

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Кафедра палеонтологии и стратиграфии*

**С.О. ЗОРИНА**

**МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**  
**(Материалы к лекциям. Практические задания)**

**Учебно-методическое пособие**

**Казань – 2015**

**УДК 551.7.004.13.001.5(083.75)**

*Принято на заседании кафедры палеонтологии и стратиграфии  
Протокол № 6 от 1 июня 2015 г.*

**Рецензенты:**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий кафедрой палеонтологии и стратиграфии **В.В. Силантьев**  
кандидат геолого-минералогических наук,  
ведущий научный сотрудник ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» **Н.И. Афанасьева**

**Зорина С.О.**

**Методы стратиграфических исследований. (Материалы к лекциям.  
Практические задания) / С.О. Зорина. – Казань, 2015. – 40 с.**

Учебно-методическое пособие предназначено для лекционных и практических занятий с магистрантами Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, обучающимися по направлению подготовки «Геология», профилю - «Стратиграфия». В первой части пособия кратко изложен лекционный и вспомогательный материал, необходимый магистрантам для успешного освоения материала по курсу. Во второй части приведены задания по практической части курса. Основные разделы пособия составлены с привлечением авторских теоретических разработок и практических примеров, опубликованных в монографиях и научных статьях по методам стратиграфических исследований. Приведены темы рефератов и контрольные вопросы для подготовки к зачету.

© Зорина С.О., 2015

© Казанский университет, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
Часть 1. Материалы к лекциям.....	4
Лекция 1. Обзор методов стратиграфических исследований.....	4
Три основные группы методов стратиграфических исследований.....	4
Группа литологических методов. Минералого-петрографические методы. Расчленение и корреляция по визуальным признакам.....	6
Лекция 2. Характеристика литологических, палеонтологических и хроностратиграфических методов.....	15
Группа литологических методов. Геофизические методы (магнито-стратиграфический, ГИС).....	15
Группа палеонтологических методов. Микрофаунистический анализ	21
Группа хроностратиграфических методов.....	26
Библиографический список.....	31
Часть 2. Практические задания.....	32
Задание 1.....	32
Задание 2.....	32
Задание 3.....	36
Задание 4.....	37
Задание 5.....	38
Вопросы контрольной работы.....	38
Вопросы к зачету.....	39

## **ЧАСТЬ 1. МАТЕРИАЛЫ К ЛЕКЦИЯМ**

### **ЛЕКЦИЯ 1. ОБЗОР МЕТОДОВ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **Три основные группы методов стратиграфических исследований**

Стратиграфия является основой любого вида геологических исследований. Решение двух её основных задач - расчленение разреза и его корреляция с другими в пределах интересующей нас площади (вплоть до всей поверхности Земли) — создает фундамент геологической съемки, поисков различного вида минерального сырья, тектонических и палеогеографических построений и т.д. Решение этих проблем осуществляется через выделение и дальнейшие операции со стратиграфическими подразделениями. Последние могут быть установлены на основании распространения в пространстве самых различных материальных признаков: вещественных, структурных, палеонтологических, хроностратиграфических и др.

В геологической практике по мере прогресса науки количество стратиграфических методов постоянно растет, и эта тенденция неизбежно будет развиваться. Основное внимание в данном курсе уделяется трем группам методов — литологической, палеонтологической и хроностратиграфической (Прозоровский, 2010), т.к. все остальные представляют их разновидности, основанные на каком-либо частном свойстве.

Важно отметить, что применение всех трех групп методов позволяет не только расчленить и скоррелировать толщи, но и получить детальную комплексную характеристику стратона – основу для определения его в качестве полезного ископаемого или в качестве толщи, вмещающей полезные ископаемые. Получение комплексной характеристики стратона является важнейшим результатом применения все трех групп методов. Схема взаимоотношения методов приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема взаимоотношения современных стратиграфических методов

Группа литологических методов является одной из важнейших, т.к. они основаны на фиксации особенностей вещественного состава горных пород, которые слагают земную кору. С их применением начинаются все стратиграфические исследования.

В группе литологических методов рассмотрены: минералогическо-петрографические, физико-химические и некоторые геофизические методы.

**Группа палеонтологических методов.** Биостратиграфические методы являются одними из основных методов стратиграфии, решают обе ее задачи (расчленение и корреляция разрезов) и являются инструментом геологической практики. Они позволяют относительно точно датировать породы, проводить внутри- и межбассейновую корреляцию и главное – строить хроностратиграфический каркас, необходимый для выявления особенностей эволюции осадочного бассейна.

В данной группе методов рассмотрен пример применения микропалеонтологического метода для решения стратиграфических и палеогеографических задач.

**Хроностратиграфические методы** решают задачу сопоставления разрезов (частных и сводных) с Общей стратиграфической шкалой (Шкалой геологического времени) и глобальной корреляции осадочных толщ. В основе метода лежит комплексное обоснование возраста нижней границы стратона, увязка ее с закрепленной «золотым гвоздем» ярусной границей, прослеживание этой «изохронной границы» внутри бассейна и за его пределами на основе руководящего корреляционного события.

**Группа литологических методов. Расчленение и корреляция по визуальным признакам. Минералогическо-петрографические методы. Физико-химические методы.**

**Расчленение и корреляция по визуальным признакам.** Изучение любого обнажения или скважины начинается с визуальной диагностики поро-

ды, или полевого определения (Маслов, 2005; Степанов, Месежников, 1979). В дальнейшем, после получения результатов аналитических исследований полевое определение породы корректируется, а иногда меняется на иное. Основным объектом стратиграфического изучения являются первично слоистые горные породы - осадочные и вулканогенно-осадочные. К визуальным, т.е. легко наблюдаемым признакам пород, составляющих слой, относятся: тип осадочной породы (основное название), цвет, плотность, крепость, минеральные компоненты, структура, текстура, включения (состав, форма, размер и количество), диагенетические изменения, признаки цикличности, наличия перерывов, биотурбированности, геоморфологическая выраженность, и др.

Различные горные породы и разные присущие им признаки играют неодинаковую роль в проведении разных этапов стратиграфических исследований. Кратко охарактеризуем возможности основных особенностей горных пород осадочного происхождения.

Важнейшим из всех визуальных признаков является **тип породы**, составляющей слой. От правильности полевой диагностики во многом зависит направления дальнейших исследований, т.к. если геологом будет дано неверное название породы, он может провести неверную разбивку и сопоставление с другими разрезами и региональной схемой, а также пропустить ценное сырье. Поэтому всегда надо предполагать возможные варианты определения горной породы и при сомнениях указывать иное название в скобках с вопросом. Здесь ключевое значение имеют базовые знания специалиста в области минералогии и литологии: умение диагностировать минералы, смотреть в лупу, пользоваться полевыми реактивами, давать оценку размерам и количеству зерен, верно охарактеризовывать форму кристаллов и зерен, определять степень кристалличности и др. Важно уметь находить визуальные отличительные признаки для разных типов пород (Маслов, 2005). Например опоки всегда имеют раковистую поверхность скола (ОКТ – квазикристаллическая разновидность кремнезема, имеет раковистый скол даже на микроуровне, как у стекла). Наличие раковистого скола у других литоло-

гических типов пород (песчаников, доломитов) свидетельствует об их окремнелости (Основы стратиграфии, 2010).

Следующий признак породы, который заносится в полевую документацию, это **цвет**. В ряде случаев именно окраска позволяет картировать отмеченные литостратоны, особенно это относится к событийным уровням (маркирующим горизонтам), контрастно выделяющимся по вещественному составу среди вмещающих толщ, в том числе и по окраске. Достаточно сложно оптимально охарактеризовать окраску породы при документации переслаивающихся пестроокрашенных толщ. Например, уржумские образования Волго-Уральской области Русской плиты. Алевролиты и аргиллиты здесь имеют шоколадно-коричневые, розово- и кирпично-красные, фиолетовые оттенки и участками даже в пределах одного слоя переходят в голубовато-серые мергели. Такое разнообразие цветовой гаммы свидетельствует о сложном характере окислительно-восстановительных процессов в осадочном бассейне, т.к. вся эта «радуга» обязана присутствию разных окислов железа.

Такие признаки как **плотность** и **крепость** породы важны при описании обломочных неравномерно литифицированных пород, у которых возможно варьирование количества цемента, вплоть до его отсутствия. Очень часто в разрезе присутствуют: конгломераты и гальки, песчаники и пески, алевролиты и алевриты, аргиллиты и глины. Для несцементированных разностей обязательно указывается рыхлая порода или плотная, для сцементированных – степень крепости: слабые, средние, крепкие, иногда – «звонкие».

**Минеральные компоненты** приводятся как для уточнения основного названия псефитов, псаммитов, карбонатных пород (например: песчаник кварцевый, алеврит глауконит-кварцевый, мергель доломитовый), так и для характеристики второстепенных компонентов породы (например: песчаник глауконит-кварцевый, фосфоритсодержащий; опока известковистая).

**Структура** является одной из основных характеристик породы. Среди обломочных пород выделяются по размеру зерен: тонко- крупнозернистые структуры (конкретные размеры зерен в разных классификациях могут отли-

чаться). Структуры некоторых карбонатных пород могут различаться по степени кристалличности (известняк крупнокристаллический, доломит пелитоморфный). **Текстурные особенности.** Если в обломочных пород текстурный признак выступает как один из многих, то для карбонатных, глинистых, соляных, кремнистых и некоторых других пород это свойство следует считать ведущим.

Различают массивные, параллельно-косослоистые (рис. 2), гонко-, толстослоистые, ясно-, неяснослоистые и т.п. По этому же признаку выделяют кавернозные, пористые, выветрелые породы, а также толщи, обладающие определенной отдельностью.

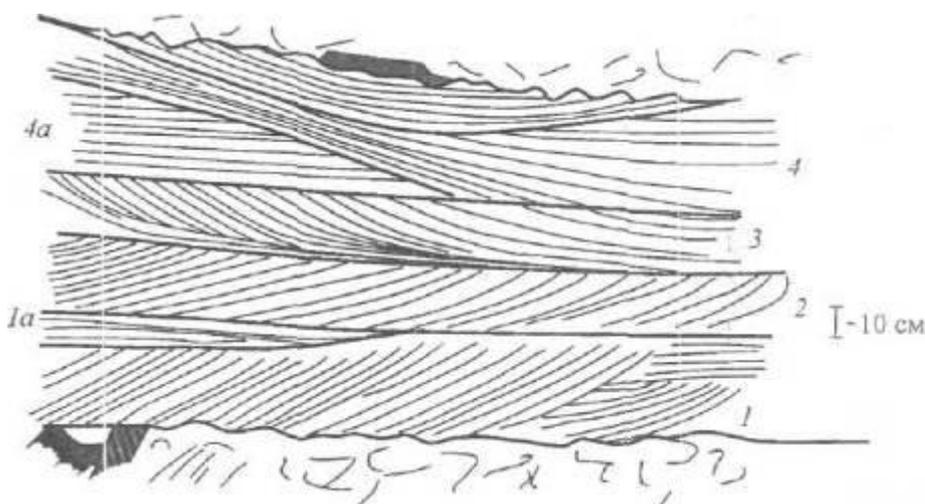


Рис. 2. Расчленение косослоистых песчаников по характеру сложности (Прозоровский, 2010)

**Включения.** К ним относятся органические остатки (их можно классифицировать по систематическому составу, распространению и количеству в породе, по ориентировке, сортировке, сохранности и т.п.), конкреции карбонатного, кремнистого, железистого состава, жеоды (кварца, аметиста и др.), оолиты и др., для которых указываются: процентное содержание, размеры, форма, внутреннее строение, сортировка и др. особенности.

**Диагенетические (или вторичные) изменения** фиксируются в обязательном порядке. Так, разная степень загипсованности характерна для раз-

ных картируемых подразделений верхнеказанских отложений на Печищинском полигоне. В осадочных разрезах часто встречается вторичные изменения, зачастую характерные для отдельных интервалов разреза и прослеживаемые по латерали: сульфидизация, ожелезнение, налеты окислов марганца, пятна окремнения и др.

**Признаки цикличности** часто используются для расчленения первично осадочных и вулканогенно-осадочных пород. Циклическое строение, т.е. многократное чередование в толще одних и тех же последовательностей слоев, характерно для речных, угленосных, соленосных, а также отложений берегов и склонов морских бассейнов и тектонически активных зон, в которых интенсивность и очередность седиментологических процессов закономерно повторяется. Этот признак может быть проявлен также в областях с ясно выраженной сезонностью климата.

Изучению цикличности и её значению для стратиграфии посвящали свои исследования такие выдающиеся геологи, как Э. Зюсс (Zuess), Ф. Прюво (Pruvost), Дж. М. Веллер (Weller), П.Р. Вейл (Vail), Б. Хак (Haq) и др., российские исследователи – Ю.А. Жемчужников, И.Б. Вассоевич, Л.Б. Рухин, Н.В. Логвиненко, Ю.Н. Карагодин, В.П. Алексеев и др.

Часто смежные литостратоны согласно сменяют друг друга, постепенно теряя признаки более древнего и приобретая - более молодого. Тогда между типично выраженными единицами располагается более или менее мощная пачка переслаивания. В таком случае границы между ними проводятся субъективно. Для необходимой в данном случае однозначности проведения рубежа используются следующие возможности (рис. 3). I – первое появление стратиграфически верхнего литологического признака (основание первого вновь появившегося прослоя); II – последнее проявление стратиграфически нижнего литологического признака (кровля последнего прослоя нижележащего литостратона); III – середина пачки переслаивания (лучше по кровле или подошве. какого-то пласта); IV – любая граница слоя в пачке переслаивания, ка-

ким-то образом наиболее отчетливо выраженная; V – выделения всего интервала переслаивания в самостоятельный литостратон.

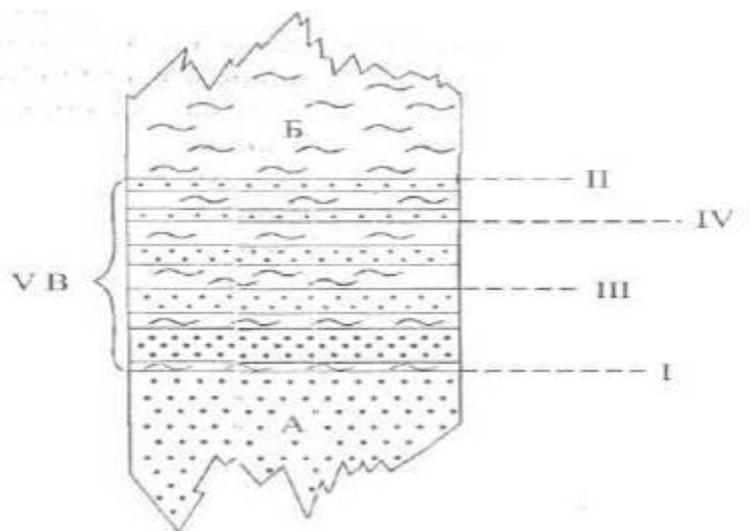


Рис. 3. Варианты положения границ между согласно залегающими свитами А (песчаник) и Б (глины). В – свита переслаивания песчаников и глин (Степанов, Месежников, 1979).

### Контрольные вопросы

1. Три основные группы методов стратиграфических исследований и их характеристика
2. Возможности и ограничения литостратиграфических методов для решения задач стратиграфии.
3. Визуальные признаки: тип породы, цвет, структура, текстура, включения, диагенетические изменения, признаки цикличности (характеристика, примеры расчленения).
4. Варианты проведения границ в переслаивающихся толщах.

## **Минералого-петрографические методы.**

### **Микроскопическая и лабораторная диагностика**

Самым популярным (традиционным) методом изучения вещественного состава осадочных пород является **метод оптической поляризационной микроскопии** (Степанов, Месежников, 1979). Он массово применяется на производстве – при проведении геологоразведочных работ и является весьма актуальным до сих пор, т.к. позволяет диагностировать большинство минералов составляющих горные породы, кроме глинистых. Для этого делаются шлифы – тонкие прозрачные срезы пород, наклеянные на стекло.

Визуальная диагностика пород существенно уточняется после описания шлифов. Метод применяется в основном для исследования вещественного состава, структурно-текстурных особенностей и вторичных изменений карбонатных, обломочных, вулканогенно-осадочных пород, каустобиолитов и др. При описании шлифов приводятся следующие характеристики горной породы: состав, размеры, количество, форма зерен основной массы, цемента, акцессориев, структура и текстура породы, вторичные процессы.

### **Физико-химические методы**

#### **(химический анализ и прецизионные методы )**

**Электронная микроскопия** позволяет заглянуть во внутреннюю структуру минерального вещества. Этот метод является ведущим для определения структурно-текстурных особенностей глин и силицитов. Эффективнее всего он работает в комплексе с рентгенографическим фазовым анализом, т.к. позволяет расшифровать взаимоотношения минеральных агрегатов очень малого размера. В стратиграфии данный метод широко используется в палеонтологической группе методов.

Электронный микроскоп – прибор, позволяющий получать изображение объектов с максимальным увеличением до  $10^6$  раз, благодаря использованию вместо светового потока пучка электронов с энергиями 30÷100 кЭв.

Разрешающая способность электронного микроскопа в 1000÷10000 раз превосходит разрешение светового микроскопа и для лучших современных приборов может составлять несколько ангстрем. Для получения изображения в электронном микроскопе используются специальные магнитные линзы, управляющие движением электронов в колонне прибора при помощи магнитного поля.

Одним из основных методов диагностики и оценки содержания минеральных компонентов в слоистых толщах является **рентгенографический фазовый анализ**. Этот вид анализа является оптимальным методом исследования вещественного состава осадочных горных пород и нерудного минерального сырья, а также диагностики отдельных минералов (Основы стратиграфии, 2010).

**Краткая суть метода.** Поскольку каждая фаза поликристаллического образца имеет кристаллическую решетку с характерным набором расстояний  $d$  между параллельными кристаллографическими плоскостями, рентгеновские лучи отражаются от кристаллографических плоскостей (и дифрагируют) с характерным только для данной фазы набором брэгговских углов  $\theta$  (угол между падающим лучом и отражающей плоскостью) и относительных интенсивностей дифракционных отражений. Последние регистрируют с помощью дифрактометров. Дифракционная картина многофазного образца представляет собой наложение дифракционных картин отдельных фаз (дифрактограмма). По положению дифракционных максимумов (пиков на дифрактограмме) определяют углы  $\theta$ , а затем значения  $d$  рассчитывают в соответствии с условием Брэгга–Вульфа.

На дифрактометрах устанавливается режим съемки: шаг сканирования ( $^\circ$ ), экспозиция в точке (с), интервал съемки ( $^\circ 2\theta$ ).

Результаты **химического анализа** пробы представляют собой таблицу процентного содержания оксидного состава, который определяется методом классической «мокрой химии», ICP–спектрометрии, либо методом рентгенофлуоресцентного спектрального анализа:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,

CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3общ</sub>, ППП, SiO<sub>2аморф</sub>. Химический состав породы является ценным дополнением к результатам изучения вещественного состава, полученного методами оптической микроскопии и рентгеновского фазового анализа. Результаты химанализа подвергаются самой разнообразной обработке: по каждому стратону могут быть рассчитаны индикативные модули и коэффициенты, являющиеся показателями обстановки осадконакопления, характеризуют питающую провинцию, процессы диагенетического преобразования и др. реконструированные особенности осадочного процесса и самого осадка.

**Прецизионные методы** могут широко применяться для решения задач стратиграфии в дополнение к традиционным. Так, для расчленения мезозойского разреза РП, включающего литологически однородные серии толщ и свит, может быть применён метод стратиграфического анализа данных **электронного парамагнитного резонанса**. Метод использует способности систем, имеющих электроны с нескомпенсированным магнитным моментом, поглощать при определенных условиях энергию поля сверхвысокой частоты. Это метод изучения дефектов реальной кристаллической структуры частиц.

**Ядерный гамма-резонанс (ЯГР) (мессбауэровская спектроскопия)** включает регистрацию и математическую обработку ЯГР-спектров проб с целью оценки содержания железа и олова как минералообразующих элементов.

### **Контрольные вопросы**

1. Метод оптической поляризационной спектроскопии. Метод электронной микроскопии.
2. Рентгеновский фазовый анализ
3. Химический анализ и прецизионные методы в стратиграфии.

## ЛЕКЦИЯ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ, ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ И ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

### Группа литологических методов.

#### Геофизические методы (магнитостратиграфический, ГИС)

Геофизика изучает различные физические поля нашей планеты, их параметры и взаимоотношения. Конкретные значения акустических, электрических, магнитных и других неоднородностей в земной коре передают разнообразие горных пород, слагающих верхнюю твердую оболочку Земли. Поэтому геофизические методы представляют собой специфическое выражение литостратиграфических методов и обладают всеми возможностями и ограничениями последних.

Магнитостратиграфический метод является одним из основных при расчленении и корреляции разрезов (Стратиграфический Кодекс, 2006), но возможности его применения ограничены в первую очередь сильной фрактальностью разрезов, изобилующих внутрислоевыми перерывами, что зачастую затрудняет корреляцию палеомагнитных данных, полученных даже по близрасположенным разрезам. Кроме того, многие литологические различия пород не способствуют установлению характера палеомагнитной зональности, а условия пробоотбора далеко не всегда удовлетворительны.

Палеомагнитная характеристика объектов исследования включает (Прозоровский, 2010) систематизацию результатов измерений магнитной восприимчивости пород ( $\chi$ ), естественной остаточной намагниченности ( $J_n$ ) и направлений векторов  $J_n - J^\circ$ . Измерения  $\chi$ , а также выявление конкретных магнитных минералов, осуществляющих вклад в значение  $\chi$  (метод ДТМА), составляют петромагнитную часть магнитостратиграфического метода. Измерения естественной остаточной

намагниченности и направлений векторов – составляют его палеомагнитную часть.

Палео- и петромагнитные исследования мезозойских отложений проводятся с целью идентификации в палеомагнитном разрезе магнитных хронов и выявления маркирующих петромагнитных уровней, являющихся реперами региональной изохронной корреляции.

В Казанском университете функционирует одна из известнейших в России палеомагнитная лаборатория, основанная Б.В.Буровым, П.Г.Ясоновым, Д.К.Нургалиевым и др.

Для того, чтобы ПМ метод можно было применить для расчленения и корреляции разреза, в исследуемых породах должны присутствовать минералы – ферромагнетики. Т.е. ясно, что метод не работает в карбонатных, сульфатных и соленосных толщах. Плохо он работает в песчаных толщах, т.к. зачастую не удастся отобрать или донести до лаборатории образцы в неразрушенном виде. Метод отлично работает в монотонных глинистых толщах, даже если есть прослои карбонатных или песчано-алевритовых пород.

Инверсии магнитного поля, регистрируемые в разрезах в виде последовательности хронов магнитной полярности (прямой и обратной), являются одними из наиболее высокоскоростных событий в геологической летописи. Многие исследователи считают палеомагнитную зональность последовательностью синхронных событий планетарного масштаба, справедливо полагая, что палеомагнитный критерий является наиболее предпочтительным при межбассейновых корреляциях по сравнению с другими изохронными событиями: аномалиями стабильных изотопов, глобальными эвстатическими циклами и другими. Смена магнитной полярности, как наиболее высокоскоростное событие, применяемое в корреляционных целях, представляет собой тот критерий, при помощи которого можно провести границу, наиболее приближенную к изохронной.

Рассмотрим пример использования магнитостратиграфического метода при расчленении конкретной осадочной последовательности (рис. 3).

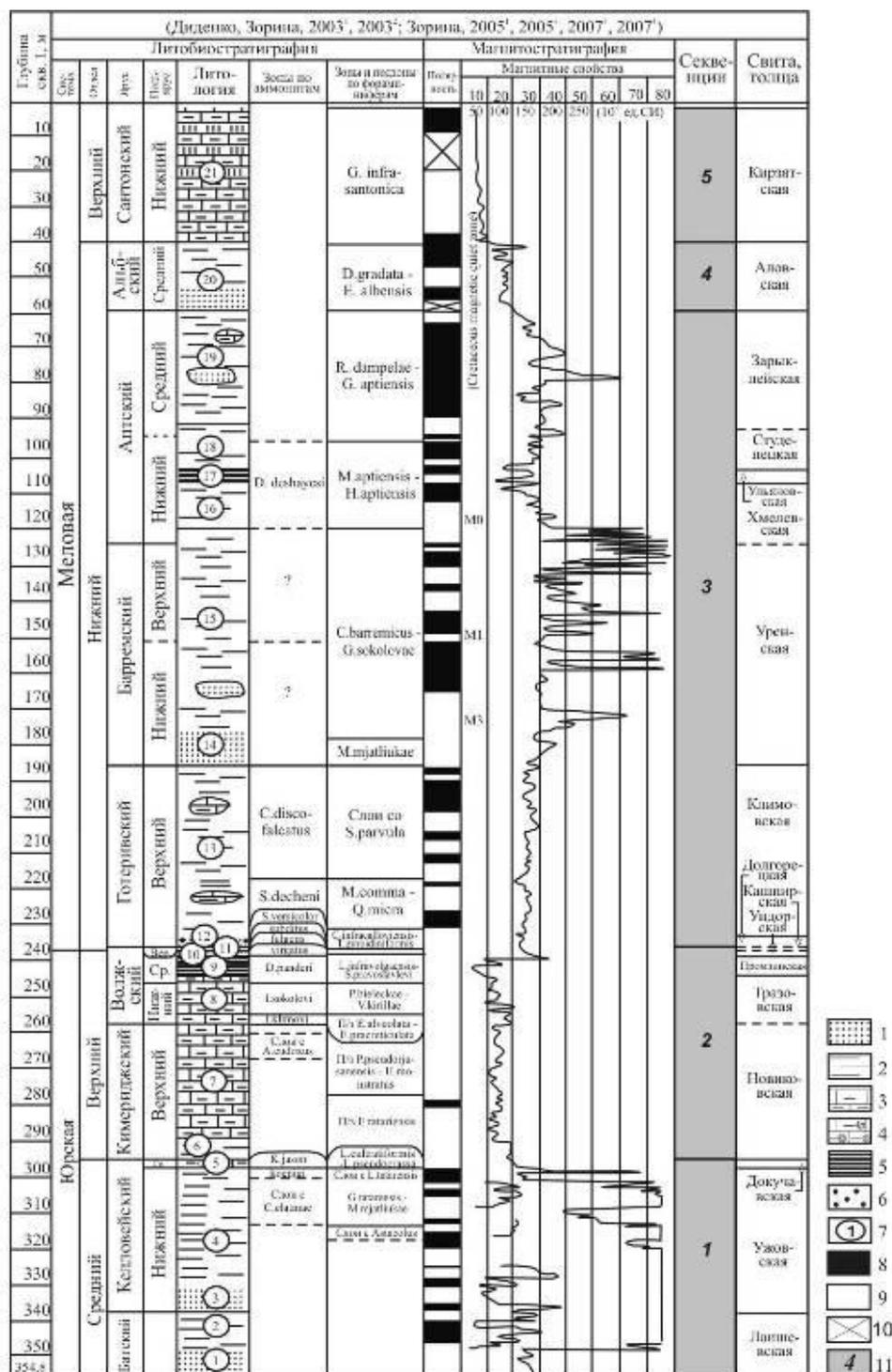


Рис. 3. Литобиомагнито- и секвенсстратиграфическое расчленение разреза Татарско-Шатранской скважины 1

Условные обозначения: 1 – пески, песчаники, алевроиты; 2 – глины; 3 – мергели; 4 – оолитовые мергели; 5 – горючие сланцы; 6 – галька и гравий; 7 – номер пачки; 8 – прямая полярность; 9 – обратная полярность; 10 – палеомагнитные данные отсутствуют; 11 – секвенции и их номера.

Готерив-аптские отложения востока Русской плиты отличаются хорошей полнотой разрезов и отвечают всем требованиям для получения детальных палеомагнитных данных и сопоставления их с последовательностью аммонитовых зон.

При этом смена аммонитовых фаз происходила не всегда с высокой скоростью, сопоставимой со скоростью геоинверсий.

Было установлено, что целый ряд свит нижнего мела обладает характерными палеомагнитными особенностями, на основе которых они сопоставляются с подразделениями сводного магнитостратиграфического разреза мезозоя (Основы стратиграфии, 2010).

В исследованной последовательности мезозойских слоев литологическим и палеонтологическим методами не удалось провести подъярусную границу баррема и ярусную границу апта. Было доказано и наличие в палеомагнитных разрезах готерива – баррема востока Русской плиты стандартного хрона M1, основание которого примерно параллелизуется с подъярусной границей баррема.

Сплошное измерение магнитной восприимчивости пород разреза (каппа), результаты которого выносятся в виде графика параллельно палеомагнитной шкале, позволило выделить высокомагнитный барремский интервал, обладающий высоким потенциалом изохронной корреляции. Поступление железистого материала в составе обломочной фракции определялось тектоно-вулканической и эвстатической активизацией.

Таким образом, палео- и петромагнитные исследования позволили существенно уточнить возрастное положение целого ряда литостратонов, границы которых не были установлены по литологическим и палеонтологическим данным.

**Геофизические исследования скважин (ГИС).** Получение представления об особенностях разреза, пройденного скважиной, основывается на интерпретации геофизических показателей различных свойств горных пород, последовательно вскрытых стволом скважины (Степанов, Месежников, 1979). Этот способ носит название геофизического каротажа, представляющего собой измерение значений каких-либо физических свойств пород, слагающих стенки скважин, специальным устройством – зондом. ГИС дают возможность получить заключение о характере разреза даже при бескерновом (структурном) бурении. Различают следующие виды каротажа электрический, радиоактивный, механический (кавернометрия), акустический, индукционный, термический и др. Количество их постоянно растет в соответствии с прогрессом геологии и геофизики.

Наиболее достоверные сведения о составе и последовательности горных пород, вскрываемых скважинами, получаются при анализе нескольких видов каротажа.

При проведении геологической съемки ГИС является обязательным методом, сопровождающим все опорные и картировочные скважины (рис. 4). Геолог не может дать точную стратиграфическую разбивку скважины, пока границы слоев (а следовательно и свит) не будут отбиты по каротажу. Выход керна далеко не всегда достигает 100%. При бурении рыхлых и трещиноватых пластов он может составлять 0–5%. Документация скважины в этих случаях ведется по шламу.

Наоборот, в толщах пластичных глин выход керна зачастую превышает 100%, достигая 120%. Истинное положение границ слоев может дать только каротаж.

ГИС является специфическим инструментом расчленения геологического разреза по вещественным признакам. Корреляционные возможности их имеют ограничения. Достоверность и точность корреляции обычно обратно пропорциональны расстоянию между скважинами и сложности геологического строения исследуемой площади.

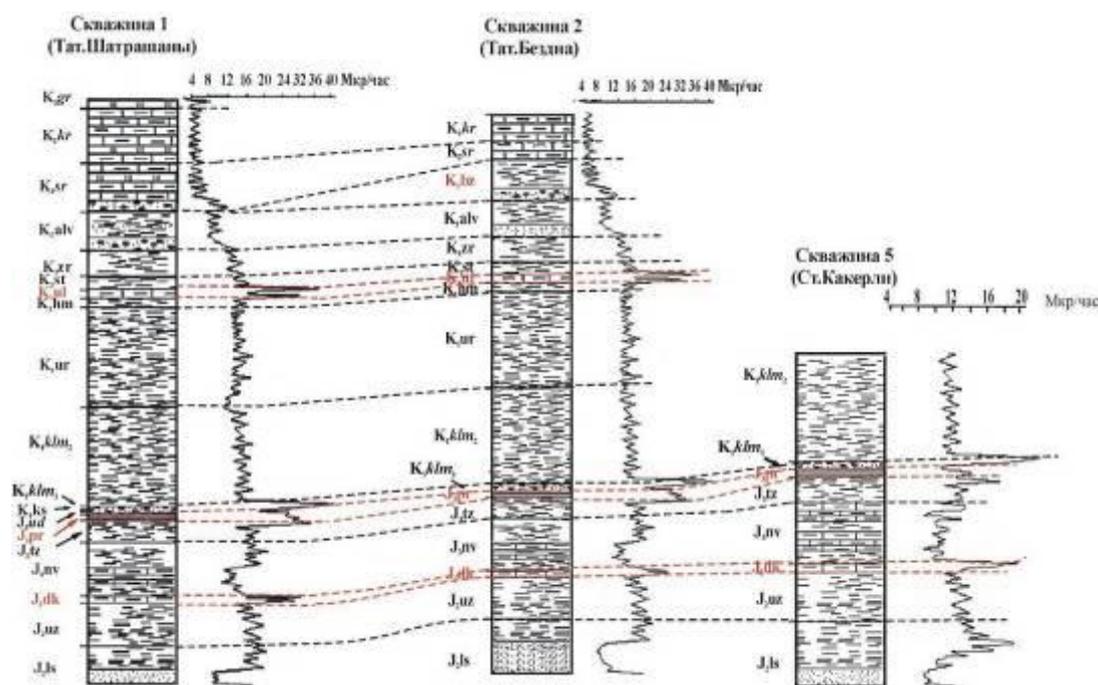


Рис. 4. По-светная корреляция разрезов опорных скважин по литологическим данным и гамма-каротажу.

Стратиграфическая корреляция скважин достаточно надежна в пределах конкретной структуры платформенного типа (свод, купол, прогиб и т.п.). В сложноскладчатых областях подобная операция, как правило, невозможна.

Что же касается соответствия стратиграфических интервалов скважин подразделениям МСШ, то оно только с помощью ГИС просто не возможно. Для этого необходимо комплексное использование геофизических данных с биостратиграфическими и других стратиграфическими методов. (К сожалению, существует тенденция ряда буровиков и геофизиков устанавливать системы, отделы, ярусы и другие единицы МСШ по значениям каротажных кривых).

При проведении нефтепоисковых работ широко применяется **структурное бурение**. Корреляция бескерновых скважин по данным ГИС проводится успешно при четком опознавании по ГИС реперных горизонтов. Данный метод эффективно работает в условиях платформ и позволяет выделять нефтеперспективные структуры.

## Контрольные вопросы

1. Магнитостратиграфический метод (сущность, составные части метода, ограничения, возможности и преимущества).
2. Использование палео- и петромагнитного методов при расчленении готерив-аптских отложений востока Русской плиты
3. ГИС (физическая и геологическая сущность, виды каротажа, задачи ГИС при бурении опорных и структурных скважин).

### Группа палеонтологических методов. Микрофаунистический анализ

Области практического использования результатов микрофаунистического анализа весьма обширны. Они включают биостратиграфическое расчленение толщ, фациальный и палеобиогеографический анализ, выявление палеоэкологических особенностей обитания микрофауны (рис. 5).

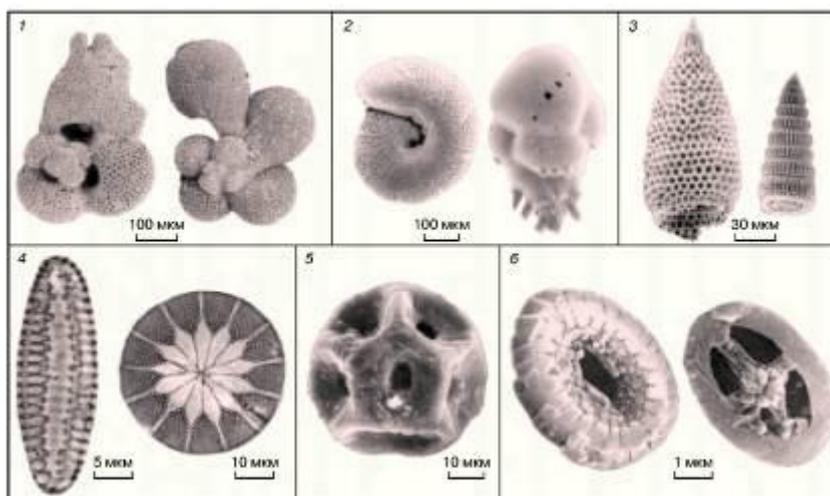


Рис. 5. Некоторые ископаемые организмы, используемые в стратиграфических исследованиях: 1 – планктонные фораминиферы; 2 – бентосные фораминиферы; 3 – радиоларии; 4 – диатомовые водоросли; 5 – кальцисфера; 6 – кокколиты.

За рубежом микропалеонтологический мониторинг является важным инструментом в нефтяной геологии и применяется как необходимый элемент сексенс-стратиграфических построений на всех стадиях разведки месторождений, а также при определении наиболее точного места заложения скважины для вскрытия наиболее продуктивной части пласта. Широкое применение находит математическая обработка количественных микропалеонтологических данных, по результатам которой выделяются сообщества организмов, обитающие в сходных экологических и батиметрических условиях (биофацции).

Многими исследователями подчеркивается, что такие факторы как глубина, соленость, температура, энергия водных масс в морском бассейне, особенности субстрата и жизненного поведения организмов, топография окружающей среды, влияние турбидитов, поступление и состав питательных веществ, контролируют зональность в расселении фораминифер.

### **Оценка палеобатиметрии по данным микрофаунистического анализа**

Интерпретация палеоглубины (Зорина, Старцева, 2010) в основном основывается на батиметрической зональности, предложенной W.A. Berggren (1978).

Закономерности расселения ископаемой микрофауны в мезозойском эпиконтинентальном бассейне на Русской плите (РП) имеют свою специфику, связанную с особым типом строения и сложным характером эволюции осадочного бассейна. Первоначально строится модель батиметрического расселения бентосных фораминифер (рис. 6).

Построения, основанные на количественных расчетах, включают графические изображения динамики следующих параметров: общей численности популяции, родового и видового разнообразия, появления новых видов, соотношения агглютинирующего и известкового бентоса.

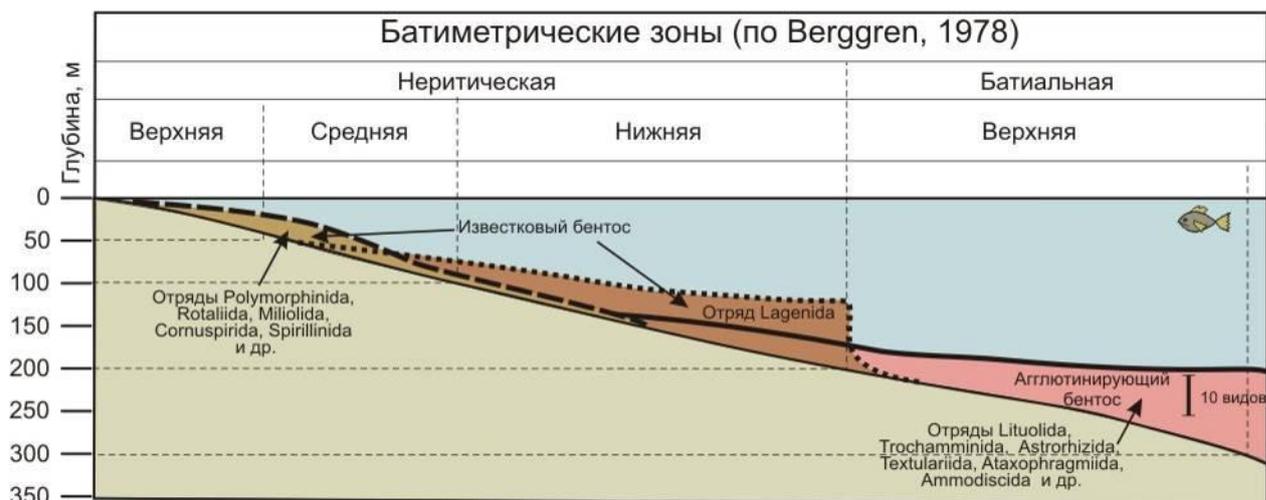


Рис.6. Модель батиметрического расселения бентосных фораминифер в средней юре – раннем мелу в Ульяновско-Саратовском прогибе

Установлено, что известковый бентос (при явном преобладании представителей отряда Lagenida и незначительном присутствии представителей отрядов Polymorphinida, Rotaliida и др.) занимал всю шельфовую зону. Обитание нодозариид связывается со спокойным гидродинамическим режимом при достаточном удалении от береговой линии, что соответствует средней и нижней неритическим зонам (50–200 м). Массовое скопление толстостенных эпистомин и псевдоламаркин происходило в условиях с активной средой на небольших глубинах (0–50 м), т.е. в верхней неритической зоне. Вполне естественно, что четких границ между глубинами обитания каждой из этих групп фораминифер не существует. Однако динамика количественных параметров фораминиферовой ассоциации позволяет проследить основные тенденции изменения глубины бассейна. Увеличение числа экземпляров, родов и видов, а также вновь появившихся видов с известковой раковиной свидетельствуют об углублении рассматриваемого бассейна с приближением к основанию нижней неритической зоны, а в верхней батиали количество известкового бентоса резко сокращается.



Изменение численности агглютинирующего бентоса по разрезу также является показателем вариации глубины бассейна. Фораминиферы с агглютированной раковиной начинают появляться в нижней неритической зоне, численно увеличиваясь от верхней к нижней батиали. Расселение фораминифер с песчанистой стенкой раковины указывает на условия, в которых затруднено осаждение карбоната кальция. Палеоценоз с увеличением численности представителей отрядов *Lituolida*, *Trochamminida*, *Astrorhizida*, *Textulariida*, *Ataxophragmiida* и *Ammodiscida* занимал все более глубокие части бассейна от нижней неритической до верхней батимальной (150–350 м).

Вариации динамики общей численности популяции и разнообразия бентосных фораминифер в разрезах секвенций легли в основу выделения важнейших секвенс-стратиграфических элементов. По пиковым значениям данных параметров проведены поверхности максимумов трансгрессий (MFS), разделяющие трансгрессивные системные тракты и тракты высокого стояния.

### **Контрольные вопросы**

1. Области практического использования результатов микрофаунистического анализа.
2. Оценка палеобатиметрии по данным микрофаунистического анализа
3. Модель батиметрического расселения фораминифер
4. Количественное распределение фораминифер по разрезу
5. Секвенс-стратиграфические построения по данным микрофаунистического анализа

## Группа хроностратиграфических методов.

**Хроностратиграфия** (гр. *chronos* – время, лат. *stratum* – настил, слой и гр. *grapho* – пишу) – раздел стратиграфии, изучающий установление относительного и абсолютного возраста и возрастных соотношений геологических тел (Международный стратиграфический..., 1978; Прозоровский, 2010).

Хроностратиграфия не имеет своего собственного метода исследования, при соответствующих исследованиях используется весь комплекс доступных стратиграфических методов.

Тем не менее, *хроностратиграфические подразделения* широко используются в геологической практике. Они определяются Международным стратиграфическим справочником (1978) как совокупность пород, как слоистых, так и неслоистых, которые сформировались в течение определенного интервала геологического времени. В какой-то мере аналогом хроностратиграфических подразделений можно считать Общие стратиграфические подразделения, предусмотренные Стратиграфическим кодексом (2006).

**Ярус (Stage) и век (Age)**. *Ярус* включает все породы, сформировавшиеся в течение *века*. В Стратиграфическом кодексе (2006) указывается, что ярус устанавливается по биостратиграфическим данным, отражающим эволюционные изменения и (или) этапность развития органического мира, и представляет собой совокупность хронозон, объединяемых по какому-либо определенному признаку. Ярус – это подразделение наименьшего ранга в хроностратиграфической иерархии, которое может быть выделено в глобальном масштабе.

Ярус определяется по стратотипам его границ в разрезах, которые внутри непрерывной стратиграфической последовательности отложений, предпочтительно морских, содержат обозначенную точку, выбранную для потенциальной корреляции.

Стратотипы нижней и верхней границ яруса представляют собой специфические моменты геологического времени, а временной интервал между

ними – временной объем (диапазон) яруса. Верхняя граница яруса определяется нижней границей вышележащего яруса.

**Отдел (Series) и эпоха (Epoch).** Отдел – это хроностратиграфическое подразделение рангом выше яруса и ниже системы. Геохронологический эквивалент – *эпоха*. Иногда используются термины *надотдел* и *подотдел*.

**Система (System) и период (Period).** Система – это подразделение высокого ранга в общепринятой хроностратиграфической иерархии, отвечающее значительному этапу в развитии органического мира. Геохронологическим эквивалентом системы является период. Временной объем общепринятых систем фанерозоя составляет от 30 до 80 млн лет, а объем четвертичной системы – только около 1,64 млн лет.

**Эратема (Erathem) и эра (Era).** Эратема состоит из группы систем, соответствует определенному этапу развития Земли; характеризуется своеобразием геологических отложений и особенностью организмов, населявших Землю. Геохронологическим эквивалентом эратемы является эра. В названиях эратем отражаются основные изменения в развитии жизни на Земле: палеозойская (древняя жизнь), мезозойская (средняя жизнь) и кайнозойская (современная жизнь). Эра несет то же название, что и соответствующая эратема.

**Эонотема (Eonothem) и зон (Eon).** Эонотема – это хроностратиграфическое подразделение, более крупное, чем эратема, и характеризующее в первую очередь специфический этап развития жизни на Земле. Геохронологическим эквивалентом является зон. Различают три эонотемы, от древней к молодой: архейская, протерозойская и фанерозойская. Сочетание первых двух обычно называют докембрием.

**Хронозона (Chronozone)** – это официальное хроностратиграфическое подразделение неопределенного ранга (меньшего ранга, чем отдел), не входящее в иерархию общепринятых хроностратиграфических подразделений. Соответствующее геохронологическое подразделение – *хрон* (*Chron*) или *фаза* (если речь идет об аналогах биостратиграфических зон). Хронозона, осно-

ванная на временном объеме биостратиграфической зоны, включает все слои, эквивалентные по возрасту всему максимальному временному объему этой биозоны, независимо от присутствия или отсутствия диагностических ископаемых. Географическая протяженность хронозоны теоретически всемирная, но применимость ее ограничена районом, в пределах которого может быть идентифицирован ее временной объем.

Докембрий, в отличие от фанерозоя, расчленен на условные геохронометрические подразделения, определяемые возрастом, но не разделен на хроностратиграфические подразделения, выделяемые в глобальном масштабе.

**Стратотипы границ как стандарты.** Существенной частью определения хроностратиграфического подразделения является промежуток времени, в течение которого сформировалось описанное подразделение (Основы стратиграфии, 2010). По этой причине, границы хроностратиграфического подразделения любого ранга определяются двумя справочными точками в последовательности пород. Две точки располагаются в стратотипах границ хроностратиграфического подразделения, которые не обязательно должны быть частью единого разреза. Однако обе точки должны быть выбраны в существенно непрерывном разрезе. При определении хроностратиграфического подразделения наибольшее значение придается выбору стратотипа его нижней границы; его верхняя граница определяется как нижняя граница последующего подразделения. Такая процедура исключает пропуски и перекрытия.

Подразделения Международной стратиграфической шкалы (МСШ) в фанерозойской части и эдиакарии определяются с помощью ТГСГ – GSSP (Global Stratotype Section and Point) или (для протерозоя и архея) по ГССВ – GSSAs (Global Standard Stratigraphic Ages)). В дальнейшем по крайней мере часть ГССВ планируется заместить ТГСГ. Современное состояние стратотипов ярусных границ приведено на сайте Международной комиссии по стратиграфии [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org).

Неофициальное название границ подразделений МСШ – «золотой гвоздь» (golden spike – так в США в конце XIX века называли последний колышек, забиваемый при окончании строительства железной дороги).

Разрез и точка глобального стратотипа границы представляют собой выбранный международным научным сообществом геологический разрез, который служит опорным для определенной границы МСШ. В настоящее время близится к завершению выделение ТГСГ для ярусов фанерозоя, а в некоторых случаях уже обсуждается возможность выделения ТГСГ для подъярусов. Один из основных критериев установления на том или ином уровне – их потенциальная прослеживаемость в как можно более большем числе регионов. Поэтому предпочтение, как правило, отдается уровням, на которых происходит смена разных групп окаменелостей, особенно если на близком уровне имеются опознаваемые маркеры иной природы (хорошо опознаваемые инверсии магнитного поля, геохимические аномалии различной природы и т.д.).

Решение сначала, как правило, принимается на уровне рабочей группы по тому или иному подразделению или границе, потом утверждается Международной комиссией по стратиграфии и Международным союзом геологических наук.

В большинстве случаев ключевые события, по которым определяются ТГСГ – биостратиграфические, то есть они характеризуются сменой комплексов окаменелостей, но иногда на первый план выходят климатические, геохимические или палеомагнитные маркеры. По возможности ТГСГ выбираются как можно ближе к традиционным границам ярусов.

При наличии нескольких разрезов, претендующих на статус ТГСГ, стараются выбрать наиболее соответствующий **требованиям к разрезам** такого рода (Основы стратиграфии, 2010):

- 1) адекватная мощность разреза и темпы седиментации;
- 2) формирование отложений в условиях непрерывной седиментации;
- 3) отсутствие синседиментационных и тектонических нарушений;

4) отсутствие метаморфизма и существенных диагенетических изменений отложений;

5) обилие и разнообразие окаменелостей по всему интервалу разреза;

6) отсутствие фациальных изменений вблизи границы;

7) морской генезис;

8) пригодность разреза для проведения магнито- и хемотратиграфических исследований и радиоизотопного датирования;

9) доступность: стратотипы должны быть доступны для всех тех, кто заинтересован в их изучении, должна иметься гарантия их длительной сохранности.

Несмотря на то, что уровни ТГСГ рассматриваются в качестве плоскостей, их прослеживание в реальных разрезах сопряжено с поиском маркеров границы. Одновременность же маркеров (появление какого-нибудь вида, инверсия магнитного поля) всегда относительна, особенно если учитывать присутствие в разрезах скрытых перерывов. Но возможная ошибка определения подошвы некоего стратиграфического подразделения обычно значительно меньше его продолжительности.

### **Контрольные вопросы**

1. Хроностратиграфия: определение, виды подразделений
2. Ярус и век. Отдел и эпоха. Система и период.
3. Хронозона
4. Стратотипы границ как стандарты. «Золотой гвоздь»
5. Требования к стратотипам границ.

## Библиографический список

Зорина С.О., Старцева Г.Н. Биофации бентосных фораминифер, палеобатиметрия и секвенс-стратиграфия среднеюрских-нижнемеловых отложений востока Русской плиты (район Татарско-Шатрашанской скважины 1, Республика Татарстан) // Литосфера. 2010. № 4. С.81-93.

Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. Екатеринбург, 2005. 289 с.

Международный стратиграфический справочник. М., 1978.

Основы стратиграфии: лекции. Часть 1. Учебно-метод. пособие / сост. В.В. Силантьев, С.О. Зорина. Казань, 2010. 44 с.

Основы стратиграфии: лекции. Часть 2. Учебно-метод. пособие / сост. В.В. Силантьев, С.О. Зорина. Казань, 2010. 68 с.

Прозоровский В.А. Общая стратиграфия. 2-е изд. М., 2010. 208 с.

Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований). Л., 1979. 423 с.

Стратиграфический кодекс. Изд. 3-е, дополненное. СПб, 2006, 96 с.

## ЧАСТЬ 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

**Задание 1.** Составить реферат и сделать доклад на семинаре

### Темы рефератов

Палеомагнитный метод в стратиграфии

Геофизические методы в стратиграфии

Методы определения абсолютного возраста пород

Методы определения вещественного состава пород

Методы геологического картирования

Выделение естественных единиц разреза – геологических тел

Наблюдения над окраской пород

Наблюдения над геологическими границами и контактами

Наблюдения над структурами осадочных пород

Наблюдения над текстурами осадочных пород

Текстуры, обусловленные жизнедеятельностью организмов. Подводно-оползневые текстуры

Наблюдения над цикличностью и ритмичностью

Литологические индикаторы климата

Геохимические данные как фациальные индикаторы

Геохимические индикаторы палеоклимата

Распределение РЗЭ в осадочных образованиях как индикаторы состава источников сноса и инструмент палеогеодинамических реконструкций

### Задание 2

1) Выбрать масштаб и построить геологические разрезы по скважинам 1, 2, 4 с учетом альтитуды.

2) Провести поинтервальную корреляцию разрезов, выделить маркирующие горизонты.

**Скважина 1.** Альтитуда – 222 м.

**Верхний кампан. Ардымская свита.** 0–3 м. Опока темно-серая с глауконитом

**Нижний сантон. Кирзятская свита.** 3–32 м. Мергель беловато-светло-серый, с пятнами темно-серого окремнения, опоковидный, крепкий

**Нижний – верхний коньяк. Сурская свита.** 32–40 м. Мергель желтовато-белый, средней крепости, опоковидный

**Средний альб. Аловская толща.** 40–59 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, с гнездами и прослоями кварц-глауконитового песка.

**Нижний – средний апт. Зарыклейская толща.** 59–104 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая.

**Нижний апт. Ульяновская толща.** 104–108 м. Глина коричневатая-серая, битуминозная, с прослоем алевролита серого, битуминозного, известковистого, с аммонитами.

**Нижний апт. Хмелевская толща.** 108–120 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с обломками перлдамутрового слоя аммонитов.

**Нижний – верхний баррем. Уренская толща.** 120–186 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с редкими линзами и прослоями зеленого глауконитового алевролита.

**Верхний готерив. Климовская свита.** 186–237 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с линзами алевролита серого, очень крепкого, известковистого, в подошве с гравием и галькой фосфоритов.

**Верхняя юра – нижний мел. Средне-верхневолжский подъярусы. Ундорская свита.** 237 – 239 м. Песчаник зеленовато-серый, глауконит-кварцевый, крепкий, известковистый, с обилием аммонитов и пелеципод.

**Средневолжский подъярус. Промзинская толща.** 239–245 м. Глина коричневатая-серая, битуминозная, сланцеватая, с обилием пирита и фаунистических остатков – аммонитов, пелеципод.

**Нижневолжский подъярус. Тразовская толща.** 245–255 м. Глина серая, известковистая, с мелкими мергелистыми желвачками.

**Верхний кимеридж. Новиковская толща.** 255–296 м. Мергель светло-серый, сильно глинистый, слабый, ихнитовый.

**Средний келловей. Докучаевская толща.** 296–297 м. Мергель буровато-серый, крепкий, с обилием железистых оолитов.

**Нижний келловей. Ужовская толща.** 297–335 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, алевритистая, микрослоистая.

**Батский ярус. Лаишевская толща.** 335–355 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, сильно алевритистая, микрослоистая, в подошве – песок белый (7 м) кварцевый с галькой кремнистых пород.

**Пермская система. Уржумский ярус.** 355–360 м. Алевролит кирпично-красный, переслаивающийся с глиной коричневой, безызвестковистой.

**Скважина 2.** Альтитуда – 256 м.

0–8 м. Мергель белый, мелоподобный, с крупными аммонитами

8–12 м. Мергель серовато-белый, слабый, в подошве с гравием фосфоритов.

12–28 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, с гнездами и прослоями кварц-глауконитового песка и галькой фосфоритов.

28–63 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая.

63–66 м. Глина коричневатая-серая, битуминозная, с прослоем алевролита серого, битуминозного, известковистого, с аммонитами.

66–78 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с обломками перлдамутрового слоя аммонитов.

78–141 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с редкими линзами и прослоями зеленого глауконитового алеврита.

141–193 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с линзами алевролита серого, очень крепкого, известковистого, в подошве с гравием и галькой фосфоритов.

193–198 м. Алевролит коричневатая-серый, битуминозный, сланцеватый, с прослоями глины битуминозной, с обилием пирита и фаунистических остатков – аммонитов, пелеципод.

198–205 м. Глина серая, известковистая, с мелкими мергелистыми желвачками.

205–244 м. Глина светло-серая, мергелеподобная, ихнитовая.

244–245 м. Глина буровато-серая, оолитовая.

245–283 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, алевритистая, микрослоистая.

283–314 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, сильно алевритистая, микрослоистая, в подошве – песок кремово-белый (17 м), кварцевый с галькой кремнистых пород.

314–360 м. Алевролит кирпично-красный, переслаивающийся с мергелем голубовато-серым, доломитовым.

#### **Скважина 4.** Альтитуда – 195 м.

0–12 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с обломками перламутрового слоя аммонитов.

12–65 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с редкими линзами и прослоями зеленого глауконитового алеврита.

65–99 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, микрослоистая, с линзами алевролита серого, очень крепкого, известковистого, в подошве с гравием и галькой фосфоритов.

99–102 м. Глина коричневатая-серая, битуминозная, алевритистая, сланцеватая, с обилием пирита.

102–108 м. Глина серая, известковистая, с мелкими мергелистыми желвачками.

108–148 м. Глина светло-серая, мергелеподобная, ихнитовая.

148–149 м. Глина буровато-серая, оолитовая, с прослоем мергеля серого, оолитового, с обилием пелеципод и белемнитов.

149–176 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, алевритистая, микрослоистая.

176–198 м. Глина темно-серая, безызвестковистая, сильно алевритистая, микрослоистая, в подошве сильно песчанистая, гравелистая.

198–203 м. Известняк беловато-серый, крепкий с прослоями алевролита кирпично-красного.

**Задание 3.** Составить детальную стратиграфическую схему на основе расчленения скважин 1, 2 и 4 (по шаблону)

**Шаблон для построения стратиграфической схемы**

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Свита	Литологическая колонка (строится в масштабе по разрезам трех опорных скважин)	Мощность, м (от – до)	Литологическая характеристика стратонов (по разрезам трех опорных скважин)
---------	-------	------	----------	-------	--	--------------------------	---

Ф.И.О. \_\_\_\_\_  
 группа \_\_\_\_\_

**Задание 4.** 1) Выполнить послойное расчленение разреза. В колонке «Слои» провести границы слоев. 2) Проиндексировать зональные последовательности (см. белемнитовую). 3) В колонке «Зональные комплексы» перечислить (через запятую) индексы фаунистических зон для каждого слоя.

Индексы зон: белемнитовые – **В1**, кокколитовые – **С**, Брахиоподовые – **Вr**, фораминиферовые – **F**, аммонитовые – **A**.

Колонка	Ярус. подъярус	З о н ы					Слои	Зональные комплексы
		белемнитовые	кокколитовые	брахиоподовые	фораминиферовые	аммонитовые		
	Мастрихтский	Верхний	В	С	Вr	F V V V	A	
								Н
	В	С	Вr	F	A			
						Н	С	Вr
	Н	С	Вr	F	A			
						Н	С	Вr
	Н	С	Вr	F	A			
						Н	С	Вr
	Н	С	Вr	F	A			
						Н	С	Вr
Н	С	Вr	F	A				
					Н	С	Вr	F

## Задание 5

Фамилия И.О. \_\_\_\_\_ группа № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

На сайте Международной комиссии по стратиграфии [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org) в разделе **GSSP`s** откроется таблица «GSSP Table». Скачайте и/или распечатайте pdf-файл таблицы.

1. По этой таблице, определите, какое руководящее корреляционное событие (correlation event) должно использоваться при проведении ярусной границы сеномана, турона, синемюра, роуда.
2. С этого же сайта из раздела **Chart/Time Scale** скачайте pdf-файл последней версии (last version) Шкалы геологического времени. Определите, для каких каменноугольных, триасовых и юрских ярусов закреплены точки глобальных стратотипов границ и укажите физическую величину, положенную в основу установления этих ярусных границ.

### Вопросы для подготовки к контрольной работе

Характеристика литологических методов

Возможности и ограничения литостратиграфических методов для решения задач стратиграфии

Варианты проведения границ в переслаивающихся толщах

Метод оптической поляризационной спектроскопии. Метод электронной микроскопии

Рентгеновский фазовый анализ

Химический анализ и прецизионные методы в стратиграфии

Магнитостратиграфический метод

Использование данных ГИС в стратиграфии

Значение микрофаунистического анализа для стратиграфии

Основные положения хроностратиграфии

## Вопросы к зачету

1. Три основные группы методов стратиграфических исследований и их характеристика
2. Возможности и ограничения литостратиграфических методов для решения задач стратиграфии
3. Визуальные признаки: тип породы, цвет, структура, текстура, включения, диагенетические изменения, признаки цикличности (характеристика, примеры расчленения).
4. Варианты проведения границ в переслаивающихся толщах
5. Метод оптической поляризационной спектроскопии. Метод электронной микроскопии
6. Рентгеновский фазовый анализ
7. Химический анализ и прецизионные методы в стратиграфии
8. Магнитостратиграфический метод (сущность, составные части метода, ограничения, возможности и преимущества)
9. Использование палео- и петромагнитного методов при расчленении готерив-аптских отложений востока Русской плиты
10. ГИС (физическая и геологическая сущность, виды каротажа, задачи ГИС при бурении опорных и структурных скважин)
11. Области практического использования результатов микрофаунистического анализа
12. Оценка палеобатиметрии по данным микрофаунистического анализа
13. Модель батиметрического расселения фораминифер
14. Количественное распределение фораминифер по разрезу
15. Секвенс-стратиграфические построения по данным микрофаунистического анализа
16. Хроностратиграфия: определение, виды подразделений
17. Ярус и век. Отдел и эпоха. Система и период

18. Хронозона
19. Стратотипы границ как стандарты. «Золотой гвоздь»
20. Требования к стратотипам границ