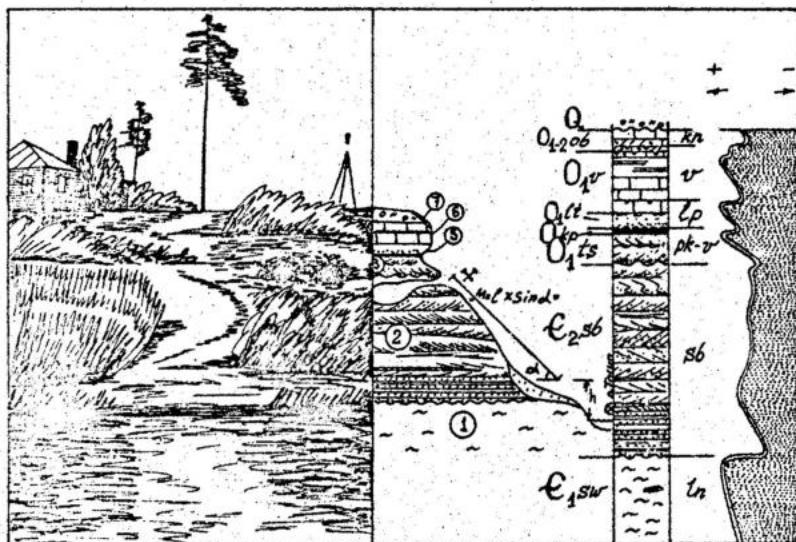




С. Е. Зубцов

МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(На примере нижнепалеозойских отложений
Саблинского учебного полигона)



Санкт-Петербург
1995

Санкт-Петербургский государственный университет

С. Е. Зубцов

МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(На примере южнопалеозойских отложений
Саблянского учебного полигона)

Учебное пособие

Санкт-Петербург 1995



Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Санкт-Петербургского университета

Зубцов С.Е. МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (На примере нижнепалеозойских отложений Саблинского учебного полигона): Учебное пособие. СПб., 1995. 77 с.

Предлагаемое учебное пособие предназначается для студентов (бакалавров и магистров) геологического факультета, изучающих стратиграфию нижнепалеозойских отложений приглинтовой полосы Ленинградской области во время учебных и научно-производственных практик. Рисунки выполнены автором.

Рецензенты: канд. геол.-минер. наук, доц. М.С. Дюфур
(С.-Петербург. ун-т),
докт. геол.-минер. наук, проф. А.Х. Кагарманов
(С.-Петербург. горный ин-т)

ISBN 5-87403-002-6

© Зубцов С.Е., 1995 г.

Введение

Основной объект исследования для студентов-геологов на их учебной практике в окрестностях Санкт-Петербурга - чехол Русской платформы. При знакомстве с ним наблюдателя поражают живописность естественных обнажений по берегам рек Тосны, Саблинки, Поповки, таинственность заброшенных штолен и заросших карьеров, обилие палеонтологических и других ископаемых сокровищ.

Иногда, правда, практиканты высказывают некоторое неудовлетворение тем, что объект чрезвычайно прост и лишен "головомолок" (стратиграфическая последовательность толщ и пачек во многих обнажениях идеально выдержана, сами пачки легко узнаваемы, картирование их немногим отличается от проведения горизонталей при топосъемке). Такое мнение отражает лишь поверхностный уровень знакомства с объектом, ограничиваться которым недопустимо даже для юных геологов. Мы постараемся показать, сколь неисчерпаем Саблинский полигон как источник научных загадок, даже если исследования его ограничены рамками только одной геологической дисциплины - стратиграфии. Не случайно он исследуется уже более ста лет. Здесь работали многие геологи Санкт-Петербургского университета и других геологических служб (Ф.Б.Шмидт, В.В.Ламанский, М.Э.Янишевский, Р.Ф.Гейкер, Л.Б.Рухин и др.), создавая многочисленные, ставшие классическими, труды по стратиграфии и смежным областям геологии.

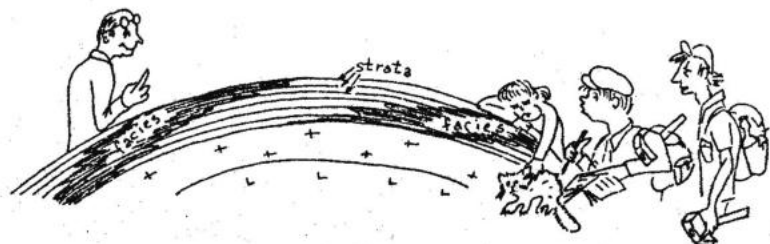
Однако интерес геологов нашей страны и зарубежья к приглинтовой полосе не ослабевает и по сей день. Наглядное подтверждение тому - паломничество иностранных специалистов на наши обнажения во время работы 27 международного геологического конгресса в 1984 г. Описываемая сокровищница каменной летописи интересна потому, во-первых, что не перестает одаривать нас все новыми находками, свидетельствами среды и жизни того времени. Нескончаемым открытиям способствуют ежегодно подновляемые техногенные экспозиции и возникающие вновь естественные обнажения.

Второй причиной возобновившегося в наши дни пристального внимания к строению чехла являются многочисленные новые веяния в различных областях геологии. Успехи седиментологии и сейсмостратиграфии открыли новые перспективы для стратиграфии, создав так называемый секвенцио-стратиграфический анализ. Революция в тектонике и глобальной палеогеографии заставляет искать в той уникальной камен-

ной летописи, каковой является чехол плиты, свидетельства грандиозного палеооценового дрейфа Европейского континента из южного полушария в северное, с пересечением климатических зон и сопутствующим преобразованием различных древних океанических акваторий и многими другими его последствиями.

Нам представляется, что работа студентов на практике не должна обходить стороной эти, а также другие вопросы современной геологии. Возможность внесения практикантами посильного вклада в их решение несомненна. Помочь освоить достигнутый уровень стратиграфической изученности полигона, критически его воспринять, заставить подумать о нерешенных вопросах, настроить на продвижение к новым рубежам познания в этой области и отвлечь практикантов от малоэффективного обучения методом тиражирования отчетов предшественников - основная цель настоящего учебного пособия.

Постановка этой цели традиционна для работ, уже созданных в помощь практикантам (см. список рекомендуемой литературы), с которых автор брал пример. Он весьма признателен студентам, имевшим терпение участвовать в многочисленных за пятнадцатилетие проведения практики совместных учебных экскурсиях и вдохновлявших вольно или невольно на такую работу. Хочется особенно поблагодарить за все сделанное для меня научного руководителя Г.С.Поршнякова, а также В.А.Прозоровского, М.С.Дюфура, Г.С.Бискэ, инициаторов внедрения секвенционно-стратиграфического анализа в университетскую школу М.В.Преображенского, А.В.Дронова, Ю.В.Савицкого, П.В.Федорова и других преподавателей факультета за советы и помощь.



1. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕКТА СТРАТИГРАФИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ЕГО ИЗУЧЕНИЮ

Любая историческая наука в первую очередь направлена на установление временных (или пространственно-временных) соотношений объектов исследования. В геологии наиболее доступным путем к этой цели является стратиграфическое изучение супракустальных (слоистых) масс горных пород. В процессе своего образования (осаждения) эти массы слой за слоем аккумулируют информацию о событиях, явлениях, располагая эти записи в хронологическом порядке, и представляют собой природную стратиграфическую летопись.

Работа с объектами такой летописи (естественно хронологически систематизированными пластами), казалось бы, должна сводиться к довольно нехитрому выделению стратиграфических подразделений, прослеживанию и идентификации их в разобренных обнажениях (*корреляции*).

Думается, если мы могли бы выполнять такую работу, оперируя пластами и более крупными подразделениями, обособленными поверхностями напластования и аналогичными им рубежами (т.е. поверхностями, отвечающими большим и малым перерывам в процессе осадконакопления), то многие трудности, стоящие перед современной стратиграфией, были бы преодолены. Во всяком случае в стратиграфии тогда был бы реализован принцип выделения стратонов, максимально возможно приближенный к так называемому хроностратиграфическому, т.е. к расчленению стратисферы изохронными срезами.

Даже если поверхности элементарных пластов грешат некоторым отступлением от изохрон, более точного синхронизатора стратиграфической летописи не дано. Что касается более крупных аналогов пластов, т.е. тел, ограниченных перерывами и несогласиями, то степень их хроностратиграфической погрешности можно было бы оценивать пос-

редством этих элементарных относительно изохронных рубежей.*

Однако при попытке реализовать указанный принцип обособления хроностратонов оказывается легко попасть в ловушку, созданную природой. Ряд обстоятельств делает пласты и аналогичные им более крупные подразделения трудно узнаваемыми в разобренных обнажениях. Для их идентификации зачастую необходимо непосредственное прослеживание или угадывание по каким-либо косвенным признакам. На эти косвенные признаки природа нередко оказывается щедрой, но при этом и весьма коварной. Она как-будто помогает делу идентификации пластов, группируя их в пачки и толщи, различающиеся цветом, составом и другими особенностями. Благодаря названным литологическим признакам эти пачки и толщи легко узнаются в достаточно удаленных друг от друга районах. А если состав той или иной толщи оказывается измененным, то чтобы выявить ее аналоги в изменившей свой облик вертикальной последовательности пластов, т. е. произвести стратиграфическую корреляцию, у стратиграфов, казалось бы, есть другие, неисчерпаемые возможности. В указанных случаях они обращают внимание на те свойства осадочных пород, которые более устойчиво следятся по латерали. Первейшим помощником в этом отношении является, например, ископаемая фауна, особенно та, что при жизни в наименьшей степени зависела от характера донного грунта. Используются стратиграфами также магнитные, изотопные и многие другие особенности пород.

Долгое время считалось, что все методы корреляции служат одной цели - выявлению временных эквивалентов в разобренных разрезах стратосферы с одинаковой степенью точности. Ошибочность такого убеждения проявилась не сразу, и на первых порах развития стратиграфии оно вполне благоприятствовало прогрессу. Так, изучение окаменелостей, содержащихся в осадочных толщах и пачках, с целью подтверждения правильности сопоставлений этих подразделений в разобренных разрезах, позволило совершить грандиозный шаг на пути стратиграфической систематизации объектов. Были выделены все основные подразделения фанерозоя (системы, отделы, ярусы) и оформлена в общих чертах геохронологическая шкала.

Сложности, обусловленные использованием множества различных особенностей супракрустальных образований в стратиграфии, стали особенно очевидными при переходе к достаточно детальным исследова-

* Методика такой оценки, производящейся в условных единицах, соответствующих количеству прилегающих к поверхностям перерывов слоев, используется в сеймостратиграфии.

ниям. В частности, при попытках установления точного положения границ тех или иных подразделений фанерозойской шкалы разные методы зачастую давали неодинаковые результаты. Многочисленные перепроверки таких несоответствующих друг другу выводов убеждают, что границы распространения различных физических характеристик супракрустальных масс не являются совпадающими по конфигурации. Прослеживая их в латеральном направлении, можно столкнуться с явлениями расхождения, схождения и пересечения.

Ставшие обыденными в практике стратиграфов примеры таких несоответствий со всей очевидностью показали, что различные особенности пород являются следами различных процессов, "течение во времени" которых оказывается не всегда согласованным или согласованным не в полной мере.

Поясним дополнительно, что различие конфигурации границ разной природы в полевых условиях обычно наблюдать не приходится. Не все стратиграфические рубежи достаточно наглядны (многие практически невидимы). А те, что более или менее ощутимы (такowymi, помимо границ смены литологического состава, иногда бывают рубежи смены комплексов палеонтологических остатков), зачастую видятся как совпадающие. Причин тому несколько. Во-первых, зависимость состава окаменелостей от состава донного грунта - явление обычное. Во-вторых, в случае, если изменчивость комплекса окаменелостей обязана своему происхождению процессам, не связанным с теми, что формируют лонный осадок, совмещение рубежей, отвечающих переменам в ходе различного рода природных процессов, может произойти из-за неполноты стратиграфической летописи. Эти перемены фиксируются в разрезе пород как одновременные, если и не были таковыми, но произошли за тот промежуток времени, что в летописи оказался неовещественным. Третья причина тесно связана со второй. В силу такой конденсированности стратиграфической летописи для наблюдения "расходящихся" или пересекающихся стратиграфических границ равной природы необходимы уникальные условия обнаженности, позволяющие следить эти границы на огромные расстояния.

Заметим, что в силу названных обстоятельств стратиграфические объекты Саблинского полигона, как типичные для чехла платформ отчетливо прерывистые разрезы, фрагментарно обнаженные лишь в узкой приглиттовой полосе, демонстрируют независимость стратонов различных категорий лишь в минимальной степени.

Ощутить в полной мере весь драматизм последствий этой независимости можно только при сопоставлении достаточно удаленных, отро-

сительно полных разрезов. Проведение таких работ в масштабах крупных регионов нередко обнаруживает несоответствие результатов корреляций по разным признакам (например, по разным группам фауны) объемом в ярус и более.

В разговоре о независимости стратонов разных категорий нельзя не упомянуть о таком убедительном доказательстве этого явления, каким является правило Вальтера - Головкинского (рис. 1).

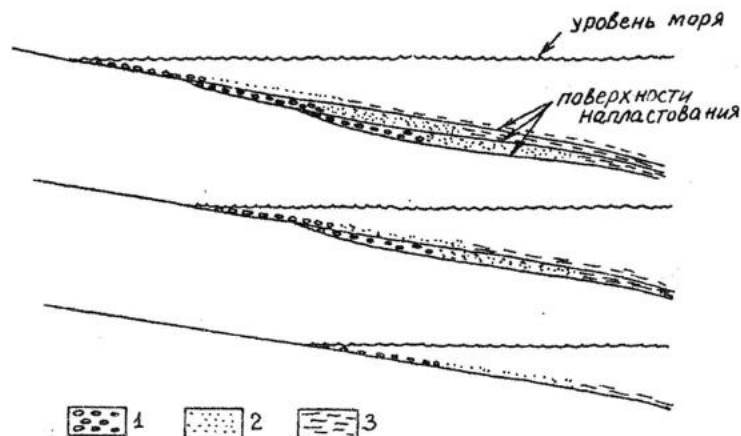


Рис. 1. Схема образования вертикальных последовательностей слоев различного состава, отлагавшихся в смежных фациальных зонах, при трансгрессии моря. Поверхности напластования, фиксирующие приостановки процесса седиментации, пересекают границы фациальных комплексов. Осадки различных фациальных зон: 1 - прибрежные галечники, 2 - мелководные пески, 3 - глины.

Подведем итог сказанному. Объект стратиграфического изучения (стратифера) содержит в себе различные классы структурно-вещественных неоднородностей, видимых или ощущаемых с помощью приборов. Эти неоднородности (тела) имеют пластовую или субпластовую форму. Однако в своих деталях конфигурация подразделений разных классов может быть существенно различной. Внутри каждого класса подразделения обнаруживают иерархическую соподчиненность, т.е. более крупные

из них делятся на целое число более мелких. Поэтому такие подразделения получили название *стратонов*.

Количество классов различных стратонов, по-видимому, даже более велико, чем количество различаемых особенностей пород (таких, как литологические, палеонтологические и т.п.). Столь же велико может оказаться и количество вариантов решения задачи, стоящей перед стратиграфом, т.е. задачи по расчленению и корреляции разрезов и создания на этой основе стратиграфической шкалы. В такой ситуации стратиграфу, естественно, предстоит выбрать из имеющихся или разработать новый вариант, отвечающий более точной временной (*хроностратиграфической*) корреляции.

Таким образом, работа стратиграфа разделяется на два этапа. Первый заключается в выявлении и описании различного рода лито-, био- и т.п. стратонов, без оценки деталей временных соотношений между их границами. Второй направлен на обоснование подразделений с границами, выполняющими роль синхронизаторов наилучшим образом, т.е. *хроностратонов*.

В методологии этого второго этапа различаются, в свою очередь, два разных пути.

Согласно *первому* пути (традиционному) перечисленные выше задачи стратиграфии можно решить, не прибегая к анализу причин возникновения и взаимосвязи различных особенностей супракрустальных пород. Вся наука стратиграфия при этом понимается как дисциплина, не выходящая за рамки чистого эмпирического опыта (проведение которого не отягощено теоретически predetermined направленностью), а расшифровка истории происхождения изучаемых объектов считается задачей других геологических наук.

Второй путь (новый, еще находящийся на стадии апробации) предполагает при решении названных выше задач также использовать элементы исторического анализа объектов. Согласно этому направлению, называемому ныне *событийно-стратиграфическим*, такой анализ должен быть направлен на выявление пространственно-временных связей между процессами, формирующими стратона различных категорий, точнее говоря, на обнаружение следов одновременных событий среди прочих особенностей этих объектов.

Следствиями таких событий могут быть рубежи, разделяющие стратиферу на части, не всегда достаточно наглядно обособленные. Эти подразделения могут не обладать единообразием каких-либо качеств. Так, в приведенном на рис. 1 примере смена галечников вышележащими песками в разрезах, формирующихся вблизи береговой линии, оказыва-

ется практически одновременной со сменой песков глинами в аналогичных последовательностях, расположенных мористее. Аналогичным примером послужит одновременность следов процесса смены зимы на лето в одном полушарии Земли и обратных изменений температурных условий на противоположной ее стороне.

Процедура выделения хроностратиграфических подразделений, таким образом, не должна сводиться только к формальному оконтуриванию структурно-вещественных неоднородностей стратисферы, а обязана включать также элементы анализа и синтеза последних согласно нашим представлениям об их одновозрастности. Круг объектов при этом расширяется и включает также *интерпретационные* стратоны, выделенные на основании предположения исследователя об их соответствии какой-либо временной категории.

Использование генетического анализа в целях синхронизации стратонов уже давно положительно зарекомендовало себя в четвертичной геологии, обособив дисциплину *стратигению*. В названии "событийная стратиграфия" замена традиционного корня (-графия) не привилась, по-видимому, из-за того, что стратиграфы изначально стремились к хроностратиграфическим объектам. А вот процедуру описания тех лито-, био- и т.п. стратонов, чьи границы далеки от совершенства с точки зрения их изохронности, все чаще называют *простратиграфией*, подчеркивая ее предваряющее собственно стратиграфические построения значение.

Заметим, что указанные пути проведения хроностратиграфического анализа не всегда оказываются обособленными друг от друга по причине той условности, с которой может быть определена чистота эмпирического направления исследования.

Ниже мы постараемся продемонстрировать (хоть и не исчерпывающе полно) возможности обоих направлений. Приводимое в гл. 3 описание стратиграфии нижнепалеозойского разреза Ленинградской области представляется, в основном, воплощением традиционного подхода при изучении названного объекта. В гл. 5 описывается результат одной из попыток (впервые предпринятой и еще не завершенной) следования событийно-стратиграфическому направлению (точнее, одной из его разновидностей - *секвенцио-стратиграфическому анализу*) при решении только одной из стратиграфических задач - задачи расчленения разреза.



2. О СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И ТЕРМИНОЛОГИИ

При знакомстве со стратиграфическими схемами приходится сталкиваться с множеством названий, обозначающих одни и те же или близкие интервалы разреза. Причины этого уже перечислялись в первой главе. Ниже приводятся некоторые дополнительные терминологические разъяснения для основных групп стратиграфических подразделений (стратонов).

Первая группа подразделений отражает разнообразие свойств супракрустальных пород, которые используются для расчленения разрезов на составные части. К ней относятся *лито-, био-, магнито-, изотопостратиграфические* и другие подразделения. Рассмотрим наиболее часто используемые первые две из названных категорий.

Литостратоны в разрезах выделяют как интервалы, отличающиеся цветом, составом пород, минеральными и органическими включениями в них или (и) обособленные поверхностями напластования.

Традиционным (хоть и не вполне логичным с современных позиций) является разделение литостратонов на следующие категории:

1. *Толща, пачка, пласт (слой), маркирующий горизонт*. Первые три - иерархически соподчиненные единицы, перечисленные в порядке от более крупных к более мелким. Маркирующим горизонтом может быть названа любая из них в случае, если она наглядно отделяется от ниже- и вышележащих подразделений какими-либо особенностями состава, имеет относительно небольшую мощность и широкое площадное распространение.

Названия перечисленным стратонам дают, подмечая особенности их состава и стратиграфического положения (диктионемовый сланец, нижний чечевичный горизонт). Иногда они бывают весьма образными - нап-

пример, "дикари" (так называют толщу весьма крепких пластов известняков, широко используемых в строительстве).

2. *Комплекс, серия, свита, пачка и пласт* (с географическими названиями). Эта плеяда также строго иерархически соподчиненных единиц, не менее часто используемых в практике, чем первая группа, к сожалению понимается очень неоднозначно. Существуют по меньшей мере две различающиеся трактовки этих подразделений.

Согласно первой, наиболее распространенной, точке зрения свита является аналогом толщи и отличается лишь более строгими правилами описания. Последнее должно быть опубликовано в печати, содержать географическое название подразделения (не дублирующее тех, что уже использованы для стратонтов этой же категории), указание *стратопила* (места наиболее типичного выражения качеств подразделения, по которому оно выделяется). Задокументированные таким образом стратонты, в отличие от толщ, не рассматриваются как свободные для употребления термины, а защищаются правилом приоритета, позволяющим их использовать только в понимании автора.

В такой трактовке свита и толща не отличаются друг от друга принципиально в том смысле, что являются единицами одной категории литостратонтов. Их различия касаются лишь степени изученности.

Другая существующая точка зрения, хоть и не разделяется большинством геологов, все же остается зафиксированной в Стратиграфическом кодексе, разработанном Межведомственным стратиграфическим комитетом. Эта публикация призвана выполнить весьма важную функцию по унификации использования стратиграфических терминов. Согласно Кодексу, свита хоть и выделяется главным образом по литологическим признакам, но все же не только по ним, а также и по некоторым другим (палеонтологическим, например), т.е. обосновывается комплексом признаков и, кроме того, должна отвечать какому-либо этапу геологического развития района.

Приведенное в Кодексе определение выводит свиту из рамок категорий обычных литостратонтов и обязывает ее быть результатом геостратиграфического анализа. Известно предложение, не получившее, правда, поддержки, такое понимание закрепить за особыми свитами и называть их *хроносвиты*.

Как упоминалось выше, без подобного геостратиграфического анализа вряд ли возможно достижение успеха в деле приближения к желанным стратиграфическим (т.е. хроностратиграфическим) целям. Однако следует иметь в виду, что это дело непростое, требует разработки соответствующих методик. Вариантов этих методик и, соответственно, ре-

зультатов анализов может быть немалое количество. Равное ему должно быть и количество категорий терминов.

Такие методики хроностратиграфического анализа ныне продолжают усиленно разрабатываться. Об одной из них, на наш взгляд наиболее перспективной, именуемой секвенци-стратиграфией, и о терминах, обозначающих результаты анализа, речь пойдет ниже.

Однако вернемся к свитам. В трудах некоторых исследователей, в том числе классиков стратиграфии (Н.М.Головкинского, Ф.Н.Чернышова и др.) с успехом предворалясь в жизнь идея выделения свит как геостратиграфических подразделений, с границами, соответствующими наиболее значимым событиям в истории формирования супракрустальных масс, которые оставляют след не только и не столько в виде смены фашиально-геостратиграфического состава отложений, но, главным образом, в перерыве осадконакопления и перестройке элементов седиментационной системы. В таком понимании свиты приближались к нынешним секвенциям (см. ниже). Однако последующая практика широкого использования термина свита в большинстве случаев не сопровождалась каким-либо особым хроностратиграфическим анализом, и по общему признанию большинство свит, вошедших в сводки данных о стратонах (различные стратиграфические справочники и словари), принципиально не отличаются от толщ.

Отметим и другие последствия отсутствия четкости в определении понятия свиты. Нередко они оказываются подобными биостратиграфическим подразделениям. Это происходит, например, в тех случаях, когда части единых формационных комплексов относят к разным свитам на том основании, что они содержат разновозрастные комплексы фауны. В некоторых случаях различное толкование толщ и свит оказывалось возможным вследствие существующей до сих пор весьма значительной неопределенности формулировок понятия литостратонтов (об этом речь еще пойдет несколько ниже).

Итак, очевидным представляется, что в сложившейся обстановке к термину "свита" не следует предъявлять каких-либо, выходящих за рамки обычных литостратонтов, требований. То же касается и других подразделений из рассматриваемой второй группы литостратонтов (комплекс, серия, пачка и пласт). Но, выделяя свиты и другие литостратонты, также вряд ли следует игнорировать тот факт, что различные литологические особенности супракрустальных масс имеют неодинаковую стратиграфическую значимость (т.е. находятся в различных взаимоотношениях с пластовыми поверхностями).

Выше уже подчеркивалось, что поверхности напластования могут пересекать рубежи смены состава пород (см. рис. 1). Подобное "про-

тыкание" поверхностей перерывов и несогласий исключается (возможным является только прилагание или срезание).^{*} Кроме того, смена состава пород в разрезе не всегда бывает приурочена к крупным пластовым разломам (несогласиям, например). Напротив, отчетливо проявленные перерывы и несогласия, контрастно выделяющиеся на фоне преобладающей слоистости, зачастую оказываются внутри подразделений одного состава. Эти особенности дали повод многим исследователям выдвинуть предложение различать среди литостратонов разновидности 1-го и 2-го рода, что, однако, не получило должного отражения в терминологии.

В арсенале используемых терминов для этих разновидностей нет названий, лишенных генетического смысла, которые удобно было бы использовать при описании объектов.

Подразделения, отличающиеся вещественными особенностями (или литостратоны 1-го рода), обычно классифицируются как *фациостратиграфические* (хотя, заметим, не все особенности состава определяются фациальной обстановкой).

Для подразделений, ограниченных снизу и сверху перерывами или несогласиями, используется название *циклилы* (хотя в принципе циклически построенные разрезы могут быть и непрерывными). Известен также используемый в сейсмостратиграфии термин *седиментационный комплекс*, вполне заслуживающий внедрения в практику литостратиграфии. Под седиментационным комплексом следует понимать литостратиграфическое подразделение (осадочное тело), характеризующееся единообразием каких-либо свойств состава или же лишенное таких отличительных вещественных признаков, но обособленное поверхностями напластования (согласиями или несогласиями).

Подчеркнем еще раз различия в стратиграфической весомости указанных разновидностей литостратонов:

1. Поверхности напластования могут пересекать границы литостратонов 1-го рода (иначе говоря, границы стратонов 1-го и 2-го рода пересекаются). Поверхности напластования в литостратонах 2-го рода не могут пересекать их рубежей (могут прилегать или срезаться ими).

2. Как следствие первого - смежные литостратоны 1-го рода могут быть частично или полностью одновозрастными (при оценке возраста не в одном пересечении, а для подразделения в полном объеме).

Поверхности перерывов, разграничивающие литостратоны 2-го рода, в

^{*}Подробнее о перерывах, несогласиях и их соотношениях со слоистостью см. в главе 4.

большинстве случаев исключают подобные соотношения для них.^{*}

3. Степень диахронности границ подразделений 2-го рода может быть оценена на основе анализа внутренней структуры. Эти границы являются относительно изохронными, если параллельны внутренней слоистости разделяемых единиц (т.е. настолько же изохронными, насколько этим качеством обладают элементарные слойки). С другой стороны, количество прилегающих к несогласной подошве или кровле слоев представляет собой условную меру диахронности рубежей литостратонов 2-го рода.^{**}

Сказанное подчеркивает первоочередную значимость для целей стратиграфии литостратонов 2-го рода (т.е. седиментационных комплексов). При выделении литостратонов (свит, толщ, пачек и т.п.) следует стремиться к обнаружению в разрезах именно таких подразделений, т.е. в первую очередь учитывать их обособленность различного рода несогласиями и поверхностями перерывов осадконакопления, допуская отсутствие единообразия вещественного состава.

Завершая рассмотрение литостратиграфических подразделений, отметим, что эти объекты являются основными в том смысле, что представляют собой канву стратиграфической летописи. Все остальные разновидности стратонов (био-, магнито- и т.д.) представляют собой следы соответствующих событий, записывающихся на этой канве в процессе ее формирования.

Биостратиграфические подразделения выделяются на основе палеонтологического анализа изменчивости окаменелостей, содержащихся в разрезе супракрystalльных пород. Они именуются *слоями с фауной* и различными *биостратиграфическими зонами* и сопровождаются латинскими названиями одного - двух видов-индексов (например, биостратиграфическая зона *Asafus expansus*).

Биостратиграфические подразделения занимают особое положение в ряду первой из рассматриваемых групп стратонов (так называемые стратоны частного обоснования). Они могут иметь фациальную природу. Но также могут быть обусловлены теми эволюционными преобразованиями, которые отражают процесс течения времени без посредничества фациальных явлений и характеризуются своей необратимостью.

^{*}Имеются в виду условия седиментации, при которых продолжительность перерыва превосходит отрезок времени, охватываемый в соседствующих стратонах.

^{**}Подобный анализ широко используется в сейсмостратиграфии, выявляющей соотношения внешних рубежей стратонов с их внутренней слоистостью.

Последнее обстоятельство придает особую важность биостратонам в деле достижения хроностратиграфических целей.

Строгое понимание биостратонов, как подразделений частного обоснования, требует при их выделении соблюдать принцип: "биостратона без окаменелостей быть не может" (подобно тому, как не может быть литостратона без отложений). Однако, если на каком-либо участке своего распространения те или иные пласты утратили содержащиеся в них окаменелости или содержат прослой, изначально лишенный фауны, то такой участок и такой прослой обычно не выделяют из состава биостратонов.

Характер соотношений с литостратонами для этой категории подразделений установить не всегда легко по причине обычной невидимости биостратиграфических рубежей. Точное их положение удается нащупать, сгущая шаг между точками сбора фауны вплоть до послойного опробования, что представляет собой весьма трудоемкую работу. В наших суждениях о латеральном распространении биорубежей они обычно оказываются привязанными к границам тех или иных литостратонов. Это может быть оправданным только при не слишком детальном исследовании. Знание действительных соотношений био- и литорубежей весьма важно для правильных стратиграфических заключений.

Вторую группу подразделений составляют стратоны, которые выделяются по принципу соответствия какому-либо событию или этапу, имевшему место в течение различного рода физических или биологических процессов. Эти подразделения называются *геоисторическими* или *событийными*. Поскольку используемое нами понятие астрономического времени также представляет собой отражение течения одного из физических процессов, то в качестве частного случая этой категории объектов можно рассматривать и наиболее желанную для стратиграфов разновидность объектов - *хроностратоны*. Последние определяются как совокупности супракристалльных горных пород, накопившиеся за определенный отрезок времени.

Таким образом, хроностратоны и геоисторические (событийные) подразделения хоть и не являются принципиально различными категориями, но, с точки зрения своей пригодности для целей стратиграфической корреляции, в некоторых случаях оказываются весьма различными. Если такие события, как эвстатические подъемы и падения уровня моря, пеллопады или даже инверсии расположения магнитных полюсов на Земле в масштабе геологического времени представляются практически единовременными, а объекты, обособленные их следами в стратиграфической летописи, оказываются максимально приближенными к хроно-

стратонам, то многие эволюционные события (тектонические, биологические) из-за своей растянутости во времени и неодновременности совершения в различных точках пространства практически лишаются корреляционной значимости.

Однако дать правильную оценку последней удается не сразу. И на первых порах создания геохронологических шкал в качестве хроностратонов выбирались далеко не всегда подходящие геоисторические единицы. Так, подразделения наиболее употребляемых в геологической практике стратиграфических шкал (так называемой общей или международной шкалы и многочисленных региональных шкал) "хроизосли" из обычных лито- и биостратонов). Впервые изученные в разрезах относительно небольшой территории в пределах Западной Европы, крупные литостратиграфические комплексы виделись геологам прошлого столетия как следы общепланетарных этапов развития. Разделяющие их рубежи считались результатами глобальных катастроф.

Провозглашенные таким образом *геоисторическими хроностратонами*^{*}, они были ранжированы по следующим классам: *группы, системы, отделы, ярусы*. В названиях различных подразделений отразились особенности ископаемых сообществ фауны (палеозойская группа), географические районы (кембрийская система), исторические этносы (ордовикская система). Для временных категорий, соответствующих перечисленным классам стратонов, используются наименования *эра, период, эпоха, век*.

По мере изучения названных выше хроностратонов за пределами стратотипов выяснилось, что геоисторические этапы, отразившиеся в них, грешат отступлением от изохронности. Это явление нетрудно понять, так как оно является обычным не только для этапов геологического развития (к примеру, уклады каменного века или феодализма сохраняются местами и поныне, сосуществуя одновременно с более цивилизованным обществом). Обнаружение явления "скольжения" во времени, которое испытывают стратиграфические границы, потребовало совершенствования шкалы.

Для достижения корректности в процедуре задания объема

^{*} В таком качестве эти (а также местные стратоны - свиты, о которых уже говорилось выше, и региональные подразделения, о которых речь еще пойдет ниже) продолжают рассматриваться в стратиграфическом кодексе МСК, что делает его отличным от аналогичных международных законодательств. Последние не делают упора на необходимость соответствия хроностратонов этапам какого-либо из происшедших в мире процесса, справедливо подразумевая, что наиболее точные способы синхронизации нам пока остаются неизвестными.

хроностратонам посредством прежних геисторических подразделений началась работа по стандартизации эталонов. Она заключается в выборе в пределах скользящей во времени поверхности одной точки, от которой можно было бы "тянуть" изохрону. А для осуществления этой процедуры протягивания изохрон предполагалось проведение более тщательных биостратиграфических исследований в комплексе с другими методами.

Подобно мировой шкале создавались многочисленные региональные шкалы. Потребность в них возникала в тех случаях, когда непосредственное сопоставление конкретных стратонов с мировыми эталонами по какой-либо причине оказывалось невозможным, но сохранялась возможность корреляции разрезов в пределах довольно значительной территории.

Наиболее употребляемым региональным подразделением является *горизонт*. В большинстве случаев они выделяются на основе биостратиграфического анализа (как основного рабочего метода корреляции) и нередко наследуют фаунистические названия биостратонов, от которых "происходят" или обозначаются какими-либо буквенно-цифровыми символами, отражающими степень сходства фаунистической характеристики подразделений и последовательность их расположения в разрезе (например, горизонты A1B, B1C, B1d и т.п.). Правильнее, однако, присваивать региональным стратонам географические названия, из которых явствует расположение их стратотипа (например, волховский, кундаский горизонты).

Изложенное выше поясняет, почему границы подразделений международной и региональной шкал, с одной стороны, и всех конкретных лито- и биостратонов, с другой, могут не совпадать. Правильнее говоря, совпадающими они должны быть только в тех редких случаях, когда имеют общий стратотип и рассматриваются в пределах стратотипической местности, точнее, не далее тех пространственных пределов, где становится ощутимым отступление границ лито- или биостратона от изохроны. В остальных случаях совпадение границ стратонов указанных категорий объясняется, как это уже отмечалось выше, либо недостаточной детальностью исследований, либо неполнотой стратиграфической летописи.

Другая разновидность геисторических объектов, которая будет использоваться в настоящем пособии - это *секвенцио-стратиграфические* подразделения. Эти подразделения, называемые *секвенциями* и *парасеквенциями*, представляют собой осадочные циклы, формирующиеся под влиянием периодически повторяющихся обмелений и углублений ак-

ваторий бассейнов осадконакопления. По аналогии со сказанным выше о том, что региональные хроноподразделения "происходят" из свит или биостратиграфических подразделений (т.е. объектов, в значительной степени фашиальных по своей природе, с вытекающими отсюда следствиями возможной значительной диахронности их границ), секвенцио-стратоны обособляются подобно пластам или аналогичным им более крупным единицам, ограниченным поверхностями напластования, т.е. следами событий, отличающихся большей единовременностью своего свершения. В этом смысле секвенцио-стратиграфические объекты претендуют на большую приближенность к хроностратонам.

Методология их обособления рассмотрена ниже. Идейные истоки этого направления можно найти в трудах по стратиграфии и палеогеографии Н.М.Головкинского, Ф.Н.Чернышева, Л.В.Рухина. В последние два десятилетия секвенцио-стратиграфия получила значительное развитие под влиянием открытий в сейсмостратиграфии и седиментологии. В конечном счете секвенцио-стратиграфический анализ направлен на выделение подразделений, отвечающих глобальным или широко масштабно проявленным эвстатическим колебаниям уровня моря. Такие подразделения называются *эвстацциклитами* с добавлением к этому термину приставок, указывающих ранг подразделения (например, мега- или суперциклиты). Как это видно на рис. 2, секвенцио-стратоны, в частности, секвенции, порой существенно отличаются от других литостратонов. Все же представляется удобным именовать их теми же географическими названиями, что имеют близкие по объему местные или региональные подразделения.



3. СТРАТИГРАФИЯ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ САБЛИНСКОГО УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА

В пределах эрозионного вреза в приглинтовой полосе Ленинградской области обнажается фрагмент разреза нижнего палеозоя мощностью порядка 40 м. В нем отчетливо различимы три крупные осадочные серии: 1) серия глин, 2) пески и песчаники, часто фосфоритонесные, оболочные; 3) серия преобладающего глинисто-карбонатного состава. Ниже описываются особенности наблюдений над этими сериями, проводимых в рамках традиционной литостратиграфии.

Серия глин. В обнажениях Саблинского полигона можно наблюдать только верхнюю часть этой серии - сиверскую свиту.

Сиверская (лонтовасская) свита (ϵ_{1sw} , ϵ_{1ln}). За характерный голубоватый оттенок пород, слагающих описываемое подразделение, его также называют толщей "синих" глин. Синие глины хорошо известны петербуржцам (и не только им), так как при огромных природных запасах, которые они образуют (мощность сиверской свиты достигает 100 м), эти глины находят широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Из них делают кирпичи и другие стройматериалы, производят "формовку", лепят скульптуры. Лонтовасские глины, как, впрочем, и залегающие еще ниже глины вендского возраста, служат местилещем гуннелей метрополитена в нашем городе.

Одно из основных качеств, прославивших эту толщу - ее удивительно однородный состав. Имея несомненное субаквальное происхождение, она не обнаруживает обычной для таких отложений четкой слоистости. Лишь в ее нижней части в глинистой массе присутствуют тон-

чайшие алевроитовые линзы. Но и их присутствие не лишает глинистую массу массивности и характерного для обломков гомогенной массы плотного, хоть и не литифицированного, вещества раковистого излома. Отсутствие четко различающихся пачек и слоев в сиверских глинах не позволяет раскрывать тайны их осадения обычными стратиграфическими методами расчленения на составные части и последующим изучением их взаимосоотношения. Так что полезность однородности состава толщи оборачивается малой стратиграфической информативностью.

Образование такой толщи представляется во многих отношениях загадочным. Включая массу сапропелевых (водорослевого происхождения) пленок, она вряд ли является мелководной фацией (трудно представить себе столь обширный бассейн, каким являлось лонтовасское море, в виде мелководного отстойника, не возмущаемого течениями, волнениями, штормами). Да и в любом случае этот гигантский отстойник представляется удивительным хотя бы по причине "везения" с питающими его источниками. Задумайтесь, сколь грандиозны по запасам продуктов выветривания были эти источники и сколь аккуратно были захоронены эти массы.

К сожалению, "свидетели" этого процесса проливают не много света на условия в лонтовасском бассейне. К ним относятся немногочисленные платисолениды и другие трубкожилы, имевшие опаловую оболочку - норку. Сообщения о находках трилобитов в толще оказались сомнительными и не повторенными при многочисленных последующих поисках. Очевидно, что ключи к тайнам лонтовасского времени еще не подобраны, хотя проходка огромных кирпичных карьеров предоставляет большие возможности для наблюдения их в поле.

В естественных обнажениях в долинах рек приглинтовой полосы видна лишь самая верхняя часть толщи (в пределах 10 - 12 м). Ее нетрудно "пропустить", описывая разрезы, так как на водоупорной массе глин часто развиваются суффозионные* террасы и оползни. Существование под вышележащими песками глинистой толщи выдают выходы грунтовых вод, изменение крутизны склонов (переход к более пологим заболоченным его участкам).

Возраст свиты устанавливается по микроскопическим спороподобным окаменелостям - акритархам, которые обнаруживают сходство с

* Под суффозией в данном случае понимается процесс вымывания песчаных частиц грунтовыми водами. Суффозионные террасы образуются в результате частичной или полной преларировки грунтовыми водами почти горизонтальной поверхности раздела между толщей глин и перекрывающей ее толщей песков.

аналогичными микропалеонтологическими комплексами из отложений соседних регионов (из Скандинавии, например), в которых имеется и другая раннекембрийская фауна (в частности, трилобиты).

Вудучи обособленной снизу и сверху несогласиями, описанная свита является примером совпадения литостратонов 1-го и 2-го рода в принятой здесь терминологии.

Серия песков и песчаников кембро-ордовикского возраста (Саблинско-Копорский интервал палеозойского разреза - ϵ_1-0_1sb-kp). Основную часть этого интервала составляют рыхлые или слабосцементированные обычно светлоокрашенные пески, знаменитые своей своеобразной фауной лингулат (беззамковые брахиоподы) и фосфатоносностью.

Серия весьма хорошо обнажена и является прекрасным объектом для тренировки наблюдательности, ибо выделение значимого стратиграфического сигнала затруднено заглушающим "шумом" единообразного, с первого взгляда, песчаного состава. К тому же изучение входящих в состав серии толщ, имеющих близкий состав, но обособленных несогласиями, со всей остротой ставит проблемы стратиграфической корреляции, для решения которых может быть привлечен один из наиболее распространенных - биостратиграфический метод. В кровле серии предполагается неразрывно стратиграфически связанная с ней, но весьма контрастно отличающаяся по составу пачка черных глинистых (диктионемовых) сланцев, являющаяся прекрасным маркирующим горизонтом.

В процессе изучения песчаной серии, которое длится уже 100 лет, предлагались различные варианты ее расчленения на составные части, количество которых постоянно возрастало, а понимание объема, также как и трактовка стратиграфических соотношений, не оставалось одинаковым. История этого вопроса, а также наиболее обоснованная на сегодняшний день стратиграфическая схема содержится в коллективной монографии, написанной Л.Е.Поповым с соавт. в 1989 г. Детальное описание разрезов толщи в районе практики приведено также в монографии Л.Б.Рухина, изданной в 1939 г.

Приводимый ниже обзор призван помочь практикантам использовать последнюю из предложенных схем в своей работе и в некоторых случаях несколько видоизменить применительно к конкретным условиям работ (сконцентрированных на небольшой площади и, естественно, весьма детальных).

Саблинская свита (ϵ_2sb). Это подразделение имеет мощность 10 - 12 м. Служено рыхлыми песками и слабосцементированными песчаниками светлой окраски (от чисто белых до серовато-желтых и розовых).

Свита распространена на отрезках долин рек Саблинки и Тосны

ниже водопадов до южной окраины села Никольское, где срезается по дошвой четвертичной морены вследствие постепенного воздымания, которое испытывают палеозойские пласты в северном направлении. Наиболее полные разрезы располагаются вблизи слияния названных рек, где саблинские пески слагают крутостенные обрывистые борта речных долин (обнажения Двадцать первое, Придорожный карьер, Графское, Под базой, рис. 3). При этом самая нижняя часть разреза свиты во многих из перечисленных обнажений бывает скрыта под осыпями и оплывинами. Развитию последних благоприятствует положение легко проницаемых для грунтовых вод и подвергающихся суффозии песков на водоупорных лонтовасских глинах. Относительно хорошей экспозиции этой части разреза свиты благоприятствует интенсивная боковая речная эрозия, удаляющая суффозионные наносы (отрезок левого берега р. Тосны выше базы СПБУ), и изолированность от грунтовых водотоков (обнажения Маленькое, Останец).

В этих же обнажениях возможно увидеть контакт саблинских песков с подстилающими глинами. Данная граница известна как крупное несогласие, поскольку верхняя часть разреза лонтовасских глин во многих районах представляет собой мощную (несколько метров) каолилитовую кору выветривания. В обнажениях, перечисленных выше, можно найти другие свидетельства перерыва в осадконакоплении на контакте глин и песков - некоторое подобие базальных конгломератов. Нижние пласты саблинских песчаников бывают насыщены глинистыми скальщиками, спрессованными в лепешки (т.е. материалом размыва нижележащих лонтовасских глин).

В составе свиты по особенностям слоистости, наличию скрытых несогласий и распространению ископаемых лингулат можно различать несколько составных частей (см. рис. 2).

Наиболее четко обособленной выгладит нижняя пачка нижнесаблинской подсвиты, сложенная более плотными параллельно-слоистыми песчаниками. На поверхностях напластования этих плитчатых пород местами можно наблюдать рельефные знаки ряби, удивительно сходные с хорошо знакомой петербуржцам рифленной поверхностью дна мелководий Финского залива. Обычно эта часть разреза считается немой, т.е. не содержащей окаменелостей. Но по свидетельству Г.С.Поршнякова и указаниям авторов "Опорных разрезов..." эти песчаники заключают редкие остатки лингулат. Сборы прошлых лет, к сожалению, ныне не сохранились. А ведь эти окаменелости могли бы представлять интереснейший материал, особенно сейчас, когда лингулаты основательно изучены из более высоких слоев разреза оболовой толщи. Повторение сборов

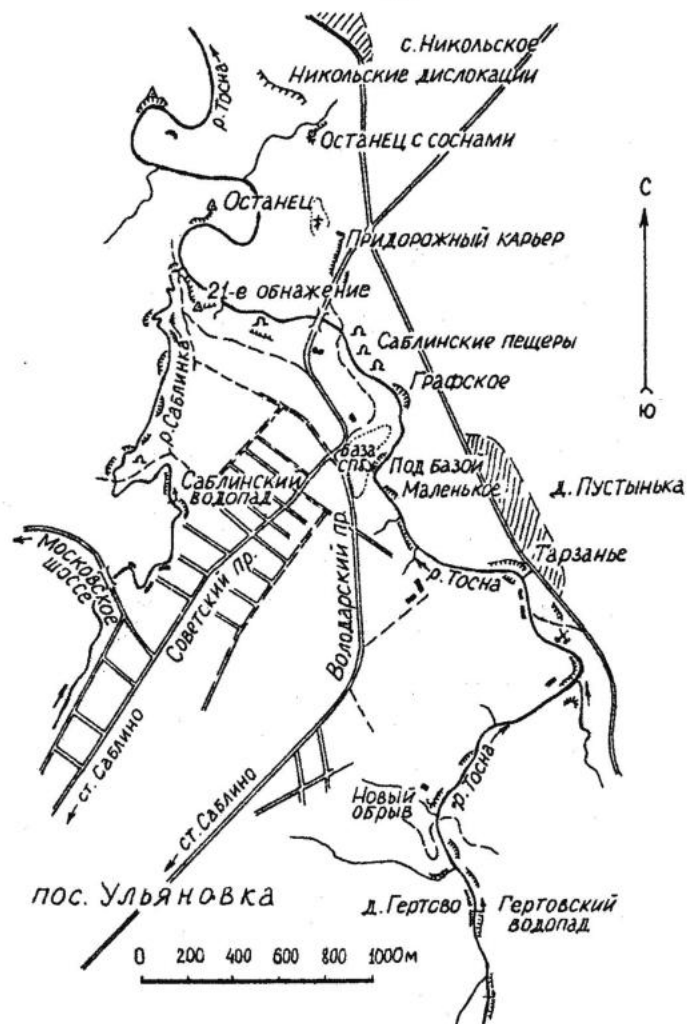


Рис. 3. Схема расположения обнажений в районе Саблинской учебно-научной станции СПбУ.

беззамковых брахиопод из нижнесаблинских песчаников было бы проявлением незаурядного поискового таланта.

Выше по разрезу параллельно-слоистые песчаники постепенно сменяются косослоистыми песками. В зоне контакта (0,5 м) можно видеть переслаивание этих двух разновидностей. В таких условиях границу обычно выбирают условно (либо по самому нижнему косослоистому прослою, либо по наиболее верхнему прослою с параллельной слоистостью). Однако такой формальный принцип не обеспечивает фиксацию какого-либо одного стратиграфического уровня, так как пласты в зоне переслаивания довольно быстро выклиниваются по латерали, что можно наблюдать в обнажении на левом берегу р. Тосны выше базы.

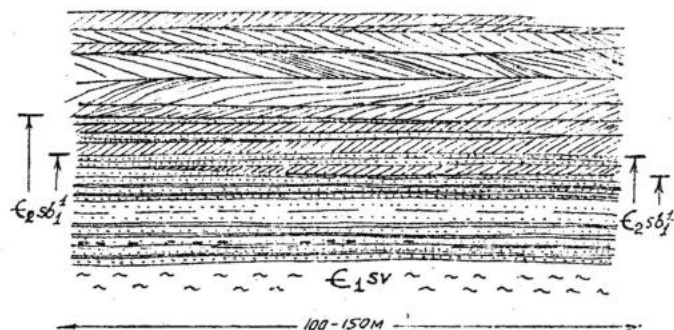


Рис. 4. Схема соотношений нижней и верхней пачек нижнесаблинской подсвиты, иллюстрирующая "диахронность" фациального рубежа между ними. Справа и слева показаны различные стратиграфические уровни исчезновения в разрезе параллельно-слоистых и появления косослоистых песков, которые ошибочно могут быть приняты за единую стратиграфическую поверхность.

Выбранная по какому-либо из предложенных критериев граница нижней пачки и вышележащих песков окажется, таким образом, наглядным примером так называемых диахронных фациальных рубежей (рис. 4). Естественным, поэтому, выглядит отнесение этих, отчетливо различающихся (параллельно-слоистых и части вышележащих косослоистых песчаников) в единое подразделение - нижнесаблинскую подсвиту. Это подразделение, как и вся свита целиком, представляет собой осадочные циклы различных порядков, включающих различные по фациальной природе составные части.

Граница нижнесаблинской и вышележащей подцвет не отвечает какому-либо резкому изменению состава пород и устанавливается по следам перерыва в осадконакоплении. Это слабо волнистая поверхность со следами ожелезнения, иногда сопровождающаяся глинистыми примазками. Далеко не всегда она оказывается достаточно четко выделяющейся на фоне других разделов косых серий, особенно лежащих выше по разрезу. Но волизи кровли отделенной таким образом верхней подцветы все же появляется ряд отчетливых особенностей.

Здесь впервые в разрезе песчаной серии можно видеть скопления раковин оболосов, из-за чего верхнесаблинскую подцвету можно назвать нижней оболосовой пачкой. Кроме того, здесь косые серии становятся очень крупными (до 1,5 м по мощности), значительно грубеет состав песков (на границах крупных косых пакетов слойков нередко линзовидные скопления грубых песчинок размером до 2 мм). Крупные косые серии нередко имеют форму сигмоидальных оплывин. В случае, если подошва вышележащей косой серии срезает верхнюю часть таких сигмоидальных слойков, последние приобретают труднообъяснимый полусферический вид (рис. 5). Заметим попутно, что такие косые серии следует отличать от псевдослоистости - округлых радужных разводов или колец Лизеганга.

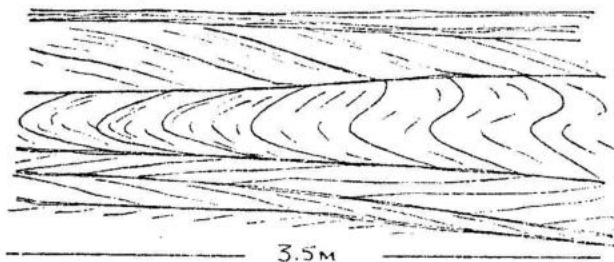


Рис. 5. Зарисовка косых серий со структурами оплывания в верхней части саблинской свиты.

Считается, что в районе Саблино присутствует только нижняя часть разреза верхнесаблинской подцветы, названная К.К.Хазановичем гертовской пачкой.

Для правильного обособления гертовской пачки помимо особенностей слоистости и окраски важно присутствие в ней остатков лингулат. Это наиболее надежный признак, без которого трудно удостовериться,

что принимаемый за гертовскую пачку интервал не является какой-либо косой серией из числа нижележащих (ведь гертовская пачка может оказаться размытой в результате интенсивных эрозионных процессов, происходивших в предладожское время). При этом не следует путать остатки лингулат с чешуйками глинистого материала, близкими по размерам (внимательно рассматривайте подозрительные объекты под лупой!); и следует различать захороненные во время седиментации окаменелости с осыпавшимися оболосами из вышележащих также оболосных слоев (отберите пробу песка для просмотра из заведомо коренных залежей!).

Следует иметь в виду, что в районе дер. Гертово в верхней части разреза саблинских песков довольно отчетливо обособляются не одна, а две - три пачки с достаточно заметными отличительными признаками. Они, как и весь интервал, расчленяются поверхностями, в той или иной степени выделяющимися на фоне прочих седиментационных разделов (порой покрытыми железистыми корками, сопровождающимися тонкими глинистыми прослоями). Очевидно, что при столь детальном изыскании, которое предлагается практикантам, уместно обособление их и попытка создания сугубо местной стратиграфической схемы с использованием новых географических или буквенно-цифровых наименований. Правда, в условиях, когда близкие по составу пачки небольшой мощности разделяются перерывами, возникают сложности в решении вопросов корреляции, разбор которых будет произведен ниже при описании ладожских песков.

Другой задачей, требующей новаторства от практикантов, может быть установление стратиграфической позиции крупных (мощностью до 1 м) линзовидных тел сливных кварцитовидных песчаников, встречающихся в саблинской свите (и не только в ней). При внимательном изучении такие "кварцитовые линзы" выявляются во многих обнажениях в районе Гертово (в стенках обрывов, на плечах террас, лишенных злювия, и вблизи русел). Из-за своей резкой обособленности от рыхлой вмещающей массы песков эти сливные песчаники выглядят, как инородные тела. Однако, рассматривая экспозиции поперечных сечений этих линз, можно удостовериться в постседиментационной природе этих кварцитов. Единые косые серии прослеживаются из песков окружения внутрь этих линз, не меняя при этом свою форму.

Кроме того, значительная часть разреза саблинских песков (за исключением самой нижней пачки) представляет собой великолепный объект для изучения косой слоистости. Подробное рассмотрение различных типов косых серий приведено в монографии Л.Б.Рухина. Упомя-

нем лишь один из известных и наиболее распространенных, по нашим наблюдениям, "реверсивный тип косой слоистости". Он представляет собой закономерно сопряженное соседство косых серий различной направленности. Очевидно, они формировались подводными потоками, периодически меняющими свое направление на противоположное (может быть, приливно-отливными течениями). Руководствуясь таким предположением, Л.Н.Кульмин подсчитал, сколь ничтожно малый отрезок времени зафиксирован (овеществлен) в толще саблинских песков. Накопление относительно большой массы материала за короткий срок является, несомненно, особенностью обломочной седиментации.

Косослоистые песчаники служат хорошей иллюстрацией относительного характера изохронности поверхностей напластования осадочных толщ. Каждый раздел косых серий является резко диахронным, так как пересекает косые слои. Однако в масштабах геологического времени система более или менее параллельных косых серий вполне может быть принята как изохрона. В то же время поверхности раздела более высокого ранга (несогласия, разделяющие пачки и толщи косослоистых песков) следует считать изохронными лишь на участках, где соблюдается параллельность с поверхностями косых серий.

Методике наблюдений над косыми сериями посвящена обширная литература.* Для выявления условий генезиса широко используется метод замера ориентировки косых серий в пространстве с последующей статистической обработкой и построением азимутальных векторных роз. Заметим попутно, что, проводя массовые замеры в условиях, когда большинство обнажений представляет собой обрывы на берегах долин субмеридионального направления, легко ошибочно зафиксировать кажущиеся азимуты падений косых серий, ориентированных в северных и южных румбах. Такие псевдоазимуты можно увидеть в любой одномерной экспозиции неидеально ровных (различным образом серповидно изогнутых) поверхностей косых серий.

Возраст саблинской свиты ранее оценивался в основном по ее положению непосредственно под фаунистически охарактеризованными слоями, как такой же ордовикский или более древний (кембрийский). Ныне появились уточняющие данные о принадлежности свиты к среднему кембрию на основании изучения содержащихся в ней акритарх и лингулат.

В заключение описания саблинских песков хочется напомнить, что

* См., например, книгу: Ботвинкина Л.Н. Методическое руководство по изучению слоистости. М., 1965. 270 с.

всех геологов, изучавших ее, изумлял чистейший кварцевый состав (что в свое время позволило использовать пески для стекольной промышленности, добывая их в штольнях, ныне известных как Саблинские пещеры). Такой состав является по единодушному заключению геологов свидетельством происхождения не непосредственно из гранитоидного Карельско-Кольского щита, расположенного неподалеку на севере. Скорее этот материал - неоднократно перемытые и переотложенные береговые фации более древних морей (в том числе лонтовасского?). Явление такой ремобилизации древних осадков весьма обычно.

Ладожская свита (Ezid) или средняя оболочная толща. Это относительно небольшая по мощности свита, сложенная оболочными песками. Характерна серая (холодных тонов) окраска и несколько большая плотность в сравнении с ниже- и вышележащими слоями (благодаря чему в обрывах свита образует слегка нависающий карнизик). Снизу и сверху ладожские пески ограничиваются поверхностями перерывов - неровными, нередко подчеркнутыми железистой цементацией и тонкими прослоями серой глины. В течение предладожского перерыва, кроме того, были сформированы системы субвертикальных трещин, пронизывавших верхнюю часть саблинской свиты и не пересекавших подошву вышележащих слоев. Ложбины и карманы, приуроченные к зонам трещиноватости, бывают заполнены округлыми своеобразными бобовидными пирит-марказитовыми конкрециями, обычно разложенными до желтых железистых комочков, покрытых окисляющимися корочками гетита и гидрогетита. По данным Г.Н.Гончарова с свавт., полученным в 1989 г., это окислительное преобразование первоначальных сульфидных конкреций, по крайней мере части из них, произошло, скорее всего, в предладожское, позднекембрийское (а не четвертичное) время и сопровождалось обогащением конкреций такими элементами, как As, Tl, Pb в соответствии с геохимической обстановкой тех далеких геологических эпох.

Ладожская свита присутствует в разрезах непостоянно. В наиболее типичном виде она представлена в обнажении на правом берегу р. Тосны, выше моста в стенке Придорожного карьера. На противоположном, левом берегу в 21-ом обнажении можно обнаружить лишь небольшое (15 см) линзовидное тело, соответствующее, по-видимому, ладожской свите. Выше по течению реки свита выклинивается, после чего ее появление можно заподозрить лишь южнее Гарзаньего обнажения в районе Гертово. Но как убедиться, что это та же самая свита, а не новое подразделение, отсутствующее в предыдущих случаях? Ведь известны разрезы, где набор стратиграфических единиц в пограничном саблинско-тосненском интервале более полон и насчитывает не одну, а

две ладожские подсвиты (также разделенные несогласием). Между ладожской свитой и гертовской пачкой, кроме того, местами выделяется еще ребровская пачка, а тосненская также состоит из двух частей. Общее количество отделенных несогласиями единиц, сложенных близкими по составу оболочными песчаниками, достигает таким образом шести (!) и, думается, оно может быть увеличено при открытии новых экспозиций. То есть, во время перерывов между отложениями гертовской пачки и ладожской свиты, а также между последней и перекрывающей ее тосненской свитой могли быть отложены и затем размыты не менее трех самостоятельных пачек.

Памятуя о том, что эти подразделения выделяются не столько по особенностям состава, сколько благодаря отчетливым поверхностям перерывов, при их диагностике можно было бы использовать морфологические особенности этих несогласий. Действительно, предладожский перерыв по интенсивности своего проявления нельзя спутать с разделами в основании верхнесаблинских пачек, но все его признаки (трещины, карманы, бобовины) могут быть наследованы подошвами вышележащих свит в случае, если ладожская свита будет отсутствовать.

Таким образом, если после выклинивания какого-либо подразделения А, ограниченного перерывами, мы встречаем сходную единицу В, надо либо убедиться в их единстве независимым методом (если это возможно), либо выделять новый стратон. Последний прием гарантирует от ошибок. В случае же установления đồngовозрастности А и В их можно объединить в подразделение иного ("не свитного") статуса - корреляционное (горизонт, например). Название горизонту в таких случаях обычно присваивают такое же, как исходной свите (А или В). То есть в данном примере следует выделять пачку с каким-либо названием (пустыньская, например).

Решить же вопрос о принадлежности ладожской и пустыньской свит к одному или разным горизонтам не так-то просто. Даже установление общего комплекса фоссил в них не является строгим доказательством đồngовозрастности, а лишь указывает на принадлежность к единой биостратиграфической зоне, объем которой может значительно превышать время, овеществленное в названных пачках. Последние при этом могут иметь соотношения, схематически изображенные на рис. 6. Так что выделять горизонт без знания более полных, лишенных перерывов разрезов саблинско-тосненского интервала, достаточно рискованно.

Следует оговориться, что такая, близкая к абсолютной, точность корреляции не всегда требуется на практике и обычно вполне достаточным может считаться установление принадлежности к одной биостратиграфической зоне.

Весьма любопытно, что исследование остатков лингулат из пачки, обнаженной в районе Гертово и имеющей сходное с ладожской свитой положение, проведенное Л.Е. Поповым с соавт., привело к неожиданному, на наш взгляд, выводу о соответствии ладожской свиты более высоким слоям нижнетосненской подсвиты?! Такой вывод плохо увязывается с несходством литологического состава названных интервалов и требует дополнительных подтверждений. Следует провести наблюдения фациальных замещений в нижнетосненской подсвите, поясняющих причины преобразованного облика этого подразделения в указанном районе, а также использовать какой-либо независимый метод корреляции. В случае, когда стратон ограничен крупными перерывами и представляет собой седиментационный цикл (каковыми и являются ладожская свита и нижнетосненская подсвита) посредством уточнения различных индивидуальных особенностей его состава можно достигнуть желаемой однозначности выводов.

Возраст ладожской свиты, некогда относимой к ордовику (из-за наличия фауны, близкой к вышележащей толще ордовикского возраста), в настоящее время оценивается как верхний кембрий. Основанием для этого послужило переизучение оболит, оказавшихся отличными от встречающихся выше по разрезу тосненских, а также обнаруженные остатки конодонтов, определенно указывающих на присутствие в свите (в полных ее разрезах) не менее трех конодонтовых зон.

Тосненская свита (O_{1ts}) или верхние оболочные пески и песчаники. Эта свита наиболее богата оболочным детритом, что делает ее в некоторых районах пригодной для добычи фосфоритов. Пески и песчаники, слагающие свиту, обычно окрашены в бурый цвет. Они также характеризуются кривой слоистостью, хотя несколько своеобразной, в большей степени разноориентированной. Подошва свиты пред-

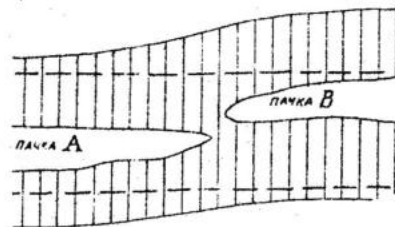


Рис. 6. Схема возможных соотношений между биоподразделениями и литостратонами (две разновозрастные пачки - А и В, занимающие сходную стратиграфическую позицию, т. е. между двумя одинаковыми свитами, ограниченными несогласиями, принадлежит одной зоне. Последняя условно выделена пунктирными линиями).

твляет собой резко очерченную границу, часто подчеркнутую тонким (2 - 3 мм) глинистым прослоем. Неровности подошвы срезают подстилающие пласты. Нижняя часть свиты мощностью 20 - 30 см отличается грубой песчаной или даже гравийной размерностью зерен и содержит крупные гальки (или оглаженные конкреционные корки) сливных железистых песчаников. Налицо, таким образом, следы крупного стратиграфического несогласия, которым тосненская свита отделяется от подстилающих отложений. Это хорошо согласуется с тем фактом, что формирование тосненской свиты началось неодновременно в различных районах ее распространения. В западных районах в ее составе в нижней части добавляются две фаунистические конодонтовые зоны. Весьма важно было бы составить более подробное представление об изменениях возраста подошвы в пределах распространения свиты, в особенности в направлении вглубь ордовикского палеобассейна (т.е. в южных румбах). Такие сведения помогли бы интерпретации положения свиты в эвстатическом цикле.

Как уже отмечалось Л.Е. Поповым, тосненская свита разделяется на две подсвиты не очень отчетливой и не везде прослеживаемой неровной несогласной границей, которая служит одновременно и границей фаунистических зон. Такое совпадение лито- и биостратиграфических единиц характерно для границ осадочных циклов, разделенных несогласиями.

Тосненская свита на основании находок конодонтов и другой ископаемой фауны относится к тремадокскому ярусу нижнего ордовика. Это подтверждается ее неразрывной связью с вышележащими толщами, столь же надежно датированными (в том числе граптолитами).

Копорская свита (O_1kp). Это небольшое по мощности (15 - 20 см) подразделение, известное также под названием диктионемового сланца. Черные и серые различных оттенков аргиллиты и алевролиты в составе свиты образуют тончайшие ламины, что свидетельствует о "тиховодных" (вероятно, более открыто- и глубоководноморских:) условиях, резко отличающихся от предшествующей обстановки перемещающихся песчаных наносов. Особенность копорских отложений подчеркивается присутствующими в них пелагическими окаменелостями, в числе которых многочисленные дендроидные граптолиты *Dictyonema* и скопления конодонтов. Особо перспективными для нахождения ископаемых являются поверхности напластования, отвечающие моментам ненакопления и конденсации пелагических частиц, выявление которых требует тщательного просмотра сланцевых плиток.

Копорский сланец является хорошим маркирующим горизонтом, резко

отличающимся по составу как от ниже-, так и от вышележащих толщ. Однако характер нижней и верхней границ у копорской свиты неодинаков. Нижняя граница, хоть и резкая, но, по-видимому, в большинстве экспозиций согласная. Об этом свидетельствует появление отдельных тонких прослоев сланцев внутри оболовых песков в 20 - 40 см ниже кровли последних (обнажения Поповская антиклиналь, Новый обрыв). В западной части приглинтовой полосы описывается зона переслаивания сланцев и песчаников (орасоясская пачка), которая по возрасту древнее подошвы копорского сланца в районе Саблино. Так что данная согласная граница двух литостратиграфических единиц, фациальных по природе, демонстрирует свою обычную для таких рубежей диахронность.

Верхняя граница, напротив, несет следы размыва, хоть и очень деликатного: не уничтожая пачку сланца целиком, эрозия оставила лишь не крупные бороздки на ее кровле. Наблюдать, правда, приходится только их зеркально изображенные слепки в подошве вышележащих лезтесских песчаников (например, в обнажении Новый обрыв).

Учитывая характер соотношений диктионемовых сланцев и оболовых песчаников, тосненскую и копорскую свиты, а также ряд других разновозрастных подразделений (т.е. замещающих названные свиты по латерали), распространенных в соседних с запада районах, традиционно объединяют в пакерортский горизонт. Правда, по данным Д.Л. Кальо и Э.К. Кивимяги, * вышележащий варангусский горизонт, подошва которого проводится по появлению комплекса конодонтов зоны *Drepanodus delcifera*, местами начинается внутри литостратиграфических аналогов копорских сланцев (внутри турсалусской пачки). Это следует иметь в виду при проведении дальнейших биостратиграфических наблюдений над копорскими сланцами.

В любом из указанных вариантов корреляции копорская свита, как и оба названных горизонта, параллелизуется с тремадокским ярусом нижнего ордовика.

Глинисто-карбонатная серия (Лезтеско-дубовикский интервал разреза - $O_1-2lt-db$). Этот интервал известен своими карбонатными плитняками, используемыми в строительстве нашего города с момента его основания. Добываются они и ныне, например, в карьерах Путилово, в районе станции Назия Московской железной дороги, у дер. Бабино, на р. Волхов. Перечисленные карьеры являются наилучшими обнажениями этой части разреза. Карбонатные, а также глинистые прослои

* Кальо Д.К., Кивимяги Э.К. Зональное расчленение тремадока Эстонии: Граптолиты и стратиграфия Таллин, 1976. С. 56-63.

описываемого интервала (как и вышележащие части разреза ордовика) кроме того, представляют собой богатейшие захоронения ископаемой фауны беспозвоночных. Они служили источником открытия таких значимых для стратиграфии групп микрофоссилий, как конодонты, хитинозоа и, думается, раскрыли еще не все "тайные" ископаемые сообщества. Проводимые А.В. Дроновым, Ю.В. Савицким, П.В. Федоровым и еще не завершенные детальные изыскания по теме "Седиментационная цикличность и фациальная зональность карбонатных отложений Ордовикского плато в окрестностях Санкт-Петербурга" уже подтвердили это интересными открытиями в области седиментологии и палеоэкологии (имеются в виду микритовые горбы и их окружение).

Карбонатно-глинистые последовательности в приглинтовой полосе несогласно перекрываются отложениями девона или четвертичного периода. Более полные разрезы, достигающие мощности 100 - 200 м, сохранились в западных и центральных районах ордовикского палеобассейна. В районе Сабдино и других восточных частей приглинтовой полосы их мощность в обнажениях редко превышает 15 м.

В нижней части разреза серии обособляются одна или, местами, две базальные толщи небольшой мощности, отвечающие моменту, когда преобладающая карбонатная седиментация еще не установилась. С вышележащей частью разреза их сближает образование в "глауконитовом" море с човым морским населением.

Вышележащий более однообразный глинисто-карбонатный участок разреза может быть разделен на составные части по различным признакам. В центральном и восточном районах приглинтовой полосы в составе серии присутствуют два заметных маркирующих уровня, обогащенных железистыми конкрециями - "чечевицами", которые издавна (хоть и не совсем удачно) принимаются за границы толщ (волховской, обуховской и дубовикской свит). Столь же традиционным стало использование для расчленения разреза серии содержащихся в известняках многочисленных остатков трилобитов и другой фауны (см. рис. 2).

В последние годы при выделении стратонов возрождается традиция сверхдетальной "народной стратиграфии", уходящая корнями к каменноломщикам петровских времен, и, кроме того, первостепенное значение придается наблюдению поверхностей скрытых перерывов и палеоэкологической информации, содержащейся в пластах. Отметим, что поверхности перерывов в карбонатных толщах, а также многие важные текстурные и структурные особенности пород весьма трудно различимы в пластах без изготовления специальных пришлифовок или шлифов. Посвященные их изготовлению и изучению курсовые работы могут быть интересным продолжением полевых наблюдений.

Лезтсская свита (O_{1lt}) или толща глауконитовых глин, песков, мергелей. Эта небольшая по мощности (в пределах 1 м) свита выделяется общей зеленоватой окраской из-за содержания во всех литологических разностях зерен глауконита песчаной размерности. Снизу вверх в разрезе свиты наблюдается смена преобладающего песчаного состава пород на карбонатно-глинистый. Существенно карбонатная верхняя часть плитомами именуется "мергелями". Прослой известняков и глинистых известняков в составе мергелей не отличаются идеальной латеральной выдержанностью, присущей вышележащим "дикарям". Хотя последние сменяют лезтсскую свиту согласно, границу между ними можно провести довольно однозначно по подошве первого дикаря или пласта с названием "бархат". В отличие от него, имеющего вид плиты равной толщины, пласты мергелей могут изменять свою мощность и выклиниваться, что удается видеть даже в пределах одного обнажения (например, на правом борту Тосны в урочище Гертово).

Наблюдения над характером соотношения выклинивающихся пластов мергелей и подошвы дикаря, определение преобладающего направления выклинивания могут иметь значение для оценки положения лезтсской толщи в эвстатическом цикле. Для их проведения необходимы послонные описания и зарисовки отдельных обнажений, визуальное прослеживание пластов, выявление в них скрытых перерывов - словом, документирование интервала в масштабе, близком один к одному. К значению этих изысканий мы вернемся в гл. 4.

Лезтсская свита и согласно на ней лежащая нижняя часть глауконитовых известняков (дикарей) до кровли зеленого пласта относится к латорпскому фаунистическому горизонту, распространенному на территории Балтоскандии и имеющему аренигский возраст.

Волховская свита (O_{1v}) - толща глауконитовых известняков. Это - часть разреза от кровли мергелей до подошвы так называемых ортоцератитовых известняков. Характер пород (от тонко- до толстоплитчатых карбонатов, переслаивающихся с глинами) в указанном диапазоне изменяется снизу вверх по разрезу, что отражено в горняцких наименованиях составных частей волховской свиты (снизу вверх: дикари, желтяки, фризы).

Дикари (O_{1v1}) - толстослоистые известняки, разделяющиеся на ровные плиты по пластовым отдельностям, к которым нередко приурочены тонкие глинистые прослойки (примазки). Знакомство с этой толщей практиканты могут начать даже в черте города, глядя на фундаменты зданий, ступени лестниц Санкт-Петербургского универ-

ситета, многие из которых изготовлены из наиболее крепких в составе дикарей пластов.

Великолепная экспозиция разреза дикарей, в виде гигантской шлифованной пластины, хранится в музее кафедры исторической геологии СПбГУ. А очень подробное описание стратиграфии этой толщи приведено А.В.Дроновым с соавт. в журнале "Вестник СПбУ" в 1993 г. По содержанию этой статьи составлен настоящий краткий обзор.

В естественных обнажениях дикари экспонированы лучше других интервалов. Они образуют отвесные стенки, выступают в виде карнизов на склонах долин, повинки в образовании водопадов на реках. Рассматривая глыбовые осыпи, замечая разнообразие отличительных особенностей кровли и подошвы разных пластов и находя их потом в коренном залегании, при известном старании несложно освоить распознавание некоторых пластов (точнее, маломощных пачек) в составе толщи дикарей. Легче всего научиться находить кровлю зеленого пласта, именуемую "стекло" - ровную, оглаженную поверхность, присыпанную мелкими зернами зеленого глауконита и несущую углубления - амфоробразные норки сверлящих организмов. Довольно отчетлива также кровля красного пласта с вышележащей глиной (бутиной), коноплястый пласт с характерной испещренной вертикальными норками поверхностью в средней своей части и буток с его желтой кровлей.

Внутри толщи дикарей и в вышележащей части разреза волховской свиты существуют локально распространенные фациальные неоднородности, названные А.В.Дроновым геккеревыми горбами.* Во многих местах, в восточной части глинта (Путилово, Вабино, Колчаново), в названном интервале разреза вместо четко слоистых и неизменно сохраняющих свои индивидуальные черты пластов появляются резко отличные по составу породы. Это желтовато-серые микрозернистые известняки (микриты) и раскристаллизованные светлоокрашенные известняки с тонкой слоистостью, подчеркнутой распределением зерен глауконита (полосатики). Присутствие этих своеобразных пород в составе каменных развалов вблизи районов распространения горбов установить бывает нетрудно. Значительно сложнее составить представление о форме и внутреннем строении самих построек, представляющих еще во многом загадочными образованиями ордовикского моря. По данным авторов, названных выше, горбы имеют форму пологих не вполне правильных куполов. Их внешняя часть сложена микритами, а внутри преобладают

* Дронов А.В., Федоров П.В. // Вестн. СПбГУ. 1994. Сер. 7. Вып. 2 (14). С. 89-93.

глины. Размеры таких построек достигают первых метров в высоту и нескольких десятков метров в поперечнике.

Названные особенности строения заставляют видеть в микритовых горбах седиментационные перестройки, напоминающие рифы (правда, не очень понятно, кем построенные, может быть, водорослевые?). Окружающие калькаренитовые слои дикарей при этом выглядят как продукты разрушения подобных строений и разравнивания обломков волновой, возможно, штормовой, деятельностью (так называемые *темпеститы*).

Материалы по строению горбов позволяют обсуждать различные детали истории их образования. Многие из них еще требуют уточнения. Как выяснилось, эти образования были известны каменоломщикам издавна и, естественно, расценивались как проклятье, место, в котором пласты "сгнивают" и становятся непригодными для разработки.

Вернемся, однако, к обычным дикарям. Очень многие структурные и текстурные особенности этих пород (как и вообще карбонатов) могут быть выявлены при рассмотрении их на шлифованных поверхностях или в тонких прозрачных пластинках (шлифах). Их четкая слоистость обусловлена циклическим строением. В циклах мощностью первые сантиметры можно наблюдать обломочно-органогенный материал, смешанный с известково-глинистым веществом (т.е. в различной степени насыщенный биокластический вакстоун).

Для кровли каждого элементарного циклита характерны корки подводящей цементации, уплотненный карбонатный материал и железистые импрегнации, свидетельствующие о перерывах в осадконакоплении. Наиболее значимым из таких несогласий является стекло - поверхность, прослеживаемая в разрезах всей приглитовой полосы. Многие поверхности перерывов несут характерные биогенные узоры - неровности, следы деятельности илоедов.

Почти каждая из упомянутых особенностей этих замечательных пластов (различные проявления цикличности, ихнофагий, латеральные неоднородности) заслуживают детального изучения, вполне доступного студентам, собравшим на практике соответствующий материал.

Ж е л т я к и и ф р и з ы (O₁V₂-3) - сложены более тонкими пластами известняков, переслаивающихся с глинистыми прослоями. Состав карбонатов близок к составу дикарей. Это серые с фиолетовым, желтоватым и зеленоватым оттенком глауконитовые биокластические известняки. Глинистые (точнее, глинисто-алевроитовые) прослой, разделяющие карбонатные пласты, также насыщены ископаемыми.

Если промыть в воде вещество из этих прослоев на сите, то можно собрать замечательную коллекцию окаменелостей (мелкие брахиопо-

ды, членики иглокожих, панцири трилобитов). Нередко эта процедура выполняется самой природой. Омываемые дождями естественные высыпки и отвалы карьеров тогда превращаются в груды различных палеонтологических сокровищ, представляя собой завораживающее зрелище. Трудно перечислить все возможные направления изучения таких кладовых.

Некоторые из прослоев выделяются своим составом и ископаемым населением. Это наиболее чистые глинистые интервалы с характерной особо отчетливой отдельностью по слоистости. Осторожно препарировав такие глины, можно обнаружить редкие для волховской свиты фоссилии (гралтолиты, например). Это - наиболее ценящаяся стратиграфами группа фоссилий, так как она быстро эволюционировала, быстро расселялась и позволяет обычно сопоставлять удаленные разрезы, в том числе проводить непосредственную биостратиграфическую корреляцию с мировыми стратиграфическими стандартами. Думается, что такие педагогические прослои еще не везде выявлены, так как довольно не приметны. А открытие их - дело рук студентов. Автору повезло наблюдать, как один из них (А.В.Иванцов, ныне сотрудник ПИНА) проявлял чудеса изобретательности в процессе сбора окаменелостей. Помнится хитроумно прорытая канавка, направляющая воду из реки на то место, где только что была удалена вышележащая плита известняков и обнажилась кровля глинистого прослоя. Нежнейшие узорчатые фоссилии проявлялись на ней при этом как скрытое изображение на фотобумаге.

Окаменелости в составе волховской свиты столь разнообразны и многочисленны, что, наряду с литологическими признаками, с успехом используются для расчленения свиты.

Как уже говорилось, наиболее прижившейся является схема двучленного деления описываемой наддикарской ее части на желтаки и фризы. Но, в противоположность обособленным массивным дикарям, вышележащая последовательность слоев довольно однородна. Пласты известняков образуют с глинистыми прослоями более или менее частое, единообразное переслаивание. В разных частях разреза встречаются более мощные пласты (отдельные или сгруппированные в пакеты). В целом, вверх по разрезу глины становятся меньше, а массивные пласты встречаются чаще. Два таких массивных пласта, венчающих разрез волховских известняков, получили у плитоломов названия "короба" и "подкороба".

Поскольку эта пара пластов, имеющих характерные крупные неровности в своей подошве, располагается в разрезе ниже еще более массивных ортоцератитовых известняков, часто образующих нависающий карниз в верхней части береговых обрывов в районе Саблинской стан-

ции, то в понимании ее обитателей - геологов именно к этим пластам наилучшим образом подходит название "фризы".

Иное, возможно более соответствующее первоначальному горнякскому смыслу и более законное в силу своей приоритетности толкование фризов дано Б.В.Ламанским.

В составе свиты он различал следующие составные части:

B₁₁₀ (дикари) - слои с *Megistaspis planilimbata* и *Asaphus griscus*.

B₁₁₀ (желтаки) - слои с *Asaphus broggeri* и *Onhometopus volborthi*.

B₁₁₀ (фризы) - слои с *Asaphus lepidurus* и *Megistaspis gibba*. В таком понимании фризы представляют собой более мощную (более одной трети мощности всей свиты) часть разреза, отделенную от желтков не столь отчетливо (см. рис. 2).

Пожалуй, не более сложной окажется идентификация всех пластов в составе верхней наддикарской части волховской свиты. Плитоломы в прошлом давали им собственные названия и узнавали в разных карьерах. Усилиями А.В.Дронова эта народная стратиграфическая схема была восстановлена и пласты прослежены на всей центральной и восточной частях глинта.

Достигнутая степень детальности расчленения разреза волховской свиты (в ней в общей сложности выделяются 29 пачек мощностью 10 - 30 см каждая) весьма высока, даже уникальна. Столь устойчиво выдержанная по латерали последовательность из достаточно отчетливо различающихся пачек, насыщенных разнообразной ископаемой фауной, является завидной основой для сверхдетальных биостратиграфических, да и прочих наблюдений, которые уже проводятся, но далеки от завершения. Окаменелости в составе свиты столь многочисленны, а методики их изучения столь разнообразны, что биостратиграфическая тематика, вероятно, еще не скоро будет исчерпана и может быть внедрена в практику курсовых и дипломных работ студентов.

Волховская свита в традиционном ее понимании (от подошвы дикарей до подошвы нижнего челявичного слоя) в районе Саблино соответствует верхней части латорпского горизонта (B₁) и всему волховскому фаунистическому горизонту (B₁₁) схемы Б.В.Ламанского. Оба названных горизонта целиком относятся к аренигскому ярусу.

Обуховская свита (O₁₋₂₀₀) - толща ортоцератитовых или

В архитектуре фризом называют узорчатую полоску на стене под карнизом.

вагинатовых известняков. * Эта свита, так же, как волховская, сложена известняками с подчиненными прослоями алевроитов и глин. Породы имеют близкую к ней светло-серую окраску, хотя среди оттенков преобладают красноватые тона и не характерны зеленые и фиолетовые. В отличие от волховских известняков, глауконитовые разности редки, хотя все же встречаются. В изобилии присутствуют раковины эндоцерасов и другой фауны. В районе Саблино свита представлена лишь своей нижней частью, сверху она срезается подошвой девонских или четвертичных отложений. Полные разрезы известны на р. Поповке, в районе Путиловского карьера и в еще более восточных районах глинта (в том числе в районе дер. Обухово на р. Волхов). При определенном навыке обуховские известняки нетрудно отличить от волховских по набору перечисленных выше особенностей. Еще более надежной диагностика этой свиты окажется после обнаружения в ее подошве так называемого нижнего чечевичного слоя - небольшой по мощности (20 - 40 см) пачки мергелей и глин, насыщенных мелкими (первые миллиметры) лепешковидными оолитами, состоящими преимущественно из оксидов и гидроксидов железа. Научиться находить в обнажениях этот маркирующий пласт - долг каждого студента, желающего приобрести необходимые полевому геологу навыки наблюдательности.

Нередко чечевичный слой уже при взгляде издали выдает себя желтоватой окраской и несколько большей обводненностью (из-за своей большей глинистости). Однако так же "желтят" иногда и некоторые горизонты выше и ниже по разрезу. Поэтому следует констатировать присутствие чечевичного слоя, только убедившись в наличии в нем характерных оолитов.

Чечевичный слой в обнажениях часто бывает скрыт под делювиальными наносами или задавлен вышележащими массивными пластами (так как сложен более пластичным материалом). Отыскание его в таких случаях требует не единичных пересечений пограничного интервала между предполагаемыми волховскими и обуховскими слоями. В некоторых случаях может быть использован прием поиска чечевичного слоя как коренного источника вымывающихся из глин чечевичек и образующих в по-

* Эти названия происходят от латинских наименований ископаемых наутилид, в большом количестве встречающихся в известняках. *Orthoceras* - устаревшее родовое название этих окаменелостей, за которыми впоследствии не вполне законно закрепилось название "*Endoceras*", а ныне восстановлено приоритетное - *Cyclonoceras vaginatum* - видовой название "эндоцерасов", наиболее распространенных в описываемой свите.

верхностном склоновом делювии обильные россыпные шлейфы. Верхний предел их распространения укажет на близкое нахождение искомого слоя в коренном залегании.

В обнажениях района Саблино проведение нижней границы обуховской свиты в подошве нижнего чечевичного слоя представляется вполне логичным: к этому уровню приурочено резкое уменьшение содержания глауконита в известняках; внутри самого чечевичного слоя обычными становятся эндоцерасы и другая фауна, столь характерная для вышележащей толщи и выделяемая в новый кундаский фаунистический комплекс.

Однако данные по другим районам, полученные А.В.Иванцовым, вскрывают многие недостатки этого уровня как границы стратиграфического подразделения. Появление чечевиц в пограничных слоях между волховской и обуховской свитами в западных и восточных районах глинта оказывается не всегда совпадающим с границей волховского и кундаского фаунистических горизонтов. Если в районе Саблино, а также в Путиловском карьере они находятся на одном уровне, то на востоке (р. Волхов) кундаская фауна появляется на 3 м ниже подошвы чечевичного слоя.

Очевидно, что фациальная обстановка, в которой образовывались породы с железистыми оолитами, могла возникнуть одновременно в разных частях ордовикского бассейна, и что подошва чечевичного слоя может испытывать возрастное скольжение. Однако более значимой причиной неодинакового стратиграфического положения подошвы слоя с железистыми оолитами, скорее всего, является скрытый в ней перерыв в осадконакоплении.

При внимательном осмотре подошвы чечевичного слоя в обнажениях на реках Тосно, Лава и некоторых других, прорезающих центральную часть глинта, можно увидеть, что первый снизу пласт со скоплениями чечевиц отделен от нижележащих глауконитовых известняков мало заметной, но весьма четкой поверхностью. Эта не идеально ровная поверхность является тончайшей корочкой уплотненного карбоната, результатом подводной цементации карбонатного ила или так называемым твердым дном. По-видимому, из-за прервавшейся на время седиментации и "переписи" фаунистического населения состав последнего в вышележащих чечевичных слоях оказывается в названных районах существенно иным.

В более восточных районах глинта этот перерыв был не столь продолжительным. Приостановка седиментации началась позже, когда в составе морского населения уже появились новые кундаские представители и когда с момента их появления на дне уже успела сформироваться трехметровая толща осадков.

Возобновившийся после перерыва процесс осадконакопления осуществлялся в иной фациальной обстановке. Образовавшийся в результате чечевичный слой был отложен в различных районах на различные стратиграфические горизонты.

Скрытое в подошве нижнего чечевичного слоя несогласие не единственное в разрезе пограничных волховско-обуховских слоев. Анзлогичный перерыв отмечается и внутри самого чечевичного слоя, разделяя его на две пачки. Нижняя пачка названа А.Ю.Иванцовым никольской, а верхняя - лопухинской. Эта приостановка седиментации также сопровождалась образованием поверхностей подводной цементации карбонатного ила. Ископаемое население лопухинской пачки также оказалось несколько отличным от того, что существовало до перерыва в никольской пачке.

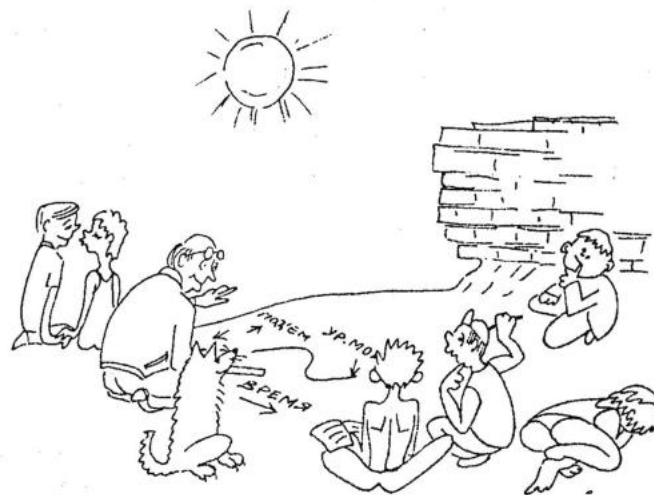
В целом обуховская свита в рассматриваемом Саблинском районе соответствует кундаскому фаунистическому горизонту, который коррелируется с верхней частью аренигского и нижней частью лланвирнского ярусов ордовика.

Дубовикская свита (O₂db). Известна также под названием эхиносферитовых известняков, хотя окаменелости, по имени которых названы эти породы, в большом количестве содержатся только в верхней части разреза свиты. Первое появление ископаемых эхинодермат рода *Echinospira* обнаруживается в двух - трех метрах выше подошвы дубовикских известняков. Ближайшим с Саблино районом распространения выходов свиты является долина р. Поповки в окрестностях г. Павловска, а также гора Кирхгоф близ станции Можайская. Однако здесь, также, как во многих других районах Ленинградской области, присутствует лишь нижняя часть разреза свиты.

Эхиносферитовые известняки весьма сходны с подстилающими их ортоцератитовыми, но отделяются хорошим местным маркером - верхним чечевичным слоем небольшой мощности (около 60 - 80 см) или парой сближенных друг с другом слоев (Путиловский карьер).

Дубовикская свита принадлежит лланвирнскому ярусу среднего ордовика.

Более высокие слои ордовикского разреза в районах проведения практики отсутствуют (уничтожены преддевонским и последующими размытиями). Они имеют место только в западных районах Ленинградской области и в Эстонии.



4. СЕКВЕНЦИО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Секвенцио-стратиграфический анализ в конечном счете направлен на выявление стратонов, отвечающих циклам *эвстатических колебаний* уровня мирового океана, т.е. *эвстатоклиматов*. Под названием "эвстатические" понимаются процессы изменения высоты стояния воды в океаническом резервуаре, происходящие по различным причинам. Наиболее известными из них являются образование и таяние материковых ледников (т.е. процессы, изымающие часть воды или добавляющие какое-то ее количество в океан), а также изменения объема океанического резервуара (например, рост и сокращение размеров срединно-океанических хребтов, обусловленные процессом спрединга различной интенсивности).

Эвстатические изменения положения уровня океана имеют глобальный характер. Подобный глобальный характер могут иметь и такие их последствия, как затопление или осушение берегов и прибрежных территорий и акваторий, соответствующие изменения расположения ландшафтных (фациальных) зон, изменение положения базиса субэрозивной эрозии и подводной денудации и другие явления, так или иначе записывающиеся в различных особенностях осадочных пород.

Таким образом, широкомасштабность проявления эвстатических со-

бытий открывает широкие перспективы для секвенцио-стратиграфической корреляции. Однако и сложностей для ее реализации на практике существует немало.

Последствия эвстатических событий нельзя рассматривать в отрыве от таких явлений, как тектонические движения литосферных плит и их отдельных участков вблизи седиментационных бассейнов, а также поступление в пределы последних осадочного материала. Действие каждого из этих процессов может иметь географические последствия, аналогичные эвстатическим (прогибание литосферной плиты может привести к относительному подъему уровня моря, интенсивный привнос осадочного материала - вызвать обмеление части бассейна).^{*} Если эти псевдоэвстатические процессы по своей интенсивности будут превосходить собственно эвстатические, то влияние последних на ход седиментации может быть ослаблено или даже сведено на нет.

Районы с активной геодинамической обстановкой (орогенические области, возникшие в результате процессов субдукции и коллизии литосферных плит, области проявления эпиплатформенной активизации и т.п.) могут оказаться неподходящими объектами для проведения секвенцио-стратиграфического анализа.

В качестве благоприятных объектов уже зарекомендовали себя бассейны пассивных континентальных окраин (шельфовые моря) и внутриплатформенные бассейны, которые в ископаемом состоянии известны под названием синеклиз. В пределах подобной структуры - Балтийской моноклизы (или очень пологого северо-западного крыла Московской синеклизы), расположен описываемый учебный полигон. Такие, пассивные в геодинамическом отношении, районы не лишены вовсе тектонических подвижек. Однако интересующие нас вертикальные составляющие тектонических движений литосферного основания имеют здесь характер медленных разнонаправленных перемещений, именуемых *эпейрогеническими* колебаниями. Эпейрогенические движения по своей интенсивности сравнимы с эвстатическими, не "заглушают" последние. Но как же их различить?

Тектонические движения литосферных плит могут отличаться от

^{*} Обратите внимание, что такие явления, как трансгрессии и регрессии морей, не являются прямым следствием эвстатических событий. Поэтому объекты секвенцио-стратиграфии могут значительно отличаться от таких широко используемых понятий, как трансгрессивно-регрессивные циклиты. Последние хоть и являются традиционно различаемыми при проведении циклостратиграфического анализа, но, в противоположность эвстатоклиматам, не могут служить приемлемой основой для целей корреляции.

эвстатических какими-либо особенностями, связанными с эффектом качания этих плит при их перемещении. Если эпейрогенические движения литосферной плиты оказываются разнонаправленными на противоположных ее концах, то в некоторых случаях это вскроет их принципиальное отличие от эвстатических событий.

Есть факты, свидетельствующие, что в сравнении с эвстатическими колебательными процессами эпейрогенические редко бывают столь высокочастотными. Для первых характерны периоды различной протяженности, в том числе по 2 - 3 млн лет и короче. Замедленность протекания термических процессов (разогрев земной коры на контакте с мантией и последующее ее остывание) и особенности механизмов трансформации на поверхность Земли последствий этих глубинных процессов выражаются в большей длительности периодов эпейрогенических колебаний (20 - 30 млн лет). По-видимому, названные отличия и обеспечивают успех секвенцио-стратиграфического направления.

Но, строго говоря, не зная масштабов акваторий, охваченных процессами колебания относительного положения уровня моря, установить их эвстатическую или неэвстатическую природу трудно. А анализируя лишь отдельные стратиграфические разрезы - просто невозможно. Так что на начальном этапе проведения секвенцио-стратиграфического анализа, имея дело с отдельными разрезами, мы должны стремиться обособить стратоны, отвечающие периодически повторяющимся изменениям относительно положения уровня моря независимо от происхождения этих колебаний и не ставить пока перед собой задачу выяснения обстоятельств их происхождения.

Исходя из этого можно дать следующее определение *секвенцио-стратиграфическим* объектам. Это стратиграфические подразделения, обособленные следами периодически повторяющихся обмелений и затоплений и различных сопутствующих явлений внутри бассейна и за его пределами (различного рода структурно-вещественными особенностями пород, периодически повторяющимися в разрезах).^{*}

Относительно более мелкие из секвенцио-стратонов, сравнимые по мощности с отдельными пластами, именуется *парасеквенциями*, а объе-

^{*} Напомним, что по способу определения возрастного объема эти подразделения входят в категорию геосисторических стратонов (точнее, в их разновидность, именуемую событийной, которая оказывается максимально возможно приближенной к хроностратиграфическим объектам). По своей обособленности в стратифере поверхностями напластования (согласия и несогласия) они являются мелкими и крупными седиментационными комплексами, т.е. литостратиграфическими подразделениями 2-го рода.

динящие их и обычно сравнимые с пачками и толщами - *секвенциями*.

Некоторая неопределенность в вопросе о происхождении этих стратонов, остающаяся на этапе их выделения в конкретных разрезах, не мешает анализировать их на предмет соответствия тем или иным фазам, на которые разделяется эвстатический цикл (о чем речь пойдет ниже). А отбраковка из числа выделенных секвенций подразделений, возникших под влиянием колебаний относительного положения уровня моря не эвстатической природы может быть сделана на заключительных этапах анализа, при оценке масштабов распространения установленных стратонов, путем корреляции разрезов в крупных регионах и за их пределами.

Теперь нам предстоит перейти к вопросу о том, как названные выше процессы "записываются" в каменной летописи.

Сразу оговоримся, что из широчайшего спектра "записывающих природных устройств" мы рассмотрим далеко не все. Сосредоточим внимание главным образом на тех, что формируют основу каменной летописи - стратифицированные осадочные тела, хотя секвенционно-стратиграфический анализ не должен сводиться только к литологическому рассмотрению супракрустальных образований. Он также нуждается в разнообразных седиментологических, палеоэкологических и других исследованиях, подробное рассмотрение методики которых выходит за рамки настоящего учебного пособия.

Итак, зафиксированными в стратиграфической летописи анализируемые процессы могут оказаться только в случае существования подходящих для производства такой записи условий. Это, прежде всего, образование и заполнение осадочным материалом осадкоемкого пространства.

Таким осадкоемким пространством является *бассейн осадконакопления*, т.е. область, характеризующаяся устойчивыми нисходящими перемещениями (погружением) литосферного основания. Географически бассейн осадконакопления обычно выражается в различного рода акваториях с прилегающими береговыми областями. В дальнейшем изложении нас будут интересовать только те части осадкоемкого пространства, заполнение которых может контролироваться положением уровня воды в природном резервуаре. При этом мы исключим из рассмотрения почти все "внеморские" территории, осадочные процессы в которых хоть и могут также находиться в той или иной степени под упомянутым выше

* Литология - наука о геологических телах надпородного уровня организации вещества.

контролем со стороны эвстатики, но нередко бывают и ограждены от ее влияния.*

Вторым из упомянутых выше условий осуществления записи является наличие самих осадков. Основная масса осадочного материала обычно поставляется из соседних районов, характеризующихся тектоническим воздыманием. Такой областью сноса для морского бассейна является приподнятая суша, а привносимый с нее материал называется *терригенным*. Еще одним источником осадочного материала являются жители морского дна. Продуцируемый ими *бентогенный* материал бывает особенно обилен в прибрежной мелководной области. Будем иметь в виду также такой источник осадка, как сама толща воды, в которой происходят различного рода химические реакции и также обитают живые организмы, называемые пелагическими. *Пелагический* осадок по интенсивности своего производства в ряду упомянутых разновидностей седиментационного материала занимает обычно последнее место.

Для того, чтобы пояснить, как эвстатический процесс участвует в формировании осадочных масс, необходимо вспомнить о некоторых природных явлениях, связанных с таким разделом в природной среде, как уровень моря и другими сопряженными с ним рубежами.

Хорошо известно, что уровень моря практически совпадает с так называемым *базисом эрозии*. Многие агенты эрозии в своей деятельности стремятся выработать "*профиль равновесия*", т.е. поверхность, приближенную к базису эрозии. Оказавшись выше этой поверхности, осадки могут подвергнуться размыву и переотложению.

К аналогичным явлениям приводит и *подводная денудация*. При сортировке на фракции и разравнивании по дну осадочного материала, оказавшегося в морском бассейне, создается некое равновесие между гидродинамической энергией, присущей водной массе, и теми свойствами осадочного материала, которые характеризуют его подверженность размыванию и переносу подводными потоками. Положение поверхности раздела между водой и донным осадком, на которой достигнуто такое равновесие (*субаквальная поверхность равновесия*) в значительной степени определяется расстоянием ее от уровня моря. Эта зависимость особенно жестка в тех участках, где субаквальное равновесие созда-

* Влияние эвстатики на процессы осадконакопления аллювиальных равнин, долин и других субаквальных частей седиментационных бассейнов в настоящее время еще недостаточно изучено. Однако тот факт, что всеядействие эвстатических событий не ограничено рамками одних лишь акваторий и берегов очевиден и является очевидным свидетельством широких возможностей секвенционно-стратиграфического метода.

ется поверхностными волнами. Воздействие последних, как известно, распространяется на подводные глубины, отстоящие от уровня воды на расстояния, равное половине длины волн.

Влияние положения уровня моря на действие других агентов подводной денудации может быть не прямым, а косвенным. Не углубляясь в этот довольно специфичный вопрос, отметим только следующее: оказавшись выше упомянутой поверхности равновесия, осадки могут подвергнуться размыву и переотложению. В таких условиях накопление новой порции осадка на дне возможно только при его погружении и *приращении осадкоемкого пространства*.*

Итак, вместе с уровнем моря колебательные перемещения, подобные эвстатическим, могут испытывать также и такие поверхности, как базис эрозии и базисы подводной денудации, и поверхности равновесия, выработанные посредством этой денудации. Их перемещение вверх и вниз в сочетании с тектоническим погружением основания бассейна (необходимое условие седиментации), будет контролировать процессы приращения дополнительного осадкоемкого пространства, загрузки его осадками и преобразования уже сформированных осадочных залежей.

Следует отметить, что возникающее дополнительное осадкоемкое пространство может быть реализовано осадочным процессом с неодинаковой скоростью. Возможность неполной его реализации необходимо учитывать при воссоздании эвстатических событий на основании анализа мощности и других особенностей формы залежей осадочных пород. Впрочем, в прибрежно-морской обстановке, не знающей дефицита осадочного материала, происходящее приращение осадкоемкого пространства, по-видимому, практически мгновенно "овеществляется" осадочным материалом.

Характеристику процесса приращения осадкоемкого пространства можно свести к алгебраической сумме эвстатических колебаний и нисходящего перемещения дна (воздымание последнего, как это уже отмечалось, для осадконакопления противопоказано). При этом следует учитывать две важные особенности суммируемых компонентов:

1. Скорость протекания колебательного процесса, описываемого синусоидальной кривой (не пилообразной ломаной линией) не остается постоянной в пределах цикла. То есть подъем и падение уровня моря и

* Имеется в виду процесс накопления осадков, не нарушающий существенно среды седиментации. Различного рода лавинообразные приносы больших порций осадочного материала, способные, к примеру, засыпать весь бассейн, в данной методике не учитываются.

всех связанных с ним "базисов" происходит то ускоряясь (на боковых отрезках синусоиды), то замедляясь (вблизи точек смены знака движения).

2. Скорость прогибания дна бассейна оказывается не одинаковой в пределах бассейна. Она уменьшается в периферических его частях и увеличивается в центральных, так что литосферное основание береговой области нередко оказывается подобным доске-качели (с той разницей, что точка вращения у него не закреплена в одном месте).

В условиях такого медленно качающегося берега и более высокочастотных эвстатических колебаний водной поверхности процесс приращения осадкоемкого пространства будет идти прерывисто (по крайней мере в прибрежной области). То есть накопление осадков в дополнительно образующемся осадкоемком пространстве временами будет приостанавливаться, созданные залежи осадочного материала при этом будут частично или даже полностью размываться и переотлагаться в других местах. Арена седиментации будет постоянно изменять свои очертания и размеры, т.е. осадочные комплексы будут укладываться один поверх другого не в виде аккуратно обитой стопки, а с латеральными смещениями смежных залежей друг относительно друга.

Общая тенденция такого смещения отдельных порций осадка направлена к центральным частям бассейна, что делает процесс его заполнения осадками подобным зарастанию со стороны берегов. Возникающие временами противоположно направленные взаимные смещения осадочных комплексов придают внутренней структуре осадочного чехла бассейна довольно сложный доскутно-кулисный характер.

Основной итог сказанному выше можно сформулировать следующим образом. Такие особенности осадочных комплексов, как их форма, взаимоотношения (т.е. согласный и несогласный характер границ), взаиморасположение и фациальное содержание, мы вправе рассматривать, как следствия процесса приращения осадкоемкого пространства, протекающего под воздействием эвстатических колебаний уровня моря, совершающихся на фоне общего погружения дна бассейна.* Еще раз подчеркнем, что допущение эвстатической природы любых зафиксированных в разрезе осадочных пород изменений относительного положения уровня моря впоследствии может быть скорректировано.

* Более подробно методика такого подхода рассмотрена в книге: See level changes: an integrated approach / Ed. Posamentier H., Wagoner I.V. Tulsa, Oklahoma, 1988. Pt. II, по материалам которой составлен настоящий краткий очерк.

форма секвенциостратиграфических комплексов. О форме секвенций и других секвенциостратонов обычно приходится судить, сопоставляя их мощности, замеренные в разобренных обнажениях. Если исключить влияние наложенных эрозионных процессов, основные тенденции изменения мощностей представляется следующими.

В направлении к берегу (точнее, к краю осадкоемкого пространства) стратона выклиниваются. В сторону моря наблюдается сначала увеличение, а затем уменьшение мощности. Последнее связано с тем дефицитом осадочного материала, который характерен для областей, удаленных от основного их источника, т.е. суши.

Отмеченные изменения мощности стратонов сопровождаются пологим ступенеобразным перегибом пластовых поверхностей (соответствующим перегибу в рельефе дна при переходе от прибрежного мелководья к более мористой части бассейна). Так что описываемые подразделения в их вертикальных сечениях, ориентированных в направлении от берега к морю, имеют вид своеобразных гнутых линз или *клиноформ* (рис. 7).** Причем, гипсометрическое положение верхней части такой ступенеобразной клиноформы находится под строгим контролем со стороны уровня моря. Изменение последнего неизбежно отразится в особенностях конфигурации накапливающихся осадочных масс и их взаимном расположении.

При стабильности положения уровня моря клиноформа постепенно разрастается вбок, в сторону от берега. При понижении уровня моря относительно верхней части клиноформы (рис 7, В) последняя может подвергнуться размыву и быть переотложена водными потоками внутрь бассейна; новый уровень воды определит при этом положение вновь формирующейся клиноформы, которая по сравнению с предшествующей займет позицию ближе к центральной части бассейна. При повышении уровня моря (рис. 7, А) клиноформа может быть увеличена в размерах в направлении не только "к морю", но и к суше.

Процессы увеличения в размерах (в том числе "разрастание" в

* Особенно наглядно форма таких осадочных тел выявляется при использовании сейсмических методов прослеживания поверхностей напластования.

** В действительности поперечные разрезы клиноформ могут иметь более сложную конфигурацию, содержать не один, а несколько ступенеобразных перегибов. Один из них обычно отделяет от клиноформы, образующейся ниже уровня моря, ее часть, "надстраивающуюся" за пределами морской акватории прибрежными водными потоками. Эта часть, соответствующая флювиальной равнине, для упрощения изложения основной идеи анализа здесь не рассматривается.

сторону берега и от него), также, как и эрозионные преобразования формирующихся осадочных комплексов, находят свое отражение в особенностях соотношений границ этих комплексов с поверхностями напластования внутри них (рис. 8). К вопросу о форме осадочных комп-

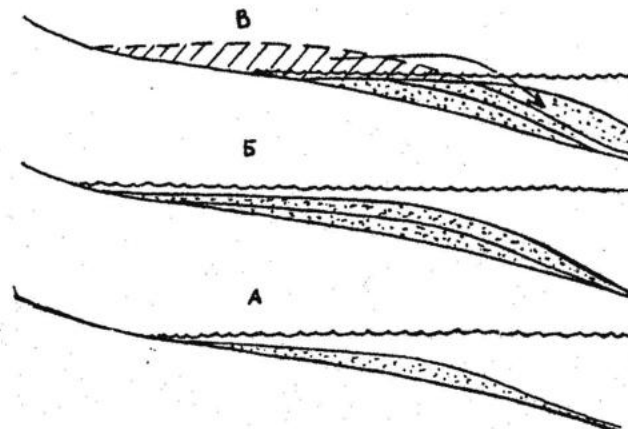


Рис. 7. Влияние повышения (А-Б) и падения (Б-В) уровня моря на форму и местонахождение осадочных комплексов. Косой штриховкой отмечена часть отложений, которая при относительном понижении уровня моря может быть размывта и переотложена в направлении, указанном стрелкой.

лексов, формирующихся в течение эвстатического цикла, мы еще вернемся ниже.

Границы секвенциостратонов. Своим возникновением эти границы обязаны в первую очередь прерывистости процесса приращения дополнительного осадкоемкого пространства и, соответственно, такой же прерывистости процесса накопления осадков.

Если в момент такого перерыва произойдет размыв части уже сформированного осадочного комплекса (что может иметь место, например, при осушении морского дна и превращении его в арену действия агентов эрозии), то образующаяся граница называется *стратиграфическим несогласием или несогласием 1-го рода*.

Если во время перерыва значительных эрозионных явлений не происходит (что может иметь место, например, при сохранении подводной морской обстановки), то образуется *поверхность перерыва (ненакопления) или несогласие 2-го рода*. При этом к перерывам обычно относят

не все, а только те, что выделяются большей отчетливостью на фоне преобладающих в основной массе поверхностей напластования. А границы слоев, составляющие этот основной фон, условно принимаются за согласия. Иногда, подчеркивая неабсолютно согласный характер таких

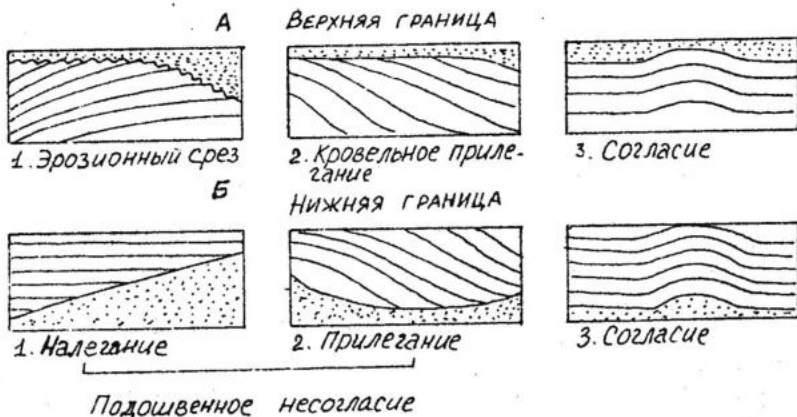


Рис. 8. Виды залегания слоев по отношению к границам седиментационных комплексов (секвенций, системных трактов и т.п.) (по Митчем Р.М. (мл.) и др. Сейсмическая стратиграфия, М., 1982, с. 108-121). А - характер залегания слоев по отношению к верхней границе названных подразделений: 1 - эрозионный срез - слои в кровле комплекса размыты в результате эрозии; 2 - кровельное прилегание: образование комплекса налегающих друг на друга пластов происходит в результате постоянного смещения области седиментации. Каждый из пластов при приближении к кровле постепенно выклинивается, превращаясь в поверхность ненакопления; 3 - кровельное согласие - такое соотношение слоев, при котором слои в кровле комплекса не обрываются у верхней границы. Б - характер залегания слоев по отношению к нижней границе комплекса: 1 - налегание - слои постепенно выклиниваются у подошвы, имевшей первоначально более круто наклоненную ориентировку в пространстве; 2 - подошвенное прилегание - слои постепенно выклиниваются у подошвы, имевшей первоначально более пологий угол наклона; 3 - подошвенное согласие - слои параллельны нижней границе комплекса.

рубежей и учитывая все же имевшие место при их образовании маленькие перерывчики, их называют *диастиемами*.

Для выяснения зависимости формирующихся границ того или иного типа от эвстатических колебаний уровня моря рассмотрим, как будет протекать процесс приращения осадкоемкого пространства в рамках эвстатического цикла. Для этого нам необходимо будет соизмерять

скорость перемещений уровня моря со скоростью погружения его дна, учитывая уже упоминавшиеся выше ускорения и замедления эвстатического процесса в рамках одного цикла.

Начнем с нисходящих перемещений уровня моря. Если скорость падения уровня моря оказывается не меньшей, чем скорость погружения дна, то приращения дополнительного осадкоемкого пространства не произойдет, а захоронение поступающей в бассейн осадочной массы в данном месте окажется невозможным. Причем, если падение уровня моря опережает погружение дна, может произойти размыв части уже отложенного ранее донного осадка и сформируется стратиграфическое несогласие 1-го рода. А в случае равенства двух упомянутых выше параметров в разрезе будет формироваться поверхность ненакопления (перерыва) или стратиграфическое несогласие 2-го рода.

Различие между несогласием и перерывом (или между несогласиями 1-го и 2-го рода) при образовании секвенций в морской обстановке, таким образом, сводится к вопросу: произойдет ли осушение части морского дна при их формировании. Следует добавить - части довольно значительной, не ограничивающейся узкой прибрежной полосой, осушаемой, например, при ежедневных отливах или других незначительных колебаниях уровня моря. Так что различать несогласия 1-го и 2-го рода имеет смысл только у таких достаточно крупных седиментационных комплексов, как секвенции (последние также бывают 1-го и 2-го рода в зависимости от характера несогласия, служащего им подошвой). Границы парасеквенций условно принимаются за согласия.

В связи с зависимостью характера границ стратонтов от соотношения скорости протекания эвстатического и тектонического процессов возникает еще один вопрос - об изменении характера стратиграфических границ по латерали. Очевидно, что несогласные границы, возникшие в прибрежной области, в направлении вглубь бассейна могут превратиться в относительно согласные рубежи.

Помимо формирования стратиграфических несогласий разного типа, изменение скорости приращения осадкоемкого пространства может фиксироваться в стратиграфических разрезах явлением *сгущения* или *разрежения поверхностей напластования*. В числе последних могут быть как границы мелких эвстатациклитов (парасеквенций), так и другие рубежи, образующиеся под влиянием короткопериодических процессов какой-либо иной природы и выполняющие роль зафиксированных в разрезе сигналов метронома.

Общая картина сгущения и разрежения поверхностей напластования в обобщенном разрезе отложений, сформировавшихся в течение полного

эвстатического цикла, изображена на рис 9.

Сказанное поясняет, как посредством анализа изменения скорости осадконакопления и характера стратиграфических несогласий можно выявлять следы эвстатических событий в разрезах осадочных комплексов. Быстрому эвстатическому воздыманию должны соответствовать участки с разреженными поверхностями напластования. Замедление этого процесса приведет к формированию менее толстых, но более протяженных по латерали пластов. Падение уровня моря в зависимости от своей скорости по отношению к скорости погружения дна может выразиться в трех вариантах: 1) сгущением поверхностей слоистости, 2) образованием поверхности ненакопления, 3) образованием поверхности подводного или надводного размыва.

Особенности фациального состава осадочных комплексов. Среди прочих параметров физико-географической обстановки, в которой формируется осадочная порода, очень большое значение имеет удаленность от берега и глубина бассейна. С увеличением глубины убывает влияние волнений, происходящих в поверхностных слоях воды, уменьшается освещенность дна. Это неизбежно сказывается на различных особенностях состава донного осадка и его обитателей.

Любителям купаться и, в особенности, ныряльщикам с маской должно быть хорошо известно, как с увеличением глубины изменяется относительный размер зернистости в донных осадках (он убывает). Меняется и фауна на дне: окаменелости, имеющие толстостенные скелеты, нередко прирастающие к субстрату, сменяются более "ажурными" раковинами; кроме обычных форм с известковыми раковинами более значительную роль приобретают кремневые скелеты; организмы, питающиеся взвешенными частицами (фильтраторы) уступают место илоедцам; изменяются и прочие особенности жизнедеятельности организмов, фиксирующиеся в так называемых ихнофациях.**

Итак, относительное углубление прибрежной части бассейна и приращение осадкоемкого пространства предполагает смещение прибрежных и более мористых фациальных зон в сторону берега. Последующее за тем заполнение образованного дополнительного осадкоемкого пространства может происходить с разной скоростью и осуществляться раз-

* Схема справедлива только для седиментации, осуществляющейся в сходных фациях.

** Для более подробного знакомства с фациальными обстановками, столь необходимого для секвенцио-стратиграфического анализа, можно рекомендовать книгу: Обстановка осадконакопления и фации. Т. 1 и 2. / Под ред. Х.Рединга, М., 1990. 344 и 378 с.

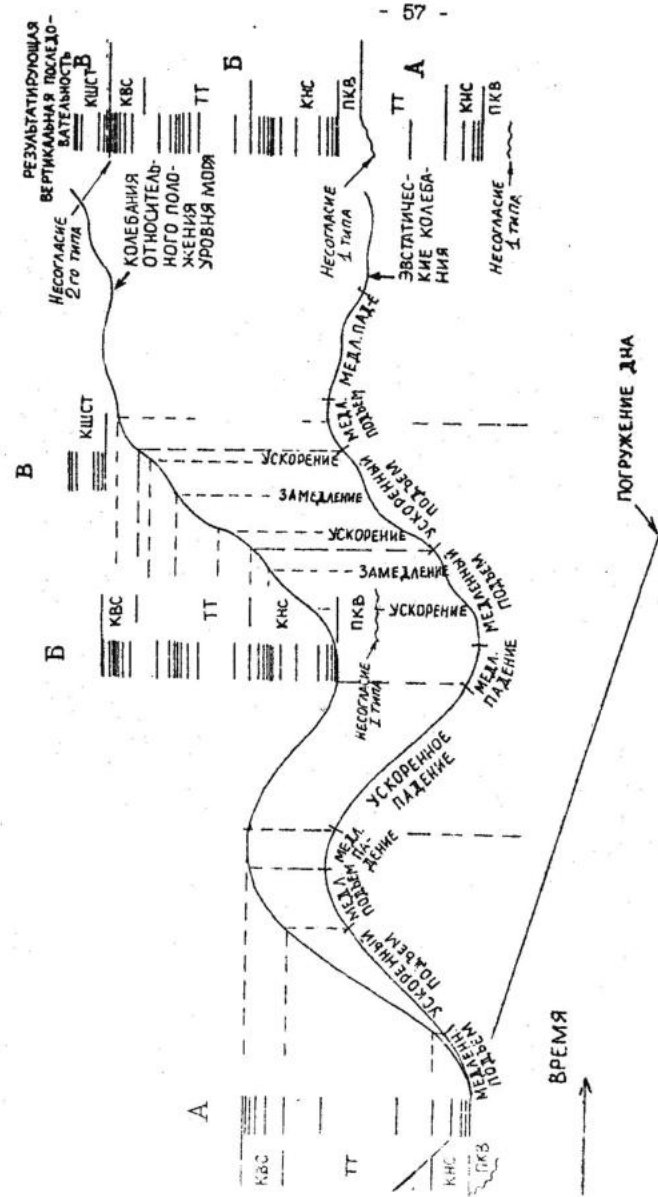


Рис 9. Схема соответствия различных элементов эвстатических циклов несогласиям, учащим сгущения и разрежения слоев, различным системным трактам в разрезах секвенции 1-го (А-Б) и 2-го (В) рода. Приняты сокращения: ПКВ - подводный конус выноса, КНС - клиноформа низкого стояния, ТТ - трансгрессивный тракт, КВС - клиноформа высокого стояния, КШСТ - краевой шельфовый системный тракт.

личным по происхождению материалом (в результате привноса терригенных масс с суши, продуцирования вещества организмами, живущими в бассейне, и т.п.). В результате отложения очередной порции осадка прежнее положение фациальных зон может быть частично или полностью восстановлено и видоизменено. В зависимости от тенденции в перемещении фациальных границ в налегающих друг на друга парасеквенциях (в направлении к берегу или от берега) различают следующие типы сложения этих парасеквенций в пакеты: 1) *проградационный*, с направленным смещением каждой вышележащей единицы в сторону моря, 2) *ретроградационный*, с противоположно направленным смещением парасеквенций, 3) *аградационный*, не выявляющий определенного направления подобного смещения (рис.10).

Теперь перейдем к рассмотрению таких составных частей секвенции, как системные тракты.

Системные тракты. Это осадочные комплексы в составе секвенций, которые отражают то деление каждого секвентивного эвстатического цикла на четыре части, о которых уже говорилось выше и которое присуще любому "синусоидальному" циклу (т.е. на два отрезка с ускоренным и два - с замедленным ходом процесса изменения уровня моря).

Существование таких четырех фаз в рамках эвстатического цикла может выразиться в обособлении в составе секвенции 4-х или 3-х осадочных комплексов, или *системных трактов*. Они характеризуются особенностями своей формы, внутренней структуры (в том числе спектром слагающих их парасеквенций), взаиморасположения и фациального состава.

На рис. 11 изображена схема последовательного формирования 4-х системных трактов: *подводного конуса выноса*, *системного тракта низкого стояния*, *трансгрессивного тракта* и *системного тракта высокого стояния*, вместе составляющих секвенцию 1-го рода. Секвенции 2-го рода отличаются отсутствием одного из системных трактов - *подводного конуса выноса*, что является естественным следствием особенности их нижней границы. Поскольку она по определению не несет следов значительной эрозии, то отсутствует и обособленная порция продуктов этой эрозии.

В таких обстоятельствах более длительным в рамках цикла оказывается формирование следующего осадочного комплекса - *системного тракта низкого стояния*. Последний в составе секвенции 2-го рода приобретает некоторые отличительные особенности и называется *краевым шельфовым системным трактом*.

Учитывая важность опознавания системных трактов при выделении

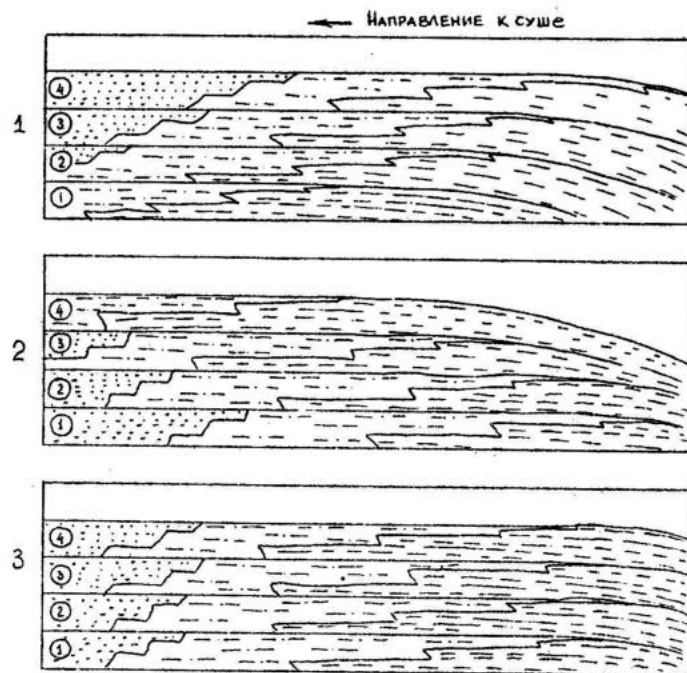
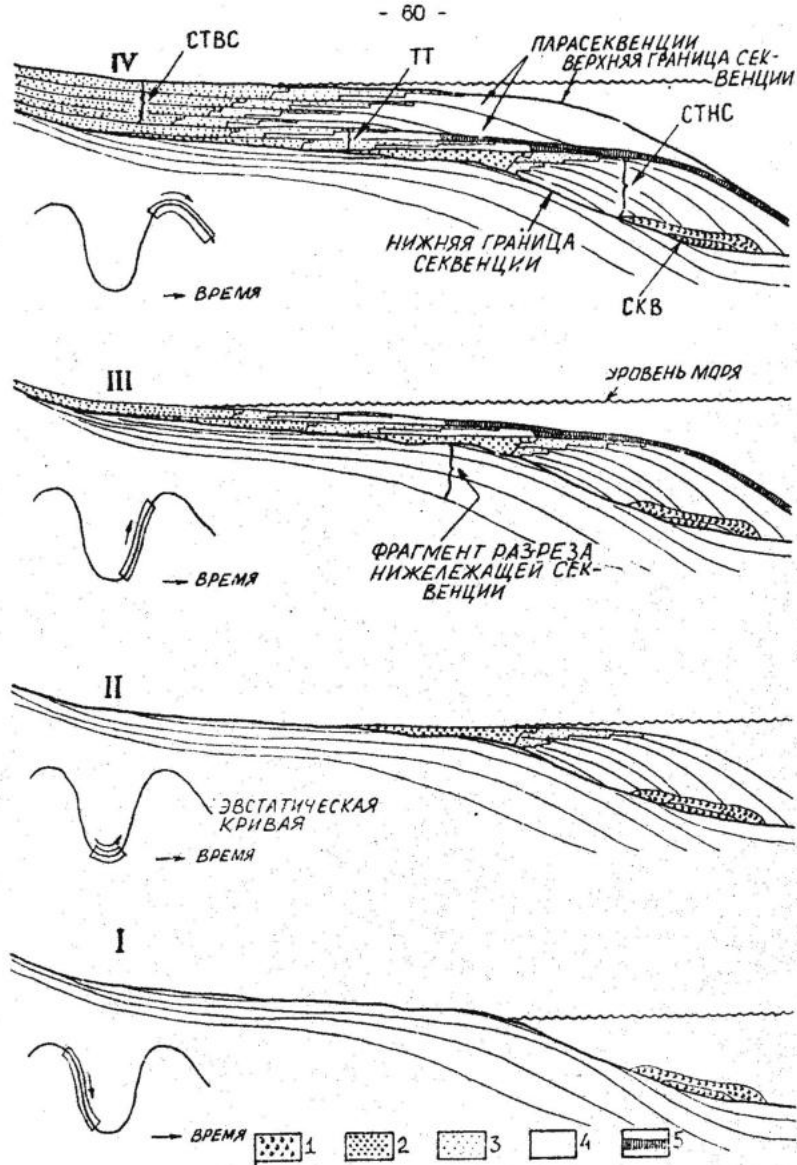


Рис.10. Проградационное (1), ретроградационное (2) и аградационное (3) сложение парасеквенций (обозначены цифрами в кружках) в пакеты (По J.C.Wagoner e.a. Sea-level changes. Tulsa, 1982. P. 39-45). В левой своей части парасеквенции сложены прибрежными фациями (точечный крап), в правой - более мористыми фациями (пунктир).

секвенций, ниже приводим их более подробную характеристику, не ограничиваясь перечислением только тех признаков, которые могут быть встречены в кембро-ордовикских отложениях нашего учебного полигона.

Подводный конус выноса - нижний элемент разреза секвенции первого типа, имеющий относительно локальное распространение. Формируется во время быстрого эвстатического падения уровня моря, опережающего погружение лая, за счет размыва осадка на осушенной террито-



рии и переноса его различными подводными, в том числе мутьевыми, потоками в более внутренние части бассейна. При участии в переносе осадочного материала мутьевых потоков конус выноса сложен турбидитами с их характерной ритмичностью, градационной сортировкой обломочного материала внутри ритмов и прочими особенностями, а также другими разновидностями подводных гравититов.

Интенсивность переноса осадочного материала может быть существенно усилена, если на полого погружающемся дне имеются более крутые участки. Сход лавинообразных мутьевых потоков, обычный для таких условий, может сопровождаться более интенсивной эрозией дна, образованием подводных каньонов. Область образования конусов выноса может отодвинуться на значительное расстояние от берега. В зависимости от того, сопровождается или нет мелководье подобными крутыми участками, и от места, где формируется конус выноса, среди последних принято различать две разновидности: 1) придонный конус выноса или конус выноса на выровненном мелководье; 2) склоновый конус выноса (отложенный на перегибе склона дна).

Клиноформа низкого стояния уровня моря - соответствует замедлению эвстатического падения и последующему замедленному подъему. Начинает формироваться в относительно удаленной от берега части бассейна в виде проградационной клиноформы. Постепенно расширяется как в сторону моря (подошвенное прилегание) так и в противоположном направлении, образуя все более мощные пласты, подошвенно налегающие

Рис.11. Схема формирования секвенции (на примере секвенции 1-го рода). I-IV- последовательное формирование системных трактов в течение эвстатического цикла: I- склоновый конус выноса (СКВ) при ускоренном эвстатическом падении уровня моря и осушении мелководной части бассейна, включающей верхнюю кромку крутого участка дна; II- проградационное накопление парасеквенций системного тракта низкого стояния уровня моря (СТНС) (имеется в виду относительное положение уровня моря) при замедлении эвстатического падения и начале эвстатического подъема уровня моря; III- трансгрессивный тракт (ТТ) при ускоренном эвстатическом подъеме уровня моря (показано ретроградационное сложение секвенций в пакеты, значительное перемещение фациальных границ в сторону от моря, появление в разрезе секвенции конденсированных пелагических фаций); IV- системный тракт высокого стояния уровня моря (имеется в виду относительное положение) при эвстатическом замедлении и начале падения уровня моря (показано последовательное увеличение степени проградации в сложении парасеквенций в пакеты). Слева внизу от рисунков показаны отрезки графика эвстатических колебаний с выделенными участками, соответствующими времени формирования того или иного системного тракта. Фациальные комплексы: 1- турбидиты склонового конуса выноса, 2-4 - прибрежные фации, последовательно сменяющие друг друга в сторону моря, 5- открытоморские пелагические и гемипелагические фации.

в сторону берега. Проградационное сложение парасеквенций при этом сменяется аградационным.

Подощва клиноформы, как и всей секвенции 1-го рода, характеризуется следами эрозии.

Краевой шельфовый системный тракт - нижняя часть секвенции 2-го рода. Отвечает приблизительно тому же отрезку эвстатического цикла, что и охарактеризованные выше системные тракты, т.е. ускоренному и замедленному падению уровня моря и началу подъема (замедленному). Иной характер сюжета седиментационных событий следует из других соотношений скорости погружения дна и падения уровня моря. Если они оказываются сравними по величине, в прибрежной области значительного осушения и эрозии дна не произойдет, но и накопления осадка также не будет. По мере замедления падения уровня моря область возможной седиментации будет все больше захватывать мелководье. Проградационное сложение, характерное для начальной фазы формирования тракта, может смениться аградацией. Внутри клиноформы характерно подошвенное прилегание пластов в направлении к морю и подошвенное налегание в сторону берега.

Слои, формирующиеся в прибрежном мелководье, за пределами бассейна могут замещаться аллювиальными наносами, продолжающими структуры подошвенного налегания в сторону суши. Ассоциация с комплексами аллювиальных равнин, часто угленосными или солонатоводными - характерная особенность этого системного тракта.

Нижняя граница тракта, как и всей секвенции, разрез которой начинается с краевого шельфового комплекса, отличается от комплексов, описанных выше (конус выноса и клин низкого стояния). Место эрозионного несогласия в разбираемом случае займет поверхность не накопления, подводной цементации, для которой характерна концентрация аутигенных минералов, различного рода переработка илоедами и другими донными жителями.

Трансгрессивный тракт - соответствует ускоренному подъему уровня моря и происходящему при этом значительному углублению бассейна и затоплению прибрежных территорий. Наличие более высокочастотных изгибов на восходящем участке синусоиды, описывающей это ускорение в рамках эвстатического цикла, может дополнительно увеличивать градиент изменения скорости перемещения уровня моря, придавая морскому затоплению еще большую внезапность. Вследствие этого подошва трансгрессивного тракта оказывается относительно изохронной на значительных площадях и выгодно отличается этим качеством от других рубежей (например, от подошвы секвенции 1-го рода).

Если в рассматриваемый момент развивается трансгрессия моря, то бассейн может лишиться значительных источников питания его терригенным материалом. Напротив, условия для производства пелагического осадка улучшаются. В любом случае происходит смещение области накопления бассейновых пелагических и гемипелагических илов в сторону суши. На смену мелководным терригенным или бентогенным осадкам, обычно имеющим вид относительно мощных пластов, придут медленно накапливающиеся илы, формирующие *конденсированный* участок разреза (т.е. участок разреза, имеющий относительно небольшую мощность, но заключающий значительный стратиграфический диапазон).

Будучи окружен более массивными пластами каких-либо мелководных пород (известняков, например) этот участок, весьма значимый для корреляции разрезов, обычно имеющий глинистый состав, нередко оказывается неприметным (разрушенным эрозией и задавленным массивными плитами). А столь ценные для корреляции пелагические окаменелости, которыми должен быть богат конденсированный разрез, рискуют оказаться несохранными вследствие медленности захоронения и большой вероятности быть переработанными илоедами. Деятельность последних в условиях медленности седиментации превращает порой конденсированные разрезы в так называемые червивые сланцы.

Другой характерной особенностью конденсированного разреза является присутствие среди пелагических илов различных конкреционных образований. Такие карбонатно-железистые стяжения, заключающие остатки ископаемой пелагической фауны, нередко ошибочно принимают за конгломерато-брекцию. Если затоплению подвергаются аллювиальные равнины, то рассматриваемый отрезок цикла может оказаться перспективным на угленосность.

Системный тракт высокого стояния формируется при замедлении подъема и в начале падения уровня моря до момента прекращения наращивания осадочного пространства или перехода к эрозии накопленных осадков. В связи с этим он характеризуется тонкими и в большей степени проградацирующими парасеквенциями, постепенно выклинивающимися у кровли и более резко прилегающими к своей подошве (к кровле ниже лежащего конденсированного разреза). Верхняя часть секвенции может быть представлена флювиальными (дельтовыми, речными) фациями, получающими широкое распространение в связи с регрессией моря, обычной для конца эвстатического цикла.

Заметим, что полный набор системных трактов в одном разрезе секвенции может присутствовать далеко не всегда по причине смещенности трактов друг относительно друга по латерали. Эта разобщен-

ность может быть особенно значительной, если в рельефе полого погружающегося в сторону моря дна имеются более крутые участки и если амплитуда эвстатических колебаний соизмерима с глубиной до верхней кромки таких перегибов. В этом случае клиноформы низкого и высокого стояния могут лишь в редких разрезах находиться совместно.

В заключение настоящего раздела еще раз перечислим этапы, из которых складывается секвенцио-стратиграфический анализ.

1. Выделение секвенций и других секвенцио-стратонтов в конкретных разрезах. Эта процедура проводится с учетом тех особенностей геологических тел, которые можно наблюдать при ограниченном латеральном обзоре: а) обособление различного рода несогласиями, объединение генетически связанных составных частей - системных трактов с присущими им особенностями состава и границ; б) закономерное изменение мощности парасеквенций в вертикальном разрезе.

2. Получение дополнительных сведений о внутренней структуре секвенций методами латерального слежения седиментационных поверхностей раздела (выявление структур подошвенного и кровельного прилегания, налегания и других подобных соотношений), выявление корреляционных с несогласиями согласных границ. Последний из названных элементов анализа особенно нуждается в применении сейсмических методов.

3. Анализ элементов внутренней структуры секвенций корреляционными приемами (т.е. выявление соотношений прилегания, налегания без непосредственного прослеживания).

4. Выделенные на первых трех этапах секвенции могут отвечать как эвстатическим, так и эпейрогеническим циклам, или циклам какой-либо иной природы, отражающимся в обмелении и последующем поглублению участка бассейна. Поэтому последующий, четвертый этап должен быть направлен на отбраковку циклитов не эвстатической природы. Это может быть достигнуто только методами корреляции местных секвенцио-стратиграфических схем удаленных друг от друга районов в одном седиментационном бассейне и за его пределами.

Сказанное поясняет, насколько непростым является исчерпывающее подробное проведение анализа. Оно не только выходит за рамки учебной практики, но на современном этапе развития этого направления находится лишь в стадии разработки и апробации.

Тем не менее знакомство с процедурами, только предваряющими полный секвенцио-стратиграфический анализ, представляется весьма полезным.



5. ПРИМЕНЕНИЕ СЕКВЕНЦИО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАСЧЛЕНЕНИЯ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО РАЗРЕЗА САВЛИНСКОГО РАЙОНА

Изложенная выше модель формирования секвенций может показаться чистым теоретическим предсказанием. В действительности, по свидетельству разработавших ее авторов, она создавалась при постоянном соизмерении с реально существующими объектами, т.е. разрезами осадочных мелководно-морских отложений. Не все разрезы оказываются одинаково подходящими для проведения секвенцио-стратиграфического анализа. Среди качеств, благоприятных для этой цели, следует отметить: 1) наличие отчетливо проявленных, но недлительных перерывов и несогласий различного характера, 2) пестрый фациальный состав отложений, в особенности сочетание пачек и толщ мелководных и пелагических разностей, 3) хорошая фаунистическая охарактеризованность.

Перечисленные особенности нередко присущи разрезам с преобладанием карбонатных пород, по крайней мере, в составе мелководных фаций. Карбонатные породы в силу ряда обстоятельств выделяются среди других своей информативностью в отношении фациальной зональности области формирования, хорошо сохраняют следы моментов ненакопления (в виде поверхностей твердого дна), часто богаты окаменелостями (в том числе следами жизнедеятельности организмов - ископаемыми ихнофациями).

Хотя природные объекты обычно сложнее, чем теоретические модели, однако разрез нижнепалеозойских отложений Савлинского полигона, с некоторыми оговорками, натяжками, с допущением неоднозначности решения, можно представить как летопись эвстатических событий, про-

изшедших в кембро-ордовикское время. Впервые для нижне- и, частично, среднеордовикских отложений приглинтовой полосы секвенцио-стратиграфическую схему предложили А.В. Дронов, Ю.В. Савицкий и П.В. Федоров в 1994 г. На правой части рис.2 она изображена лишь с небольшими изменениями и дополнениями, а в данной главе сопровождается некоторыми комментариями.

Лонтовасско-ладожский интервал разреза содержит наименьшее количество информации, необходимой для секвенцио-стратиграфического анализа. Секвенции можно предположительно наметить как седиментационные циклы, разделенные наиболее крупными несогласиями. Отсутствие разнообразия фациального состава слоев внутри этих циклов и особенности слоистости затрудняют комплексное обоснование секвенционной принадлежности этих циклов.

Думается, что каждая свита (лонтовасская, саблинская, ладожская) может представлять часть разреза самостоятельной секвенции.

Три части разреза саблинской свиты могут интерпретироваться как трансгрессивный тракт (нижняя пачка нижнесаблинской подсвиты), нижняя и верхняя части - как клиноформы высокого стояния (верхняя пачка нижнесаблинской подсвиты и верхняя подсвита). Локально развитая на западе области новолуцкая пачка, условно относящаяся Л.Е. Поповым к саблинской свите, возможно, является наиболее низким элементом разреза саблинской секвенции. Ее залегание в эрозионных палеоложинах и грубый состав могут оцениваться как свидетельство в пользу ее соответствия придонному конусу выноса.

Ладожская свита (точнее, присутствующая в районе Саблино верхнеладожская подсвита) имеет сходство с уцелевшей от эрозии части какой-либо из клиноформ (высокого или низкого стояния). Большую определенность в трактовку ее природы могло бы внести понимание природы глинистых прослоев, присутствующих в разрезе ладожских песков.

Вышележащая ордовикская часть разреза, из-за разнообразия фаций и лучшей фаунистической охарактеризованности слагающих ее пород, для целей секвенцио-стратиграфического анализа выгодно отличается от только что описанного стратиграфического интервала. А.В. Дроновым с соавт. в ней выделяются четыре осадочные секвенции, названия которых соответствуют названиям фаунистических горизонтов.

Пакерортно-Варангусская секвенция - охватывает интервал от подошвы тосненской свиты до кровли копорского сланца. Обе эти границы представляют собой несогласия со следами эрозии. В интервале между ними представлена часть секвенции, соответствующая клиноформе

низкого стояния уровня моря (тосненская свита) и трансгрессивному тракту (копорский сланец).

Латорпская секвенция - начинается глауконитовыми песками, сменяющимися выше глинами, содержащими глинисто-карбонатные прослои. Такая смена прибрежных песчаных фаций на более тиховодные в разрезе свиты происходит неоднократно, но каждый вышележащий цикл отличается от подстилающего уменьшением мощности мелководных и увеличением доли мористых фаций. То есть в основании секвенции, отвечающей нижней части лезтесской свиты, наблюдается, скорее всего, ретроградационная последовательность пакетов парасеквенций.

Факт происшедшего углубления бассейна во время накопления нижней части секвенции хорошо согласуется с характером ее подошвы, по всем особенностям отвечающей поверхности резкого морского затопления. Это одна из немногих границ, чей изохронный характер не опровергается детальными биостратиграфическими наблюдениями.

Таким образом, нижняя часть лезтесской свиты скорее всего принадлежит трансгрессивному тракту. Не вполне понятным остается положение уровня максимального затопления, который должен играть роль границы с вышележащим системным трактом. Для его нахождения в глинисто-карбонатной части разреза свиты предстоит выявить слои, отвечающие пелагическим конденсатам, максимально обогащенные пелагическими частицами (например, какими-либо конодонтами) или сохранившие иные свидетельства своего происхождения в момент максимального затопления.

Верхняя часть секвенции, начиная с искомого уровня, должна отвечать регрессивному тракту высокого стояния, который сверху скорее всего ограничен несогласием.

Авторы, выделившие латорпскую секвенцию, в качестве клина высокого стояния обособили карбонатные прослои мергелей, то есть верхи лезтесской свиты вместе с нижней частью дикарей до поверхности "стекло".

Волховская секвенция выделяется в интервале разреза от поверхности стекла до несогласия внутри нижнего чечевицеобразного слоя.

Обращает на себя внимание сходство системного тракта высокого стояния нижележащей секвенции (т.е. латорпской) и тракта низкого стояния перекрывающей ее волховской секвенции. Два соприкасающихся сходных по фациальному облику системных тракта, разделенные отчетливо следящимся несогласием, присутствуют в разрезах не повсеместно. Их соседство по вертикали характерно для определенной зоны, которая не всегда совпадает с открытой для наблюдений приглинтовой

полосой. Из наблюдений А.Б. Дронова следует, что на западе разрезам глинта по-видимому соответствует более мелководная зона, в которой часть дикарей над стеклом редуцирована по мощности (ненакопление было более длительным из-за меньшей скорости прогибания дна краевой части бассейна). Направление вглубь бассейна (в южном направлении) может реализовать противоположную тенденцию появления более полного разреза дикарей, где стеклу будет соответствовать коррелятивная согласная граница.

В кровле дикарей хорошо выражена трансгрессивная поверхность - поверхность смещения пелагических бассейновых фаций в прибрежную область, где перед ними накапливались более мелководные биокластиты. Бассейновые фации, в отличие от более мелководных биокластических (более чисто карбонатных) пород, представляют собой переслаивание желваковистых известняков и глин. Этот облик, знакомый практикантам по интервалу "желтяки" и частично "фризы", описывается и по скважинному материалу в центральных частях бассейна, где он присущ значительно большему интервалу ордовикского разреза.

Верхняя часть волховской свиты - более массивные подкороба и короба - очевидно, соответствует системному тракту высокого стояния.

Вопрос о положении верхней границы секвенции нуждается в некоторых пояснениях. В некоторых разрезах в пограничных слоях волховской и обуховской свит описываются не одно, а несколько скрытых несогласий, из которых наиболее отчетливое приходится на подошву чечевичного слоя. Появление серии несогласных границ в верхней части разреза секвенции с позиций секвенционно-стратиграфического анализа логично связать с более высокочастотными колебаниями уровня моря, сопровождающими его направленное падение. Тогда верхней границей секвенции должно бы быть самое верхнее из этих несогласий. По данным А.Ю. Иванцова, таковым является перерыв не в подошве чечевичного слоя, а внутри него. Эти наблюдения находятся в хорошем соответствии с особенностями строения чечевичной толщи в эстонских разрезах. Таким образом, нижняя часть чечевичного слоя (никольская пачка) должна относиться к волховской, а верхняя (лопухинская) - к вышележащей кундаской секвенции.

Как и в случае с дикарями, фациостратиграфическое подразделение оказывается разделенным границей секвенций.

Другой вопрос, который можно обсудить в связи с перерывами в верхней части волховской секвенции - критерии оценки ранга циклитов. Не являются ли пачки, обособленные упомянутыми перерывами, са-

мостоятельными секвенциями (как и в случае с обсуждавшейся выше верхней частью латорпской секвенции)? Отметим, что помимо контроля со стороны размещения и взаимоотношения между различными системными трактами, в решении подобных вопросов важны еще два момента: 1) эмпирическая проверка выдержанности (масштаба распространения циклита по латерали), 2) оценка его продолжительности каким-либо независимым методом.

Второй из названных моментов мог бы в наибольшей мере помочь правильному проведению секвентивного анализа в отдельных разрезах. Для его реализации нужны и изотопные методики, и учет скорости эволюционных преобразований фаунистических комплексов (что требует более основательного биостратиграфического изучения разрезов, чем проведенное к настоящему моменту), и попытка оценки длительности перерывов (например, по степени переработки донных грунтов илоедами и по другим особенностям ихнофаций на ископаемых поверхностях твердого дна).

Прочувствуйте, сколь обширно поле деятельности для детальных, но интересных и весьма нужных стратиграфических изысканий.

Кундаская секвенция в разрезах района Саблино соответствует почти всей толще ортоцератитовых известняков или обуховской свите (без нижней никольской пачки). Верхняя часть нижнего чечевичного слоя может рассматриваться как краевой шельфовый системный тракт, его кровля - поверхность морского затопления (ее изохронный характер отмечен А.Ю. Иванцовым, детально изучившим биостратиграфию этого уровня), а вышележащая часть секвенции соответствует трансгрессивному тракту и клиноформе высокого стояния. Неоднократное появление в разрезе пелагических прослоев, наличие участков сгущений и разреженного положения поверхностей напластования и другие детали строения разреза ортоцератитовых известняков могут служить основанием для более дробного разделения этой части секвенции на эвстатические циклиты более высокого порядка. Примеры таких работ, проведенных под руководством М.Б. Преображенского на кафедре исторической геологии СПбГУ, уже имеются и могут послужить хорошим примером для подражания и отправным пунктом для продолжения.

Предпринятая выше попытка секвентивного расчленения разреза учитывает далеко не все необходимое для этого анализа данные и является первым шагом в этом направлении. Далеко не исчерпывается и дробность расчленения на эвстато-циклиты, поскольку выделение парасеквенций и еще более дробных циклитов иной природы требует более широкого использования микроскопических наблюдений над составом по-

род, анализа микрофаций, выходящих за рамки учебной практики. Эта обширнейшая область исследований (микрофациальный анализ) ныне является активно разрабатываемым направлением. Оно открывает большие перспективы для повышения точности стратиграфической корреляции, хотя достижение определенности выводов встречает многочисленные препятствия.* Очень важным элементом секвенцио-стратиграфического анализа является учет воздействия колебаний уровня моря на сообщества живых организмов.

Интересующимся подробностями микрофациальных и палеоэкологических исследований можно посоветовать посещение курса лекций, проводимых М.Б.Преображенским на кафедре исторической геологии СПбГУ.

Подводя итоги настоящему разделу, необходимо сказать, что уже предпринимались попытки оценки масштабов латерального распространения выделенных секвенций путем сопоставления их с аналогичными последовательностями Европы и с описанными в литературе разрезами Северо-Американского континента. Результаты сопоставления, проведенного на основе конодонтовой биостратиграфии, оказались не только обнадеживающими, но и даже изумившими своей сходимостью авторов секвенцио-стратиграфической схемы раннего ордовика Ленинградской области.**

По свидетельству М.Б.Преображенского, корреляционную сходимость обнаруживают и более детальные эвстатостратиграфические схемы, основанные на выделении циклитов более высокого порядка, чем секвенции.

Заключение

Итак, мы рассмотрели два подхода к решению задач стратиграфии, в том числе, к выделению стратонов. Возможности и традиционного и секвенцио-стратиграфического направлений (в особенности последнего) еще далеко не исчерпаны и весьма желательно дальнейшее их развитие.

Секвенцио-стратиграфический анализ основывается в первую очередь на детальной схеме расчленения разрезов на пакки и слои. А традиционная литостратиграфия не может изолироваться от событийного

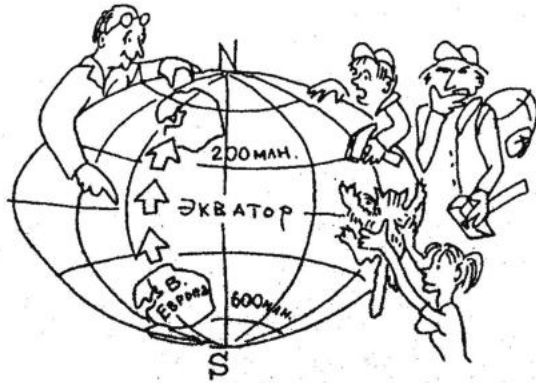
* Большую информацию к размышлению содержит книга: Циклическая седиментация/ Под ред. Эйзеле Г., Зейлахер А. М., 1985. 550 с.

** Дронов А.В. и др.// Тез. докл. междунар. симп. 150-летию А.А.Иностранцева. С.-Петербург. 1994. С. 21 - 22.

анализа. Элементы последнего уже отражены в созданных схемах стратиграфии (именно событийным, к примеру, оказалось разбиение на стратоны песчаного кембро-ордовикского интервала разреза). Очевидно, что два направления в стратиграфии обязаны дополнять друг друга.

Прибегая к не совсем точному образному сравнению, мы не должны отказываться от пользования понятием день как светлое время суток из-за его непостоянной продолжительности, но обязаны искать критерии для более точного определения рамок самих суток.

Обратимся теперь к некоторым аспектам анализа более крупных, чем секвенции, комплексов. Тематика этого раздела, выходящая за рамки стратиграфических исследований и имеющая отношение к глобальной палеогеографии, заставляет нас поместить его в весьма сжатом виде в форме Приложения.



ПРИЛОЖЕНИЕ

**ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЛЕЗОЙСКОГО ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
В СВЕТЕ ИДЕИ ЕЕ СЕВЕРНОГО ДРЕЙФА**

В предыдущих разделах мы рассматривали различные особенности строения чехла платформы в связи с эвстатическими колебаниями уровня моря. Нетрудно было заметить, что облик седиментационных комплексов, помимо влияния эвстатики, в значительной степени испытывает воздействие каких-то иных причин или обстоятельств, меняющихся не столь быстро, как положение уровня моря. Сопоставьте хотя бы количество выделенных секвенций и значительно меньшее число осадочных серий различного состава. Среди причин, определяющих общий (формационный) характер платформенных осадочных комплексов, первостепенное значение имеют климатические условия, а также связь бассейна с океаническими акваториями и многие другие его географические параметры и параметры окружающих территорий.

Коснемся обстоятельств климата, точнее, истории его изменений в процессе формирования осадочного чехла. Для этого рассмотрим более широкий диапазон разреза чехла, соответствующий первой половине фанерозоя (от венда до пермского периода).

Смена крупных формационных комплексов в этом диапазоне однозначно указывает на резкие перемены климата, произошедшие за послед-

ние 300 млн лет геологической истории Русской платформы. Вендские отложения содержат горизонты тиллитов - ископаемых ледниковых морен. Вероятно, также холодноводными являются перекрывающие тиллиты глинисто-песчаные толщи (в том числе ламинаритовые глины, подстилающие "синюю" глину кембрия). Эти поздневендские глинисто-алевроитовые толщи обнаруживают тончайшую слоистость, напоминающую слоистость варвов - осадков приледниковых бассейнов. Эти варвы (или ленточные глины) формируются в условиях контрастно отличающегося летнего и зимнего таяния льдов и соответственно меняющегося режима седиментации. Летние (алевро-песчаные) и зимние (глинистые) прослои регулярно чередуются, обеспечивая тонкое ритмичное переслаивание пород в разрезе. Заметим, что эти глины располагаются в окрестностях нашего города на большой глубине, их иногда удается видеть в отвалах шахт метрополитена, пройденных в северной части города.

Среди вышележащих комплексов об изменившемся в сторону потепления климате отчетливо свидетельствует карбонатная серия ордовика. Обилие и разнообразие окаменелостей, заключенных в карбонатных породах, является указанием на широты более низкие, чем полярные (современные карбонаты редки севернее 60 параллели). Еще выше по разрезу чехла обращает на себя внимание появление эвапоритов - отложений, характерных для аридного климата. Первый раз эвапориты появляются в силуре и, в большей степени, в девоне.

Замечательно, что за первым последует и второй уровень распространения соленосных формаций - в перми, а разделяют эти два комплекса отложения жаркой гумидной обстановки. К последним без сомнения относится каменноугольный комплекс с его бокситами и углями, сохранившими остатки флоры тропического климата.

Нельзя не заметить, что перечисленные климатические индикаторы располагаются в последовательности, аналогичной смене климатических зон на земном шаре, если начать отсчет от полярной области и последовательно пересекать умеренную зону, а затем две полосы пустынь, разделенные экваториальной гумидной зоной.

Столь блестящее совпадение латерального зонального ряда и записи смены аналогичных явлений в вертикальной последовательности известно разве что в фашиальных рядах Вальтера - Головкинского да в случае с интерпретацией магнитных аномалий Вайна и Мэтьюза.

Рассматриваемый пример совпадения порядка расположения климатических зон на земном шаре и в разрезе осадочного чехла континентов не единственный.

Разрез другой платформы, Восточно-Сибирской, обнаруживает мно-

го сходных особенностей. Наиболее значительные отличия заключаются в том, что пара уровней, отвечающих поясам высокого атмосферного давления и пустынного климата, и разделяющий их "след" пересечения экваториальной зоны смещен не менее, чем на два периода вниз по разрезу.

Оба примера находят объяснение в свете идеи северного дрейфа названных континентов из южного полушария в северное в течение фанерозоя.

Эта идея подтверждается целым комплексом геофизических, геотектонических и палеобиогеографических данных, среди которых особое место занимают палеомагнитные определения координат Европейского и Сибирского континентов для различных периодов фанерозоя. Имеющиеся все же расхождения в определении координат для платформ палеомагнитным методом и на основании анализа климатических индикаторов представляются не очень значительными, хотя и требуют работы над их объяснением, думается, вполне выполнимой.

Одним из последних включились в сопоставление своих материалов с палеомагнитными реконструкциями седиментологи. Уже известны высказывания о связи ритмичности карбонатно-глинистых отложений ордовика Русской платформы с похолоданием, закончившемся для Южного полушария нашей планеты Сахарским оледенением (точнее, с сезонными температурными колебаниями, обычными для высоких и умеренных широт, соседствующих с полярным "холодильником"), но всесторонний вдумчивый анализ в обозначенном направлении еще не осуществлен.

Многие вопросы стратиграфии и генезиса осадочных пород, слагающих чехол Русской платформы, оказались в настоящем пособии упомянутыми вскользь или вообще остались за его рамками. Многие из современных идей еще не апробировались на территории России. В списке рекомендуемой литературы мы поместили поэтому не только работы, непосредственно касающиеся Саблинского района и Русской платформы вообще, но некоторые примеры изысканий, которые могут послужить примером для подражания и натолкнуть на новые пути научного поиска в иных регионах.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

К разделам 1 и 2

Дюфур М.С. Методологические и теоретические основы фациального и формационного анализов. Л., 1981. 159 с.

Жамойда А.И. и др. Обзор зарубежных стратиграфических кодексов. М., 1969. 103 с.

Ильин А.С. Структурная седиментология - новое направление в изучении осадконакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. 1991. N 7. С. 33-45.

Карогодин Ю.Н. Седиментационная цикличность. М., 1980. 242 с.

Международный стратиграфический справочник / Под ред. Х.Хедберга. М., 1978. 218 с.

Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. М., 1989. 213 с.

Преображенский М.Б. О хронологической структуре осадочных толщ // Вопросы геологии и археологии: Тез. докл. СПб., 1994. С.10-14.

Стратиграфическая классификация (материалы и проблемы) / Под ред. Соколова Б.С. и др. М., 1980. 153 с.

Стратиграфический кодекс. Издание второе, дополненное. СПб., 1992. 120 с.

К разделу 3

Алихова Т.Н. Руководящая фауна брахиопод ордовикских отложений северо-западной части Русской платформы. М., 1953. 127 с.

Дронов А.В. и др. Карбонатный ордовик окрестностей Санкт-Петербурга: Стратиграфия дикарей // Вестн. СПбУ. 1993. Вып.3, N 21. С.36-41.

Дронов А.В., Иванцов А.Ю. Органогенные постройки в нижнеордовикских карбонатных отложениях окрестностей Санкт-Петербурга // Вестн. СПбГУ. 1994. Вып. 1. С. 23-30.

Дронов А.В., Федоров П.В. Новые данные о строении геккеревых горбов в нижнеордовикских карбонатных отложениях окрестностей Санкт-Петербурга // Вестн. СПбГУ. 1994. Вып. 2. С. 89-93.

Иванцов А.Ю. О возрасте нижнего "чечевичного слоя" // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1990. Т. 65, вып.5. С. 56-59.

Искуль Н.В., Кузнецов С.С. Геологический очерк долины реки Лавы. М., 1962. 36 с.

Кузнецов С.С. Геологические экскурсии. Л., 1978. 174 с.

Кулямин Л.Н. Приливно-отливные циклы осадконакопления в кемб-

ро-ордовикских песках Прибалтики // Докл. АН СССР. 1973. Т. 212, №3. С. 697-699.

Ламанский В.В. Древнейшие слои силурийских отложений России: Труды геол.комитета. Нов.сер. Вып.20. СПб., 1905. 103 с.

Мяниль Р.М. Вопросы сопоставления ордовикских отложений Эстонии и Ленинградской области //Труды ин-та геол. АН ЭССР. 1963. Т. XIII. С. 3-38.

Определитель ордовикских окаменелостей окрестностей Санкт-Петербурга для учебной геологической практики. СПб., 1993. 69 с.

Орвику К.К. О литостратиграфии волховского и кундского горизонтов в Эстонии //Труды ин-та геол. АН ЭССР. 1960. Т. 5. С.45-88.

Попов Л.Е. и др. Опорные разрезы и стратиграфия кембро-ордовикской фосфоритоносной оболовой толщи на северо-западе Русской платформы: Труды МСК. Т. 18, Л., 1989. 222 с.

Поршняков Г.С. и др. Инструкция для студентов первого курса, проходящих летнюю учебную практику по геологии. Л., 1987. 31 с.

Райков Б. Геологические экскурсии в окрестностях Петрограда. М., 1923. 127 с.

Решение межведомственного стратиграфического совещания по ордовику и силуру Восточно-Европейской платформы. Л., 1987.

Циклическая седиментация /Под ред. Г. Эйнзель, А. Зейлахер. 1985. 550 с.

Field meeting Estonia. 1990: An Excursion Guidebook /Ed. D.Kaljo, H. Nestor. Tallinn, 1990. 209 p.

К разделу 4

Волков К.Р., Шлезингер А.Е. Событийная стратиграфия и колебания уровня моря // Изв. АН. Сер. геол. 1992. № 9. С. 133-136.

Обстановки осадконакопления и фации / Под ред. Х.Рединга. М., 1990. Т. 1 и 2. 720 с.

Рухин Л.Б. Основы общей палеогеографии. Л., 1962. 544 с.

Сейсмическая стратиграфия Ч.1. /Под ред. Ч.Пейтона. М., 1982. 373 с.

Sea-level changes: An integrated approach / Ed. C.K.Wilgus e.a. Tulsa, Oklahoma. 1988. 405 p.

К разделу 5

Дронов А.В. и др. Секвенс-стратиграфическое расчленение нижнего и низов среднего ордовика окрестностей Санкт-Петербурга // Вopr. геол. и археол. Тез.докл. СПб. 1994. С. 21-29.

К разделу 6

Палесмагнитология /Под ред. А.Н.Храмова, Л., 1982. 311 с.

Введение 3

1. Некоторые особенности объекта стратиграфии и методологических подходов к его изучению..... 5

2. О стратиграфической классификации и терминологии..... 11

3. Стратиграфия нижнепалеозойских отложений Саблинского учебного полигона..... 22

4. Секвенцио-стратиграфический анализ..... 45

5. Применение секвенцио-стратиграфического анализа для расчленения нижнепалеозойского разреза Саблинского района..... 65

Заключение..... 65

Приложение. История формирования палеозойского ссадочного чехла Восточно-Европейской платформы в свете идеи ее северного дрейфа..... 72

Рекомендуемая литература..... 75

Зубцов Сергей Евгеньевич
МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(На примере нижнепалеозойских отложений Саблинского учебного полигона)
Учебное пособие

Зав. редакцией Г.Чередниченко
Редактор М.Юдович

Лицензия ЛР N 020351 от 27.12.1991 г.

Подписано в печать с оригинала-макета 11.05.95. Ф-т 60x90/16.
Бум. тип. N 3. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 5,20. Печ. л. 4,75.
Тираж 500 экз. Заказ 206

РИО СПбГУ. 199034, С.-Петербург, Университетская наб., 7/9.

ПМЛ СПбГУ. 199034, С.-Петербург, наб. Макарова, 6.