Записки Санкт-Петербургского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова
1992. Т. 134

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

УДК 551.7.02

И.А.ОДЕССКИЙ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОРОДНО-СЛОЕВЫХ ГРАНИЦ

В случае мутационного слоеобразования слоевые границы осадочных толщ выполняют роль либо пространственных, либо временных рубежей. При формировании мутационной слоистости эти границы содержат пространственно-временную информацию.

Показано, что при рассмотрении миграционного механизма слоеобразования на фоне различных седиментационных режимов одна и та же граница может трансформироваться во временную, пространственную и пространственно-временную.

Границы осадочных породно-слоевых тел возникают в процессе осадконакопления, а причиной их появления является смена седиментационных обстановок. Так, при формировании комплекса терригенных отложений смена слоев разного гранулометрического состава обусловлена падением или, наоборот, возрастанием динамической активности среды. Чередование слоев в толще хемогенно-органогенного происхождения в равной степени определяется изменением химизма седиментационной обстановки. Возникающие при этом породно-слоевые рубежи в зависимости от градиента изменчивости фациальных условий могут носить либо резкий, либо достаточно расплывчатый характер. Однако независимо от определяющих факторов и степени выраженности этих рубежей в геологических разрезах они фактически фиксируют переход от одного временного интервала к другому, т.е. несут временную информацию. С другой стороны, будучи прослеженными на дневной поверхности и изображенными на геологической карте, эти рубежи отражают площадное распространение соответствующих геологических тел, т.е. содержат пространственную информацию о них. При этом принимается, что границы однородных геологических тел более или менее изохронны, а площади их распространения относительно стабильны за фиксированный отрезок геологического времени.

Иными словами, любая геологическая карта представляет собой как бы мгновенное изображение, выделенное из бесконечного ряда событий, поэтому пространственные и временные рубежи геологических образований рассматриваются независимо друг от друга и об их взаимных переходах друг в друга не может быть и речи. Эта мировоззренческая позиция, по-существу, закреплена в принципах геологического картирования, когда расчленение геологических разрезов осуществляется на литологической основе с последующей возрастной индексацией выделенных стратиграфических единиц с использованием биостратиграфических критериев.

Подобный принцип расчленения, корреляции и картирования осадочных толщ хорошо согласуется с моделью слоеобразования, названной Н.Б.Вассоевичем [2] мутационной. В соответствии с этой моделью предполагается длительная стабилизация седиментационной обстановки, определяющей этап слоенакопления, а затем достаточно резкое ее изменение одновременно на всей площади седиментации. Подобная ситуация обеспечивает изохронность поверхности раздела предшествующих и последующих осадков и постоянство местоположения пространственных рубежей породно-фациальных образований по латерали.

Однако, наряду с существованием мутационного механизма слоеобразования, в природе существует другой, известный под названием миграционного. Впервые этот механизм был рассмотрен Н.А.Головкинским [4] на примере палеозойских отложений Русской равнины, а позднее А.А.Иностранцевым [5] и И.Вальтером [8]. В настоящее время этот механизм получил название фациального закона [3].

Согласно фациальному закону в результате трансгрессии или регрессии седиментационного бассейна происходит миграция фаций в соответствующем направлении, что приводит к одновременному формированию стратиграфических и петрографических горизонтов. Стратиграфические горизонты, как видно из рис.I, отличаются многообразием породно-фациального состава, но изохронностью всех своих частей. В отличие от стратиграфических петрографические горизонты возникают в процессе миграции всей седиментационной обстановки по площади и характеризуются постоянством породного состава, но разновозрастностью различных своих частей. По существу, стратиграфические и петрографические горизонты отражают две стороны слоеобразовательного процесса - его статику и динамику.

В самом деле, для формирования стратиграфического горизонта необходим определенный отрезок геологического времени, который фиксирован в разрезе стабильной материальной характеристикой. В качестве такой характеристики может служить, например, геохимический фон бассейна, в котором протекает процесс осадконакопления, т.е. аутигенная составляющая осадка. Наоборот, возникновение петрографического горизонта немыслимо без смещения по площади фациальных зон, т.е. без изменения общей картины седиментационной обстановки. При этом рубежи возникающих таким образом петрографических (породно-слоевых) тел в каждой своей точке содержат не только временную, но и пространственную информацию. Иными словами, наряду с изохронностью геологических границ в равной степени существует и диахронность, выражающаяся в их возрастном скольжении.

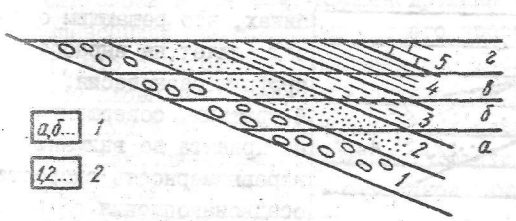


Рис.1. Фациальный закон
1 и 2 - соответственно стратиграфические и петрографические горизонты

В ряде случаев интервал временного скольжения геологических тел и их рубежей оказывается достаточно большим. Так, слан-

цевая толща брейт-эйнджел [7], развитая на территории Северной Америки, отличается диахронностью, измеряемой десятками миллионов лет. В самом деле, в пределах северо-западной части штата Калифорния она датируется поздним и средним кембрием, на западе штата Аризона она соответствует только среднему кембрию, а в южной части штата Невада помимо среднекембрийской эпохи она охватывает также конец раннего кембрия. В большинстве других случаев интервал временного скольжения геологических тел не столь велик, поэтому уловить его биостратиграфическими методами далеко не всегда удается. По-видимому, именно поэтому в геологии сложилась парадоксальная ситуация, когда петрографические горизонты, в существенной своей части имеющие динамическую природу, ложатся в основу построения геологических карт, содержащих информацию о статике процесса.

Одновременное существование в одном седиментационном бассейне двух механизмов слоеобразования вполне допускает взаимные изменения изохронных и диахронных границ. Однако возможны и такие ситуации, когда временные и пространственно-временные рубежи могут переходить в исключительно пространственные, которые условно назовем полихронными. Для подтверждения реальности существования таких переходов обратимся к уже известной модели фациального закона, но насытим ее бо́льшим геологическим содержанием. Дело в том, что данная модель недостаточна полна, так как не учитывает трех важных особенностей геологической обстановки, на фоне которой развертывается седиментационный процесс. Во-первых, модель не учитывает общего наклона поверхности аккумуляции, т.е. поверхности дна, на которой формируется профиль равновесия в виде последовательного ряда фаций в соответствии со степенью их глубоководности. Во-вторых, она не отражает различного энергетического состояния гидросферы на различных ее глубинах, что решающим образом влияет на выработку профиля равновесия. В-третьих, совершенно не принята во внимание неравномерность скорости осадконакопления по всей акватории седиментационного бассейна, когда мощ-

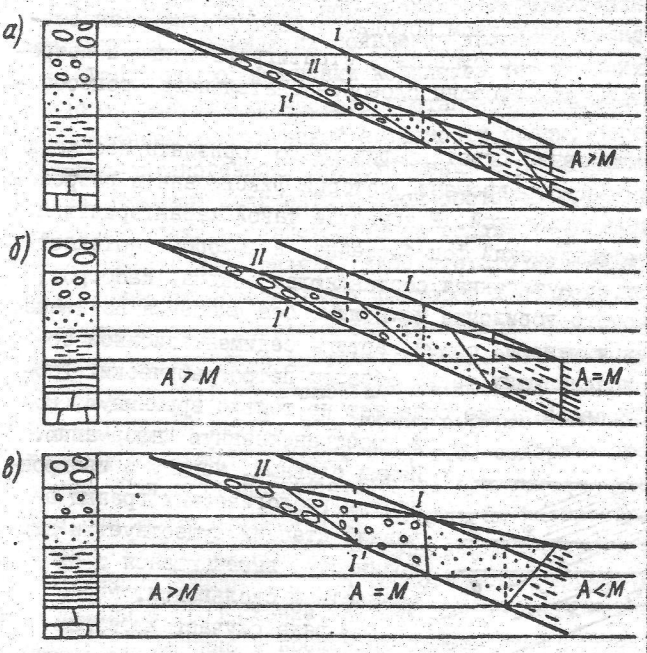


Рис.2. Модели седиментационных режимов. Пояснения см. в тексте

ность осадка контролируется пространством свободного осадконакопления (по [I]) и, как правило, увеличивается с возрастанием глубин.

Перечисленные упущения можно восполнить следующим образом. Прежде всего предлагается показать два фиксированных положения некой наклонной поверхности (рис.2), первое из которых отражает изначальную поверхность аккумуляции (I), а второе – погребенное ее положение (I′), в котором она будет находиться по истечении соответствующего геологического времени в результате продолжающегося процесса осадконакопления. Итогом этого процесса является новая поверхность аккумуляции, которая с учетом неравномерности осадконакопления должна быть наклонена более полого (II). В левой части рисунка в виде условных значков показаны уровни различного энергетического состояния гидросферы (от наиболее подвижного вверху до наименее подвижного внизу), реализующиеся в осадках различной степени глубоководности.

Для получения реальных границ породно-слоевых тел, формирующихся за выбранный отрезок времени, достаточно знать граничные точки фаций на изначальной (I) и конечной (II) поверхностях аккумуляции. Эти точки лежат на пересечении данных поверхностей с горизонтальными поверхностями, условно ранжирующими уровни энергетики седиментационной среды. Далее указанные точки, найденные на поверхности I, проецируются на поверхность I′ и полученные точки соединяются с соответствующими граничными точками на поверхности II.

Предлагается рассматривать формирование осадочной толщи в трех возможных типах седиментационного режима, которые могут иметь место в пределах одного и того же седиментационного бассейна в зависимости от различных соотношений эндогенного и экзогенного факторов. Эндогенный фактор проявляется в скорости тектонического опускания земной коры и может быть представлен в виде амплитуды тектонического погружения А. Экзогенный фактор выражается в скорости осадконакопления и, в конечном итоге, может быть представлен в виде мощности накопившихся осадков М за время тектонического погружения территории. Эти типы седиментационного режима получили название некомпенсации, компенсации и перекомпенсации.

Некомпенсированный тип режима ($A > M$) характеризуется повсеместным дефицитом осадочного материала, что приводит к непрерывному углублению седиментационного бассейна и возникновению трансгрессивной последовательности слоев в разрезе. Компенсированный тип ($A = M$) отличается полной компенсацией осадком возникающего пространства свободного осадконакопления, что способствует сохранению относительного постоянства глубин и процессу слоенакопления. Перекомпенсация ($A < M$) возникает при обильном поступлении в бассейн осадочного материала и поэтому, несмотря на продолжающееся тектоническое погружение площади, бассейн приобретает тенденцию к обмелению, а в разрезе осадочной толщи это отражается регрессивной последовательностью слоев.

Если допустить, что осадок, поступивший в седиментационный бассейн, успевает усваиваться, т.е. перераспределяется в соответствии с рельефом

дна, а седиментационный режим в различных частях бассейна достаточно разнообразен, то модель формирования осадочной толщи можно было бы представить в виде трех профилей, показанных на рис.2. На первом профиле (рис.2,а) показан некомпенсированный тип седиментационного режима, когда амплитуда тектонического опускания дна бассейна превышает мощность накапливающихся осадков, вследствие чего происходит постепенное углубление бассейна. На втором профиле (рис.2,б) в направлении мористости бассейна происходит смена некомпенсированного режима осадконакопления компенсированным. Наконец, на третьем профиле (рис.2,в) приведен последовательный ряд седиментационных режимов, завершающийся перекомпенсацией. Анализ приведенных профилей приводит к следующему заключению об особенностях строения осадочных толщ, формирующихся в бассейне при разных седиментационных режимах.

В случае повсеместного развития некомпенсированного седиментационного режима (рис.2,а) происходит, как это и должно быть, формирование трансгрессивной последовательности слоев в разрезе, что регистрируется повсеместно. При прослеживании слоев по площади отмечается общий наклон в их залегании в сторону возрастающих глубин бассейна, но более крутой, чем у реальной поверхности аккумуляции. При переходе к более глубоководным образованиям угол их наклона постепенно возрастает, что обуславливает изменчивость мощности слоев вкрест их простирания. Из модели следует, что мощность каждого слоя увеличивается к периферии бассейна в отличие от общей тенденции нарастания мощности толщи к его центру. Рубежи породно-слоевых тел повсеместно являются диахронными, т.е. несут пространственно-временную информацию. При этом пространственная составляющая в общем объеме информации по мере перехода к более глубоководным образованиям возрастает.

В случае компенсированных условий осадконакопления (рис.2,б) границы между слоями приобретают вертикальное положение, т.е. становятся полихронными. На стратиграфических схемах такие пространственные соотношения разнофациальных зон изображаются зубчатыми вертикальными линиями, которые довольно часто играют роль рубежа между местными стратиграфическими подразделениями.

Наиболее интересные пространственно-временные соотношения элементов осадочной толщи возникают в случае перекомпенсированного типа седиментационного режима (рис.2,в). На третьем профиле обращают на себя внимание принципиально разные картины, возникающие по обе стороны от зоны компенсации. Со стороны мелководья сохраняются все закономерности, отмеченные на первом профиле. Со стороны же глубоководья слоевые границы как бы опрокидываются и начинают приобретать обратное падение, направленное в сторону убывающих глубин. Вначале это падение достаточно крутое, но по мере удаления от зоны компенсации оно становится более пологим. Соответственно этому и мощность слоев возрастает согласно с общей направленностью в изменении этой характеристики всей толщи в целом, т.е. в направлении глубоководья. Таким образом, в пределах трансгрессирующего бассейна складываются разные условия формирования осадочной толщи и проявляется это не только в поведении породно-слоевых границ, но также в эволюции глубин. Так, в зонах ком-

пенсации глубины бассейна более или менее стабильны, что способствует слоенакоплению. В зонах некомпенсированного седиментационного режима происходит углубление дна и в связи с этим формирование трансгрессивной последовательности слоев. Наконец, в зонах перекомпенсации бассейн мелеет и здесь формируется регрессивный ряд слоев, что вступает в противоречие с существующими представлениями об однозначной связи между трансгрессивным режимом бассейна и такой же последовательностью слоев в соответствующей ему толще.

Из рассматриваемой модели следует также, что в процессе осадконакопления осадочный слой, распространенный в зоне компенсации, по существу, не имеет кровли. Та поверхность, которая должна играть роль кровли, оказывается второй подошвой, отделяющей этот слой от более глубоководных осадков, формирующих регрессивный ряд породно-фациальных образований. В связи с этим здесь возникает впечатление ложного опрокидывания осадочной толщи. В зоне перекомпенсации породно-слоевые границы вновь становятся диахронными и далее по мере их выполаживания могут перейти в изохронные. Таким образом, содержание породно-слоевой границы при прослеживании ее по площади в случае разнообразия в пределах этой площади седиментационных обстановок может быть различным (рис.3).

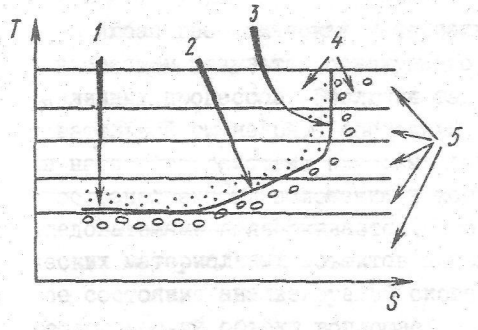


Рис.3. Пространственно-временное ($S-T$) содержание породно-слоевых границ
1 – изохронность; 2 – диахронность; 3 – полихронность; 4 – породно-слоевые тела; 5 – вещественно-слоевые тела

Несомненно, что постановка вопроса о пространственно-временном содержании породно-слоевых границ требует и его решения доступными средствами при картировании и решении других практических задач геологии. Единственный способ получения ответа на поставленный вопрос заключается в параллельном расчленении геологических разрезов на породно-слоевые и вещественно-слоевые тела, т.е. в изучении особенностей строения осадочных толщ на разных уровнях их организации. Из фациального закона следует, что стратиграфические горизонты, являющиеся вещественно-слоевыми телами, всегда изохронны, поэтому они могут служить своеобразным эталоном для решения вопроса о пространственно-временном содержании породно-слоевых границ. При совмещении рубежей разноуровенных тел породно-слоевые тела должны быть изохронны, при их пересечении – диахронны, при взаимно перпендикулярном пространственном положении – полихронны. Для сокращения затрат на вычленение в геологических разрезах вещественно-слоевых тел может быть предложен полуколичественный спектральный анализ как наиболее дешевый, доступный и экспрессный, позволяющий производить массовое послойно-поинтервальное опробование толщ. Опыт применения такого анализа для решения аналогичных задач в области четвертичной геологии уже имеется, а результаты его опубликованы [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. М.: Госгеолтехиздат, 1962.

2. Вассоевич Н.Б. Слоистость в свете учения об осадочной дифференциации // Изв. АН СССР. Сер.геол. 1950. № 5.

3. Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т.2.

4. Головкинский Н.А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна // Материалы для геологии России / СПб. минералог. о-во. СПб., 1869. Т. 1.

5. Иностранцев А.А. Геологические исследования на севере России в 1869-1870 гг. СПб., 1872.

6. Одесский И.А., Астафьев Н.Ф., Каменецкая Э.Л. Опыт применения циклостратиграфического метода при расчленении и корреляции четвертичных отложений областей оледенения // Информ. сб. Всесоюз. ин-та эконом. минеральн. сырья. 1989. № 3.

7. Степанов Д.Л. Принципы и методы стратиграфических исследований // Тр. Всесоюз. н.-и. геолог.-разв. ин-та. 1958. Вып. 113.

8. Walther J. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Bd.1-3. Jena 1893-94. 1055s.