатического цикла.

При более интенсивном воздымании (вариант **G**) временной интервал осадкообразования будет еще больше сокращен, общая глубина бассейна уменьшится, разрез будет представлен мелководными фациями. При «мгновенном» высокоамплитудном подъеме (вариант **H**) территория теоретически может выйти на сушу, а береговая линия испытать значительное смещение.

Динамика представленных вариантов (от **E** к **H**) демонстрирует все большее обмеление бассейна и сохранение осадконакопления только при максимальном стоянии глобального уровня моря. Таким образом, вертикальные тектонические движения положительного знака «затушевывают» глобальные эвстатические колебания вплоть до полного обмеления бассейна и, что очень важно, способствуют сокращению времени осадконакопления. Последний вывод во многом объясняет несовпадение во времени начала влияния глобальных эвстатических импульсов в разных участках одной платформы или на разных платформах.

В предложенных тектоно-эвстатических моделях возможные варианты литологического строения осадочных разрезов сопровождаются региональными эвстатическими и тектоническими кривыми, отражающими вклад относительных эвстатических колебаний и «тектонического шума», суммарное влияние которых определяет глубину бассейна и, как следствие, - литологический состав формирующихся осадков. Практическая значимость предложенного моделирования заключается в появившейся возможности построения этих кривых.

5. Эвстатическое временное моделирование и зависимость литологического строения разрезов от неравномерных эвстатических колебаний

При проведении тектоно-эвстатического моделирования в качестве одного из условий было принято, что глобальные эвстатические колебания происходят с равномерной скоростью в пределах всего цикла. Весьма интересным представляется моделирование обстановок формирования осадочных разрезов при отсутствии «тектонического шума» и при *неравномерных* (разноскоростных) эвстатических колебаниях.

В реальной геологической обстановке скорость эвстатических колебаний не остается постоянной даже в пределах одного цикла, что соответственно отражается на литологическом строении осадочных толщ. Некоторые возможные варианты подобной зависимости приведены на эвстатической временной модели (рис. 4).

На данной модели показан одностадийный эвстатический цикл, который можно представить с двух позиций: 1- как результат совместного действия глобальной эвстазии и региональной «тектонического шума», 2 – как глобальный цикл эвстатических колебаний при отсутствии вертикальных тектонических движений.

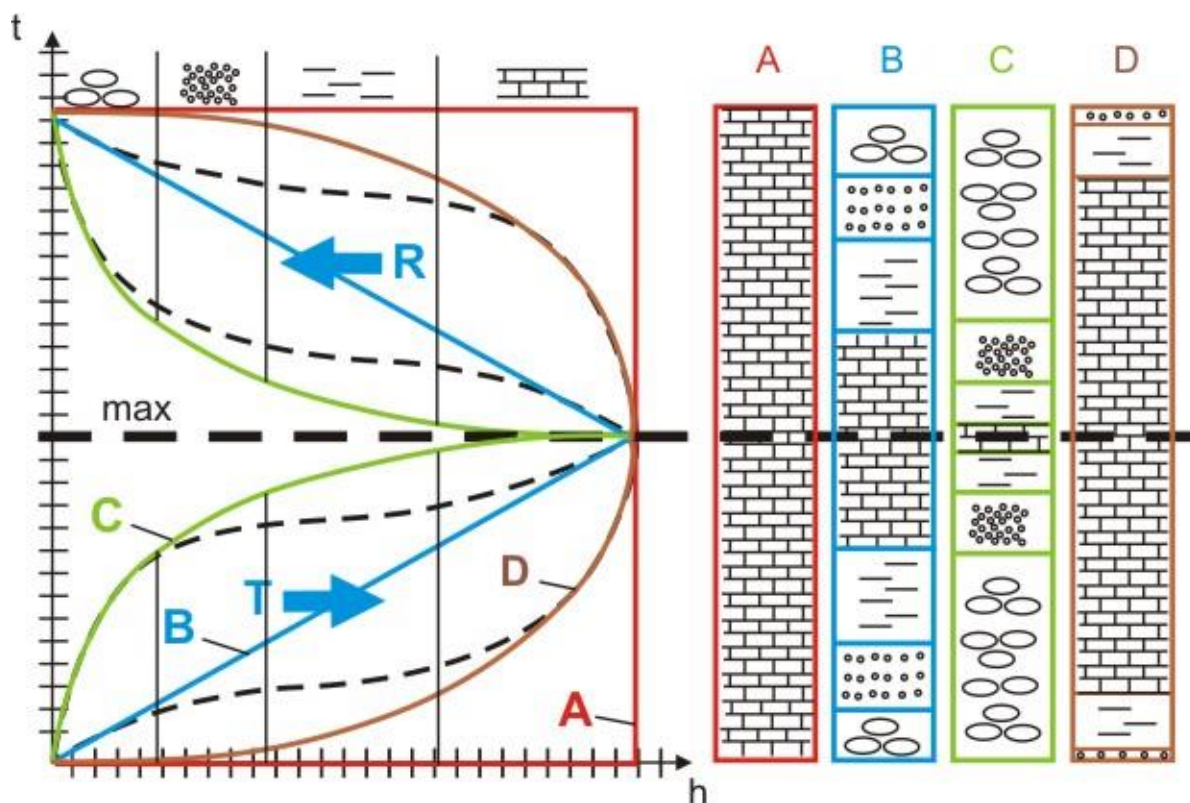


Рис. 4. Генерализованная временная модель эвстатического цикла и зависимость литологического строения разрезов от изменения скорости эвстатических колебаний.

Условные обозначения: h - уровень моря в абсолютных единицах, t - время, T - трансгрессивная часть цикла, R - регрессивная часть цикла, A - мгновенное повышение / стабилизация уровня моря, B - равномерное повышение уровня моря, C - медленное / быстрое повышение уровня моря, D - быстрое / медленное повышение уровня моря. Литологию см. на рис. 2.

Рассмотрены четыре варианта изменения скорости эвстазии: **A** – «мгновенный» рост уровня моря до максимальных значений с последующей стабилизацией в течение времени t и «мгновенным» падением до 0; **B** – равномерный рост уровня моря до максимума и равномерное падение до 0; **C** – медленное повышение с переходом в быстрое повышение до максимума, последующее быстрое снижение с переходом в медленное снижение до 0; **D** – быстрое повышение с переходом в медленное повышение до максимума, дальнейшее медленное снижение с переходом в быстрое падение до 0.

В связи с неравномерной скоростью эвстатического роста и падения (варианты **A**, **C**, **D**) длительности этапов накопления разных членов фациального ряда будут различаться. Так, в варианте **A** присутствует только фация, соответствующая достигнутому уровню моря: в рассматриваемом случае это самая глубоководная фация. Варианты **C** и **D** являются промежуточными: доминирующую роль в разрезах играют фации, сформированные на наиболее длительных этапах медленного роста или падения уровня моря. В варианте с

равномерной эвстазией (**В**) этапы формирования всех фаций окажутся сопоставимыми между собой по времени. Следовательно, в хроностратиграфическом разрезе будет равномерно представлен весь фациальный спектр.

Безусловно, представленные эвстатические временные модели являются максимально упрощенными. Реальная геологическая обстановка, как известно, чрезвычайно сложна и многофакторна. Но преимущество моделей состоит в том, что они являются базовой основой при реконструкции региональной эвстатической обстановки накопления морских осадочных толщ, фациальные разновидности которых распределяются в осадочном бассейне в строгом соответствии с законом тяготения. Все остальные факторы, оказывающие свое влияние на формирование осадков – скорость и количество поступления осадочного материала, дифференцированное уплотнение осадков, гидродинамика, рельеф дна, климатические флуктуации и др. должны быть наложены на эту основу, тем самым усложнить ее и приблизить к реальности.

Одним из примеров усложнения вышеприведенной простейшей эвстатической временной модели может служить *неравномерное* изменение скорости эвстатических флуктуаций (пунктирные линии на (рис. 4) в промежуточной области между вариантами **С** и **Д**), которое проявится в неравномерном чередовании фаций в хроностратиграфическом разрезе. Дальнейшее усложнение тектоно-эвстатического моделирования, его насыщение различными геологическими факторами для реконструкции все более реальных условий формирования рассматриваемых слоевых последовательностей - будет затруднено без привлечения математического аппарата.

6. Практическое применение тектоно-эвстатического анализа

Тектоно-эвстатический анализ хроностратиграфически расчлененных разрезов позволяет выделить тектоно-эвстатические циклиты (=секвенции), провести поверхности максимумов трансгрессий и оценить их природу, построить кривую относительных колебаний уровня моря и кривую вертикальных тектонических движений, т.е. реконструировать основные черты эволюции бассейна, обусловившие фациальный состав заполнивших его осадков. Тектоно-эвстатический анализ может быть проведен как для частных, так и для сводных разрезов. Причем, результаты тектоно-эвстатической обработки частных разрезов обеспечивают получение информации на локальном уровне, повышая детальность бассейнового анализа, а сводных – на региональном.

Для проведения тектоно-эвстатического анализа осадочных последовательностей необходима тщательнейшим образом подготовленная хроностратиграфическая основа. Для того, чтобы она могла быть отнесена к разряду достоверных, она должна быть построена с привлечением максимального ко-

личества методов расчленения и корреляции (лито-, био-, магнито-, хе-мостратиграфических и пр.).

В качестве примера применения тектоно-эвстатического метода для анализа конкретной хроностратиграфически расчлененной осадочной последовательности рассмотрим юрские отложения востока Русской плиты (рис. 5).

Для получения максимально достоверной и полной хроностратиграфической характеристики рассматриваемых отложений сводные разрезы структурно-геологических зон и подзон [Унифицированная стратиграфическая..., 1993], каждый из которых имеет зональную аммонитовую разбивку, были сопоставлены с новейшими стратиграфическими разработками – аммонитовой зональной шкалой Восточно-Европейской платформы [Зональная стратиграфия..., 2006] и Бореальным аммонитовым стандартом [Захаров и др., 2005]. Параллельно проведена увязка всех свит и толщ со Шкалой геологического времени – 2004 [Gradstein et al., 2004], что позволяет датировать реконструированные эвстатические и тектонические события в абсолютных единицах времени. Представленная хроностратиграфическая схема средней-верхней юры ВРП (рис. 5) отражает, таким образом, современное состояние стратиграфических знаний по данной территории и, безусловно, требует перманентной актуализации.

Так как литологическое строение средне-верхнеюрских отложений на востоке Русской плиты достаточно однообразно и монотонно, на представленной генерализованной циклостратиграфической схеме в них выделено 2 генерализованные фации: фация песков, песчаников и фосфоритовых конгломератов и фация глин, глинистых карбонатов и сланцев. Очевидно, что первая фация является более мелководной, вторая – более глубоководной.

По результатам хроностратиграфического расчленения юрских разрезов выделены серии непрерывно накопившихся осадков и разделяющие их крупные стратиграфических перерывы. На востоке Русской плиты в рассматриваемом интервале разреза выделено 2 циклита: байос-келловейский (бескарбонатные песчаные глины, пески) и оксфорд-волжский (карбонатные глины и мергели, битуминозные глины, песчаники и конгломераты), разделенные региональным перерывом.

При интерпретации литологического строения разрезов, представляющих собой результат совместного воздействия эвстазии и «тектонического шума», необходимо вычленить влияние последнего. Приблизиться к решению данной задачи позволяет сопоставление хроностратиграфического разреза средней-верхней юры с глобальной эвстатической кривой [Naq and Al-Qahtani, 2005]. Тренд глобальной кривой в средней-поздней юре характеризует крупный эвстатический цикл с минимумом в раннем байосе и максимумом в конце позднего кимериджа.

Рис. 5. Циклостратиграфическая схема средне-верхнеюрских отложений востока Русской плиты.

Условные обозначения:

1 - пески, песчаники, конгломераты, фосфоритовые «плиты»; 2 - глины, мергели; 3 - вулканиты узольской свиты; 4а - глобальная эвстатическая кривая, 4б - рост глобального уровня моря, 4в - падение глобального уровня моря; 5а - кривая региональных эвстатических колебаний, 5б - рост уровня моря, 5в - падение уровня моря; 6а - кривая вертикальных тектонических движений, 6б - прогибание поверхности седиментации, 6в - воздымание ее; 7 - поверхности максимумов трансгрессий и их индексы.

Структурно-геологические зоны (Унифицированная стратиграфическая..., 1993):

I - Вятско-Камская впадина; II - Московская синеклиза (восточное крыло); III - Ковернинская впадина; IV - Окско-Донская депрессия; V - Муромско-Ломовский прогиб; VI - Ульяновско-Саратовский прогиб: VI¹ - Чебоксарское Поволжье, VI² - северо-восток Ульяновско-Саратовского прогиба (Зорина, 2005), VI³ - Ульяновско-Самарское Поволжье, VI⁴ - Саратовское Правобережье, VI⁵ - Саратовское Заволжье; VII - Бузулукская впадина.

С. - свита, т. - толща; Кос.с. - костромская свита; Пр.т. - промзинская толща; Руб.с. - рубежинская свита; Кар.т. - карповская толща; Док.т. - докучаевская толща; Пр.с. - пронская серия; Хох.т. - хохломская толща.

Если допустить, что вертикальная тектоника в средней-поздней юре на ВРП была сведена к минимуму, а неровности рельефа - максимально сnivelированы, то осадки формировались только под влиянием колеблющейся глобальной эвстатики. Идеализированный разрез представлял бы собой непрерывную последовательность глин, накапливавшуюся с раннего байоса до середины средневожского времени, которая перекрыта средне-верхневожскими песчаниками. Реальная (или приближенная к реальной) картина отличается обилием перерывов и ПМТ (рис. 5). Последние обязаны своим происхождением как глобальному росту уровня моря, так и вертикальным тектоническим движениям отрицательного знака (опусканию дна). Образование перерывов связывается с вертикальными движениями положительного знака (воздыманием дна).

Первым шагом на пути выделения влияния «регионального тектонического шума» в осадочной последовательности является анализ изменения литологического состава осадков в пространстве и во времени с построением палеобатиметрической кривой на основе литолого-батиметрического временного моделирования.

Вторым шагом было сопоставление построенной кривой с кривой глобальных эвстатических колебаний (в данном случае принята кривая Б. Хака и А. Аль-Катани [Haq, Al-Qahtani, 2005]), на которой отчетливо выделяются интервалы роста и падения уровня моря. При сравнении двух кривых обнаруживаются интервалы сходства и различия. При сходстве осадконакопление происходит с преобладанием глобального эвстатического сигнала, при не-

совпадении кривых доминирует «региональный шум». Тем самым, оказалось возможным вычленив тектонические колебания из совместного тектоно-эвстатического результата, построить соответствующую кривую и определить последовательность важнейших тектонических событий, ответственных за формирование границ большинства выделенных циклитов.

Значимость приведенных построений состоит в том, что они позволяют выделить тектоно-эвстатические циклиты в сводном разрезе юры ВРП. Важнейшим элементом этой процедуры явилась реконструкция эвстатических и тектонических событий, определяющих особенности эволюции эпиконтинентального бассейна на ВРП в юре.

Циклостратиграфический подход является не только универсальной методикой внутрибассейновой корреляции разрезов, но и может быть успешно реализован при выявлении закономерностей размещения и локализации твердых полезных ископаемых.

Основными геологическими процессами, ответственными за формирование среднеюрских-меловых мегациклитов, следует считать тектоно-эвстатические колебания.

7. Фациальные трансформации при поступлении в бассейн седиментации пирокластического материала

Известно, что вулканические извержения сопровождаются пеплопадами, причем эруптивное облако может распространяться на тысячи километров от вулкана. Так, в работе В.В. Пономаревой [2010] приведены сведения о переносе пепловых туч на расстояние более 4500 км. Ф. Фанти реконструировано распространение пеплов, выброшенных вулканическими аппаратами Канадских Кордильер во внутренний Канадский бассейн, на расстояние до 1500-1800 км [Fanti, 2009].

Такой дальний перенос объясняется тем, что пепловое облако сильного извержения, достигая верхних слоев атмосферы, попадает в струйные течения, которые и переносят тончайший пепел на огромные расстояния. После эолового переноса тефра, состоящая в основном из химически неустойчивого вулканического стекла и фемических силикатов, осаждается на земную или водную поверхность. В морском бассейне реакционно способный вулканокластический материал легко преобразуется в более устойчивые минеральные компоненты – так называемую «камуфлированную пирокластику» [Косовская, 1975].

Несмотря на быстрые трансформации вулканокластических частиц, свидетельства разгрузки пепловых облаков – слои витрокластических туфов и «камуфлированной пирокластики» - обнаруживаются как в современных, так и в древних толщах Русской плиты.

Примеры глинизации и окремнения верхневендских (редкинских) туфов описаны Я.Э.Юдовичем и М.П.Кетрис [2000].

Следы эффузивной деятельности в мезозое Русской плиты отмечались достаточно давно [Ренгартен, Кузнецова, 1967]. Пирокластический материал выявлен в ниже- и средневожских мергелях и горючих сланцах в виде остроугольных осколков вулканических стекол с плоскораковистым изломом и газовыми включениями, и обломков свежих кристаллов пироксена, амфибола и биотита. З.А. Яночкиной и Т.Ф.Букиной [1985] при изучении цеолитсодержащих средневожских горючих сланцев Заволжья установлена «камуфлированная пирокластика» - минеральная ассоциация (монтмориллонит, цеолиты, вулканическое стекло), косвенно свидетельствующая о влиянии на ход осадконакопления синхронных вулканических процессов.

Палеоценовые и эоценовые вулканические пеплы Поволжья фиксировались многими авторами. Наиболее детально они исследованы методами электронной микроскопии саратовскими литологами [Ахлестина, Иванов, 2000]. В.И. Муравьевым с соавторами [1997] в Южном Поволжье изучены позднепалеоценовые вулканические пеплы базальтоидного состава, сложенные черными и бурыми стеклами.

В 2008 году нами был изучен вещественный состав многочисленных фрагментов верхнемеловых и палеоценовых литостратонов, распространенных на востоке и юго-востоке Русской плиты [Зорина и др., 2008]. Установлено повсеместное присутствие в породах цеолитов, которые, наряду с бентонитоподобным глинистым веществом и вулканическими стеклами, представляют «камуфлированную» пирокластику (по [Коссовская, 1975]).

Наибольший интерес в изучении вещественного состава пепловых слоев представляет вопрос о трансформациях исходного вулканического материала в новые, более устойчивые минеральные компоненты. Тем самым, появляется возможность прогнозировать дальнейшие преобразования горной породы во времени.

На рисунке 6 приведены возможные варианты фациальных трансформаций пород, сформировавшихся на разных батиметрических зонах под влиянием трансформирующейся пирокластики.

Характернейшим диагностическим признаком «камуфлированной пирокластики» в породах любой батиметрической зоны, является парагенез аутигенных минералов – опал-кристобалит-тридимит (ОКТ), смектит, клиноптилолит, глауконит - в ассоциации с полурастворившимися обломками вулканических стекол, из которых они преобразовались. Причем состав конечной породы зависит от объема привнесенной пирокластики. Если количество пирокластического материала превышало количество терригенной компоненты, то в бассейне создавались условия для формирования пород мономинерального состава – опок, бентонитовых глин. При сопоставимых количествах терригенной и пирокластической компонент состав преобразованных пород оказывается смешанным.

Распределение исходных и трансформированных фаций по батиметрическим зонам

Геологические процессы

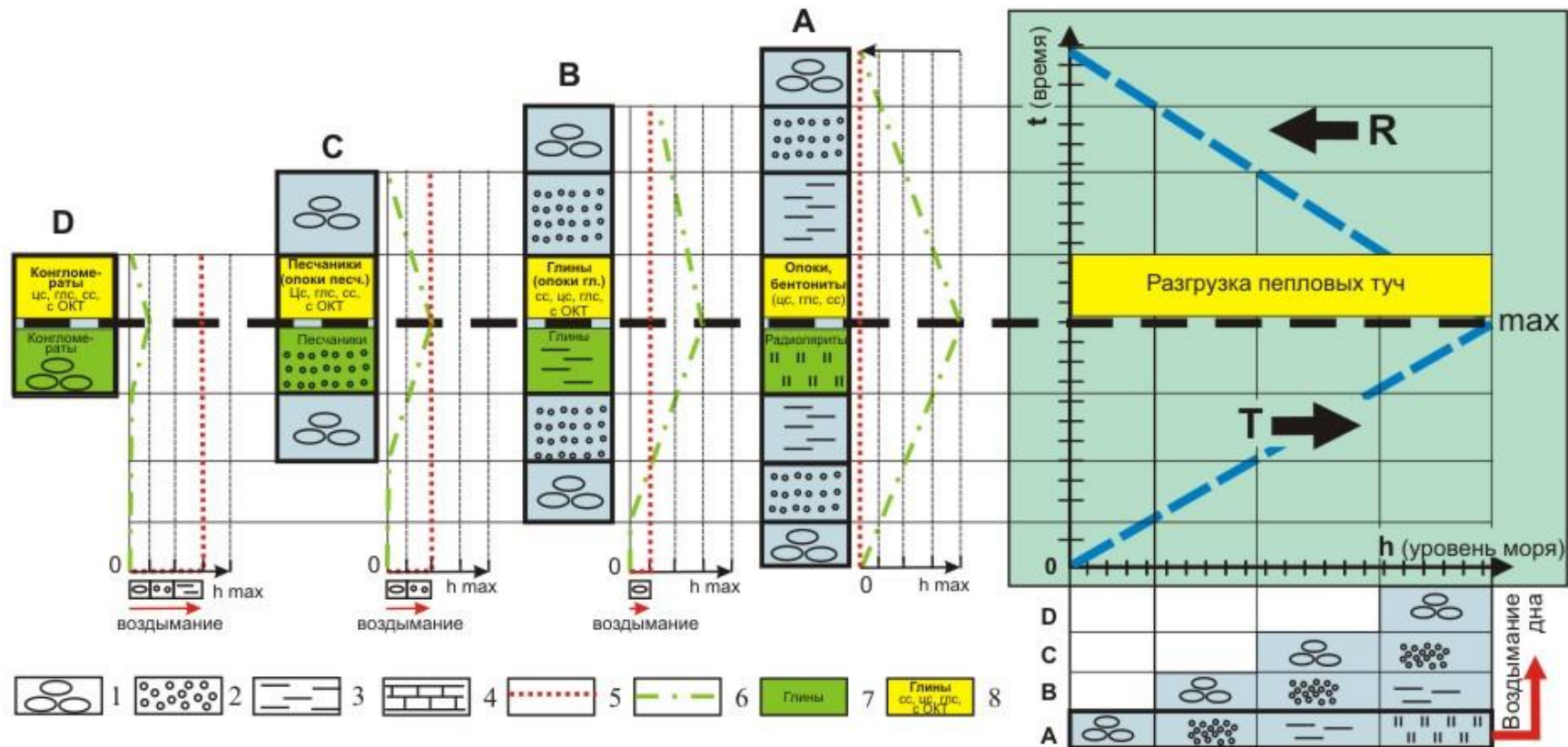


Рис. 6. Фациальные трансформации при поступлении в бассейн седиментации пирокластического материала.

Условные обозначения: h - глобальный уровень моря в абсолютных единицах, t - время, T - трансгрессивная часть цикла, R - регрессивная часть цикла. 1-4 - фациальный переход от грубых осадков к тонким илам; 5 - региональная тектоническая кривая; 6 - региональная эвстатическая кривая; 6 - батиметрические фации; 7 - трансформированные фации с камуфлированной пирокластикой. А-D - фациальная зональность осадков и проекции на временную ось этапов их формирования при равномерном росте / падении уровня моря: А - до воздымания; В, С и D - с единовременным разноамплитудным воздыманием дна бассейна в начале эвстатического цикла. Сс - смектитсодержащие, це - цеолитсодержащие, глс - глауконитсодержащие, ОКТ - опал-критобалит-тридимит.

Так, если допустить, что в эпиконтинентальном бассейне без влияния пирокластики формируется фациальный батиметрический ряд конгломераты-песчаники-глины-радиоляриты, то трансформированный ряд выглядит как конгломераты цеолитсодержащие, смектитсодержащие, глауконитсодержащие на ОКТ цементе – песчаники (опоки песчанистые) цеолитсодержащие, смектитсодержащие, глауконитсодержащие на ОКТ цементе – глины (опоки глинистые) цеолитсодержащие, смектитсодержащие, глауконитсодержащие с ОКТ – опоки (бентониты) цеолитсодержащие, смектитсодержащие, глауконитсодержащие.

Недавними исследованиями установлено, что в данную концепцию стадияльного преобразования вещества [Япаскурт, 2008] логично укладывается формирование сеноманских цеолитсодержащих, глауконитсодержащих песчаников и алевролитов меловатской свиты (разрез «Меловатка», Волгоградская область) [Афанасьева и др., 2011]; верхнемеловых цеолитсодержащих опок с прослоями бентонитоподобных глин разреза «Вишневое» (Саратовская область) [Зорина, Афанасьева, 2011]; даний-зеландских опок нижнесызранской свиты Каменноярского месторождения (Астраханская область) [Зорина и др., 2011]; эоценовых смектитсодержащих глин киевской свиты Ивановского проявления (Волгоградская область) [Зорина, Афанасьева, 2010].

Изучение глауконитсодержащих песчаников и алевролитов меловатской свиты сеномана [Афанасьева и др., 2011] показало, что ферриалюмокремнистый гель, образующийся при разложении пепловых частиц, явился источником реакционно способных и неустойчивых минеральных фаз, выявленных в составе меловатских пород - Fe-Al смектита, ОКТ и цеолита, а также железа при глауконитообразовании.

Коньяк-кампанские опоки с прослоями бентонитоподобных и глауконитовых глин разреза «Вишневое» [Зорина, Афанасьева, 2011] включают парагенез аутигенных минералов (ОКТ, смектит, клиноптилолит, глауконит) в ассоциации с полурасстворившимися обломками вулканических стекол и являются продуктами их диагенетического преобразования, т.е. «камуфлированной пирокластикой». Наиболее вероятным механизмом образования минеральных компонентов опок является полимеризация и осаждение ОКТ, образование чешуйчатых агрегатов смектита из кремнистого, алюмокремнистого и ферриалюмокремнистого геля – продукта разложения вулканических стекол.

Опоки с наиболее высоким содержанием ОКТ, являющиеся высококачественным адсорбционным сырьем, приурочены к нижнесызранской свите дания-зеландия. Ярким примером таких опок является Каменноярское месторождение. Нанопетрографическое изучение показало [Зорина и др., 2011], что основная масса породы сложена глобулярным опал-кристобалит-тридимитом, образующим как небольшие скопления, так и сплошные кремнистые массы разной степени уплотненности. Среди глобулярных агрегатов отмечается большое количество обломков вулканических стекол с ребристой

поверхностью и следами растворения по краям. Наличие обломков полурас-творившихся вулканических стекол и радиолярий, рассеянных глобуль и сплошных кремнистых масс разной степени уплотненности характеризуют метастабильное состояние вещества и свидетельствуют о происходящем переходе в более устойчивое физико-химическое состояние.

Наиболее вероятным механизмом образования опок считается диагенетическое преобразование кислых пепловых частиц с полимеризацией кремнезема, сопровождающейся глинизацией и цеолитизацией илов. Кремневый гель является неустойчивой физико-химической субстанцией и подвергается постепенной раскристаллизации с образованием сначала ОКТ-фазы, а затем - кварца. Процесс стадийного «старения» кремнистых пород, реконструированный Вон Радом с соавторами [Von Rad et al., 1978], во многом объясняет отсутствие опок в геологических разрезах древнее мезозоя.

По результатам изучения вещественного состава смектитсодержащих глин киевской свиты эоцена установлено, что важнейшей особенностью структуры глинистого вещества является метастабильное (неустойчивое) его состояние, выраженное в обилии полурасстворенных обломков кислых вулканических стекол и скелетов радиолярий, коллоидальных обособлений кремнистого, алюмокремнистого и ферриалюмокремнистого гелеподобного вещества и новообразований минералов группы смектитов. Выделены три стадии диагенетического преобразования среднеэоценовых дацитовых пеплов в смектитсодержащие глины: I стадия (начальная) – выпадение дацитового пепла на дно морского бассейна; II стадия (неустойчивая) – диагенетическое преобразование вулканического стекла с образованием радиоляриево-клиноптилолит-смектитовых илов с обломками вулканических стекол; III стадия (метастабильная), современная, – распад клиноптилолита, скелетов радиолярий и вулканических стекол, кристаллизация и распад палыгорскита в процессе диагенеза. Спрогнозировано дальнейшее возможное превращение изученных отложений в смектитовые глины с кремнистыми конкрециями. Глины киевской свиты, как и предполагала С.А. Калуцкая [1981], имеют вулканогенно-осадочное происхождение. Эоценовым пеплопадом были охвачены значительные территории платформы, что подтверждается широким распространением гидрослюдисто-смектитовых глин на юге и юго-востоке Русской плиты.

Нестабильность структурного и физико-химического состояния минеральных компонентов пород данной фациальной группы позволяет прогнозировать их дальнейшее диагенетическое преобразование с возможным переходом опок в кремневые отложения, затем – в кварциты; смектитсодержащие глины – в бентониты.

Большое количество публикаций, затрагивающих вопросы изучения вещественного состава юрских-палеогеновых пород востока Русской плиты, содержат сведения о наличии в них «камуфлированной пирокластикки». Все изученные породы являются яркими представителями отдельной фациальной группы пород, которую, вслед за А.Г.Коссовской, необходимо определить

как группу фаций трансформированной пирокластики. Диагностика пеплового материала зачастую затруднительна из-за полного преобразования вулканических стекол сначала в ферриалюмокремнистый, алюмокремнистый и кремнистый гель, а затем в цеолитсодержащие смектитовые глины или опоки с возможной примесью глауконита. Тем не менее, получены убедительные доказательства воздействия продуктов взрывной деятельности на процесс осадконакопления. Более того, по количеству упомянутых минеральных фаз можно судить об интенсивности вулканизма в различные периоды геологической истории.

Разделение влияния тектоно-эвстатического и вулканогенного факторов, влияющих на формирование фациальных разновидностей пород, достаточно просто. Размер зерен обломочного материала дает информацию о глубине накопления осадков. Присутствие парагенеза цеолит-смектит-ОКТ-глауконит в конгломератах, песчаниках, глинах, глубоководных илах (радиоляритах) свидетельствует о выпадении пеплов на разных этапах тектоно-эвстатического цикла. Количественные соотношения кластической составляющей и «камуфлированной пирокластики» в минеральном составе пород, которые устанавливаются методом рентгеновской дифрактометрии, позволяют судить о преобладании терригенного сноса, либо поступающего пеплового материала в общем седиментогенезе.

Контрольные вопросы

1. Определение фации. Основные механизмы фациальных изменений в эпиконтинентальном бассейне?
2. Особенности осадконакопления в эпиконтинентальном бассейне?
3. Литолого-батиметрические модели?
4. Зависимость литологического строения разрезов от прогибания поверхности дна?
5. Зависимость литологического строения разрезов от воздымания поверхности дна?
6. Зависимость литологического строения разрезов от неравномерных эвстатических колебаний?
7. Практическое применение тектоно-эвстатического анализа?
8. Фациальные трансформации при поступлении в бассейн седиментации пирокластического материала?

Литература

Основная

1. Прозоровский В.А. Общая стратиграфия. Общая стратиграфия : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Издательский центр «Академия», 2010. 208 с.

<http://rogov.zwz.ru/Manuals&Classica/prozorovsky.2010.obschaya.stratigrafia.pdf>

2. Алексеев В.П. Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине "Литология". - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. - 147 с.
<http://www.lithology.ru/node/422>

3. Цыкин, Р. А. Геологические формации: учебное пособие / Р. А. Цыкин, Е. В. Прокатень. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 68 с. - ISBN 978-5-7638-2240-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/443157>. - Режим доступа: по подписке.

4. Головкинский Н.А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. - СПб.: Тип. Импер. Акад. Наук, 1868. - 143 с.

5. Наливкин Д.В. Учение о фациях. - М., Л., 1955. Т.1 – 554 с, 1956. Т.2. – 393 с.

6. Основы стратиграфии: лекции. Часть 1. Учебно-методическое пособие / Сост. В.В.Силантьев, С.О.Зорина. - Казань: Казанск. ун-т, 2010. - 44 с.
http://www.ksu.ru/f3/bin_files/osn-str-1!251.doc

Дополнительная

7. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / Гл. редактор А.П. Виноградов. - Том IV. Палеогеновый, неогеновый и четвертичный периоды / Под ред. В.И. Гроссгейма, В.Е. Хаина. - ВАГТ - М.: Мингео СССР, 1967. 55 карт.

8. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / Гл. редактор А.П.Виноградов. - Том III. Триасовый, юрский и меловой периоды / Под ред. В.Н.Верещагина, А.Б.Ронова. – ВАГТ. - М.: Мингео СССР, 1969. - 71 карта.

9. Афанасьева Н.И., Зорина С.О., Жабин А.В. Структурно-химические особенности глауконита меловатской свиты (сеноман, восток Русской плиты) // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: мат-лы 6-го Всеросс. литол. совещания (Казань, 26-30 сентября 2011 г.) – Казань: Казан. ун-т, 2011. Т. I. – С. 91-95.

10. Ахлестина Е.Ф., Иванов А.В. Атлас кремнистых пород мела и палеогена Поволжья. Саратов: Изд-во ГосУНЦ "Колледж". 2000. 166 с.

11. Герасимов П.А., Мигачёва Е.Е., Найдин Д.П., Стерлин Б.П. Юрские и меловые отложения Русской платформы // Очерки региональной геологии СССР / Под ред. Муратова М.В., Шатского Н.С. - Вып.5. - М.: Моск. ун-т, 1962. - 196 с.

12. Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Меледина С.В., Рогов М.А., Киселев Д.Н., Никитенко Б.Л., Дзюба О.С., Ильина В.И. Бореальный зональный стандарт юры: обсуждение новой версии // Захаров В.А., Рогов М.А., Дзюба О.С. (ред.) Материалы первого Всероссийского совещания «Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии». - М.: ГИН РАН, 2005. - С.89-96.
13. Зональная стратиграфия фанерозоя России / Под ред. Т.Н.Корень. - СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. - 256 с.
14. Зорина С.О. К стратиграфии мезозоя востока Восточно-Европейской платформы: свитный, секвентный, событийный и хроностратиграфический подходы. - Казань: ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», 2005. - 158 с.
15. Зорина С.О. Цикло- и секвенс-стратиграфия средне-верхнеюрских отложений востока Русской плиты // Стратиграфия и седиментология нефтегазоносных бассейнов. - 2008. - № 1. - С. 31-49.
16. Зорина С.О., Афанасьева Н.И. Киевские глины - следствие эоценового пеплопада на юго-востоке Русской плиты // Природа и экономика Кузбасса и сопредельных территорий. Мат-лы Всероссийской научной конференции (Новокузнецк, 21-23 декабря 2010 года). Новокузнецк, КузГПА. 2010. Т. 1. С. 43-47.
17. Зорина С.О., Афанасьева Н.И. Пепловые слои в сантон-кампанских отложениях разреза «Вишневое» (Саратовская область) // Палеонтология, стратиграфия мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Мат-лы науч.сессии (18-22 апреля 2011 г.): в 2 т. Т.1. Мезозой. / Под ред. Б.Н.Шурыгина, Н.К.Лебедевой, А.А.Горячевой. Новосибирск: ИНГГиГ СО РАН. – 2011. – 106-109 с.
18. Зорина С.О., Афанасьева Н.И., Волкова С.А. Цеолитонность верхнемеловых-палеогеновых осадочных пород востока и юго-востока Русской плиты // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 6. С. 638–649.
19. Зорина С.О., Афанасьева Н.И., Гревцев В.А. Литохимические и генетические особенности опок Каменнорского месторождения (Астраханская область) // Отечественная геология. - 2011. - № 4. - С. 70-76.
20. Калущая С.А. Вулканогенное происхождение бентонитов палеогена и неогена Воронежской антеклизы // Новое в современной литологии. М.: Наука, 1981. С. 88-91.
21. Коссовская А.Г. Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полез. ископаемые. 1975. № 2. С. 23-44.
22. Муравьев В.И. О генезисе опок // Литология и полезные ископаемые. 1973. № 4. С. 94-106.

23. Муравьев В.И., Цеховский Ю.Г., Ахлестина Е.Ф., Бабушкин Д.А., Каледа К.Г. Вулканические пеплы базальтового состава из палеоценовых отложений южного Поволжья // Литология и полезные ископаемые. 1997. № 3. С. 327-330.
24. Пономарева В.В. Крупнейшие эксплозивные вулканические извержения и применение их тефры для датирования и корреляции форм рельефа и отложений // Автореферат дисс. уч. степ. доктора географ. наук. М., 2010. 53 с.
25. Ренгартен И.В., Кузнецова К.И. Пирокластический материал в позднеюрских осадках Русской платформы // ДАН СССР. 1967. Т. 173, № 6. С. 1422-1425.
26. Сазонова И.Г., Сазонов Н.Т. Палеогеография Русской платформы в юрское и раннемеловое время. – Труды ВНИГНИ. - Вып. LXII. - Л.: Недра, 1967. - 260 с.
27. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1. Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. М.: Изд-во АН СССР, 1960а. 212 с.
28. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 2. Закономерности состава и размещение гумидных отложений. М.: Изд-во АН СССР, 1960б. 574 с.
29. Унифицированная стратиграфическая схема юрских отложений Русской платформы / С.П. Яковлева (ред. Объясн. Записки) – СПб.: ВНИГРИ, 1993. - 28 листов. 71 с.
30. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
31. Яночкина З.А., Букина Т.Ф. Цеолитовая минерализация в горючих сланцах Волжского бассейна // Труды конференции по вопросам геологии, физико-химических свойств и применения природных цеолитов (Тбилиси, 1-5 ноября 1981 г.). Тбилиси: «МЕЦНИЕРЕБА», 1985. С.45-48.
32. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учебное пособие. М.: ЭСЛАН. 2008. 356 с.
33. Catuneanu O. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls // Journal of African Earth Sciences. - 2002. - Vol. 35. - P. 1-43.
34. Einsele G. Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget. - Springer. - 2000. – 792 p.
35. Fanti F. Bentonite chemical features as proxy of late Cretaceous provenance changes: A case study from Western Interior Basin of Canada. Sedimentary Geology. 2009. V. 217. P. 112-127.
36. Galloway W.E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units // The Amer-

ican Association of Petroleum Geologists Bulletin. - 1989. - Vol. 73. - No. 2. - P. 125-142.

37. Gradstein F M., Ogg J.G., Smith A.G., Agterberg F.P., Bleeker W., Cooper R.A., Davydov V., Gibbard P., Hinnov L.A., House M.R., Lourens L., Luterbacher H.P., McArthur J., Melchin M.J., Robb L.J., Shergold J., Villeneuve M., Wardlaw B.R., Ali J., Brinkhuis H., Hilgen F. J., Hooker J., Howarth R.J., Knoll A.H., Laskar J., Monechi S., Plumb K.A., Powell J., Raffi I., Rohl U., Sadler P., Sanfilippo A., Schmitz B., Shackleton N.J., Shields G. A., Strauss H., Van Dam J., Van Kolfshoten T., Veizer J., Wilson D.A Geologic Time Scale 2004. - Cambridge University Press. - Cambridge, 2004. - 589 p.

38. Haq B.U., Al-Qahtani A.M. Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform // Geoarabia. - 2005. - V. 10. - No. 2. - P. 127-160. - 2 charts.

39. Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Campion K.M., Rahmanian V.D. Siliiclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies // American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series. - 1990. - No. 7. - P. 1-55.

40. Von Rad U., Reich V., Rösch H. Silica diagenesis in continental margin sediments of Northwest Africa // Initial Reports DSDP. 1978. V. 41. P. 879-905.

Учебное издание

Зорина Светлана Олеговна,

**МЕХАНИЗМЫ ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ В
ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ**

Учебно-методическое пособие