

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

А. П. ГУСЕВ

БИО- и ЭКОСТРАТИГРАФИЯ

Практическое пособие

для студентов специальности
1- 51 01 01 «Геология и разведка месторождений
полезных ископаемых»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2018

УДК 551.7(076)
ББК 26.33я73
Г962

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук А. Н. Галкин,
кафедра геологии и географии учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Гусев, А. П.

Г962 Био- и экостратиграфия : практическое пособие /
А. П. Гусев ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. –
Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2018. – 40 с.
ISBN 978-985-577-413-7

Практическое пособие включает тематику занятий, пояснительный материал, задания и вопросы для самоконтроля. Рассмотрены методологическая основа биостратиграфии, понятия и термины биостратиграфии, роль биостратиграфии в создании глобальной шкалы геологического времени, используемые таксоны организмов, биостратиграфические подразделения, экостратиграфические методы и примеры их применения. Практические задания посвящены определению возраста горных пород, биостратиграфической и экостратиграфической корреляции.

Адресовано студентам специальности 1 - 51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

УДК 551.7(076)
ББК 26.33я73

ISBN 978-985-577-413-7 © Гусев А. П., 2018
© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет
имени Франциска Скорины», 2018

Оглавление

Предисловие.....	4
Тема 1. Теоретические основы биостратиграфии и экостратиграфии.....	6
Тема 2. Биостратиграфические подразделения	19
Тема 3. Экостратиграфия.....	26
Приложение А . Руководящие таксоны.....	38
Приложение Б. Экостратиграфическая корреляция на основе IPR-анализа.....	39
Литература.....	40

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Предисловие

Стратиграфия – наука о пространственно-временных взаимоотношениях геологических тел в земной коре. Со стратиграфией тесно связана геохронология – наука об исчислении и определении временной последовательности событий в истории Земли, наука о геологическом времени. Без стратиграфии практически все науки о Земле (историческая геология, тектоника, палеогеография, климатология и другие) лишаются хронологического каркаса со всеми вытекающими последствиями.

Стратиграфия занимается периодизацией геологической истории Земли (в том числе истории биосферы) в виде стратиграфических шкал и схем. Основная цель стратиграфии – восстановление первичной (исторической) пространственно-временной последовательности распространения слоев (геологических тел, стратонов) в земной коре.

Для достижения этой цели стратиграфия решает 3 задачи:

1) расчленение конкретного разреза на составные части (стратиграфические подразделения или стратоны) на основании различий вещественных, палеонтологических или хронологических данных;

2) стратиграфическая корреляция – сопоставление частных последовательностей стратонов в разобренных разрезах (построение стратиграфических схем) с последовательностями эталонных стратонов – шкалами;

3) выяснение положения выделенных стратиграфических подразделений в глобальной стратиграфической шкале (глобальной шкале геологического времени), т. е. датировка геологических событий.

Эти задачи могут решаться с помощью различных методов, использующих те или иные свойства горных пород – литологический состав, структуру, намагниченность, радиоактивность, содержание отдельных химических элементов, наличие ископаемых организмов и т. д. Среди многочисленных методов центральное место занимает биостратиграфия, которая решает задачи стратиграфии на основе использования палеонтологических признаков – остатков ископаемых организмов в горных породах (фоссилий).

Биостратиграфия опирается на изучение палеонтологических критериев в рамках одного из основных положений эволюционной теории – необратимости эволюции органического мира. Это обеспечивает главное преимущество этого метода перед другими стратиграфическими методами – необратимость (и неповторимость) эволюции живых организмов. Есть и другое преимущество – широкое пространственное распространение многих таксонов организмов и их

комплексов, что допускает географически обширную корреляцию разрезов разных отдаленных друг от друга областей. Биостратиграфия была и остается самым важным методом определения относительного возраста геологических тел.

Экостратиграфия использует комплекс признаков – палеонтологические признаки дополняются литологическими, структурными, геомагнитными и т. д. Экостратиграфия представляет собой дальнейшее развитие биостратиграфии, направленное на расширение возможностей последней и базирующееся на необратимости эволюции биосферы. Если в биостратиграфии используются таксоны организмов, то в экостратиграфии – палеосообщества и палеоэкосистемы. Сначала реконструируют палеоэкосистемы, а затем на основе выделенных палеоэкосистем расчленяют геологический разрез, выполняют корреляцию удаленных разрезов, осуществляют привязку к глобальной шкале.

Биостратиграфия является основным методом, на основе которого разработана схема фанерозоя Международной стратиграфической шкалы. В Международной стратиграфической шкале – около 100 ярусов, из которых более половины выделены с помощью биостратиграфического метода (все в мезозое и почти все в палеозое). Используются следующие группы ископаемых организмов: конодонты (17 границ, из них 1 в мезозое), граптолиты (13 границ – все в палеозое), аммоноидеи (10 границ – все в мезозое), фораминиферы (4 границы – по одной в палеозое и мезозое и 2 в кайнозое), трилобиты (3 границы в палеозое), известковый нанопланктон (2 границы в кайнозое), брахиоподы (1 граница в палеозое), двустворчатые моллюски (1 граница в мезозое).

Практическое руководство включает тематику занятий, пояснительный материал, задания и вопросы для самоконтроля по разделу «Био- и экостратиграфия» курса «Стратиграфия». Рассмотрены методологическая основа биостратиграфии, понятия и термины биостратиграфии, роль биостратиграфии в создании глобальной шкалы геологического времени, используемые таксоны организмов, биостратиграфические подразделения, экостратиграфический метод и примеры его применения. Адресовано студентам специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

Тема 1

Теоретические основы биостратиграфии и экостратиграфии

1.1 Закономерности биологической эволюции.

1.2 Принципы стратиграфии.

1.3 Таксоны, используемые в биостратиграфии.

1.4 Классификация и характеристика биостратиграфических методов.

1.1 Закономерности биологической эволюции

Теоретическая основа биостратиграфии и экостратиграфии – это учение о биологической эволюции, которая по существу есть выражение противоречия между безграничной способностью организмов к размножению и ограниченными запасами ресурсов планеты. При этом, биостратиграфия базируется на эволюции организмов (живого вещества), а экостратиграфия – на эволюции палеоэкосистем и биосферы в целом.

Наиболее существенные закономерности эволюции имеют общепланетарное значение и могут быть представлены следующими положениями:

– в ходе геологического времени происходит увеличение массы живого вещества (биомассы);

– эволюция имеет необратимый характер;

– в течение геологического времени происходило ускорение биологической эволюции;

– в течение геологического времени происходило увеличение разнообразия организмов;

– вымирание сопутствовало всему развитию жизни на Земле (с одной стороны, происходило постепенное вымирание старых форм и появление новых в ходе эволюции; с другой стороны, отмечаются периоды массовых вымираний, происходившие в относительно короткие периоды времени);

– проявление консервативности в эволюции (в составе современной флоры и фауны наблюдается некоторое число таксонов, имеющих весьма древнее происхождение – персистентных);

– в ходе эволюции наблюдается тенденция цефализации, которая выражается в развитии центральной нервной системы у животных (правило Д. Дана, 1851).

Биостратиграфический метод опирается на изучение палеонтологических остатков в рамках одного из основных положений эволюционной теории – необратимости биологической эволюции. Это обеспечивает главное преимущество этого метода перед другими – неповторимость эволюции живых организмов.

1.2 Принципы стратиграфии

В основе биостратиграфии лежит несколько положений или принципов.

Принцип актуализма (или принцип Ч. Лайеля) впервые четко сформулирован Ч. Лайелем в работе «Принципы геологии» (1830–1833), хотя подобные идеи высказывались еще в Древней Греции, а новое время – Н. Стеноном, Г. Фюкселем, Дж. Гёттоном, И. В. Гёте и многими другими учеными. «Силы, ныне действующие как на земной поверхности, так и под нею, могут быть тождественны по роду и степени с теми, которые в отдаленные эпохи производили изменения». Этот принцип широко используется во многих областях знаний, поскольку происходящие в настоящее время процессы и их результаты позволяют составить общее представление о характере и структуре событий и процессов, которые происходили в прошлом.

Принцип необратимости геологической и биологической эволюции был разработан Ч. Дарвином и отражен в его знаменитом труде «Происхождение видов», а также сформулирован Л. Долло в 1893 г.: «Организм не может вернуться даже частично к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков». Поэтому данный принцип можно называть **законом Дарвина-Долло**.

Частным случаем принципа Дарвина-Долло является **принцип палеонтологической сукцессии** (или принцип Сулави-Смита). Этот принцип практически впервые был применен В. Смитом, которой основывал на нем биостратиграфический метод. Однако еще раньше до него Ж. Сулави в 1779 г. эмпирически пришел к близким выводам. Дж. Энтони (1955) сформулировал принцип палеонтологической сукцессии следующим образом: ископаемые фауны и флоры следуют друг за другом в определенном порядке.

Принцип неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи (или принцип Дарвина-Лайеля). Как указывает К. В. Симаков (1997), автором данного принципа является Ч. Лайель. Ч. Дарвин развил идеи Ч. Лайеля о неполноте геологической летописи,

поэтому данный принцип следует называть принципом Лайеля-Дарвина. Неполнота геологической летописи имеет два аспекта:

Принцип неполноты стратиграфической летописи: значительная часть геологического времени не документирована соответствующими слоями и приходится на перерывы.

Принцип неполноты палеонтологической летописи: фоссилии (остатки организмов), заключенные в геологических слоях, представляют лишь незначительный процент организмов, населявших Землю в прошлые геологические эпохи.

Под палеонтологической летописью обычно понимают совокупность материальных документов об органическом мире прошлого, сохранившихся в осадочной оболочке Земли (Алексеев и др., 2001). Как оценить ее неполноту? Есть разные оценки. Так, А. С. Алексеев, В. Ю. Дмитриев, А. Г. Пономаренко (Эволюция таксономического разнообразия, 2001) утверждают, что науке сегодня известно около 1–2 % всех когда-либо существовавших видов. Учитывая известные соотношения между числом видов, родов и семейств, можно заключить, что наука располагает сведениями о 5–20 % вымерших родов и около 50 % семейств.

С. В. Мейен (1974, 1981) показал, что фундаментальными и независимыми можно считать лишь три принципа, которые в сумме необходимы и достаточны в качестве теоретической базы стратиграфии.

Первый принцип стратиграфии, на основе которого устанавливаются временные отношения, т.е. последовательность формирования комплексов горных пород в земной коре, называют **принципом Стенона**. Формулировка принципа Стенона (предложена С. В. Мейеном, 1974): временные отношения раньше/позже между геологическими телами определяются их первичными пространственными отношениями и (или) генетическими связями.

Принцип Стенона служит основой для перевода пространственных отношений геологических тел в отношения временной упорядоченности. С этим принципом в стратиграфию входит понятие времени (Мейен, 1981). Он же обеспечивает первую операцию стратиграфического исследования – расчленение любого геологического тела по разрезу и нередко выделение стратиграфического подразделения.

Принцип гомотаксальности (или принцип Гексли) – второй фундаментальный принцип стратиграфии. Под гомотаксисом Т. Гексли понимал идентичную (однопорядковую) последовательность комплексов фауны или флоры в различных разрезах, которые в этом случае являются гомотаксальными. С. В. Мейен предложил применять понятие гомотаксальности при сопоставлении разрезов не только

по палеонтологическим, но и по любым признакам или отражаемым ими событиям.

А. И. Жамойда предложил следующую формулировку рассматриваемого принципа: стратиграфическая корреляция конкретных разрезов, если непосредственное прослеживание невозможно, осуществляется сопоставлением гомотаксальных, т. е. идентичных, последовательностей признаков, в том числе следов обстановок и событий прошлого (Практическая стратиграфия, 1984).

В такой трактовке принцип Т. Гексли приобретает более широкий, чем просто биостратиграфический, характер и служит основанием для решения второй из основных задач стратиграфии – стратиграфической корреляции. С помощью этого принципа учитывается возможность неодинакового стратиграфического положения близких последовательностей биофоссилий в разных регионах и одновременно обосновывается коррелируемость отложений при получении доказательств стратиграфического значения какого-либо признака, характеризующего разрез. Он исключает формальное использование любого сходного признака (палеонтологического, литологического, геофизического, тектонического и др.) в качестве доказательства стратиграфической синхронности (Жамойда, 1984).

С помощью принципа Т. Гексли учитывается возможность одновременности существования идентичных или близких фаун и флор в различных участках планеты или региона и в то же время устанавливается синхронность отложений при получении доказательств стратиграфического значения какого-либо признака, наблюдаемого в разрезе. Учет этого принципа исключает механическое использование любого палеонтологического или иного признака для синхронизации разрезов и стратонтов. Данный принцип обеспечивает вторую операцию стратиграфического исследования – корреляцию разрезов или стратиграфических подразделений.

Частным случаем принципа Гексли является одно из фундаментальных положений биостратиграфии – принцип биостратиграфического расчленения и корреляции (принцип В. Смита). В наиболее общей форме этот принцип определен Д. Л. Степановым и М. С. Месяжниковым (1979, с. 59): отложения можно различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым организмам.

Дискуссии вызваны не очень четкой формулировкой самого В. Смита (1817): сходные слои содержат сходные ископаемые организмы. Соответственно, из нее не ясно, что же определяет сходство («слои» или «ископаемые организмы»)?

Третий фундаментальный принцип стратиграфии, предложенный С. В. Мейеном (1974), назван *принципом хронологической взаимозаменяемости признаков* (или событий). Он обобщает процедуру сопоставления разнофациальных и разнопровинциальных толщ.

Принцип хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков (или принцип Мейена): *хронологически тождественными или взаимозаменяемыми являются такие стратиграфические признаки, которые отражают следы одной и той же геосистемной перестройки*. При этом имеется в виду геосистема любого ранга от локальной до планетарной (Мейен, 1974, с. 34).

А. И. Жамойда дал определение данного принципа, более конкретно отражающее его значение и использование: *различное, частично перекрывающееся площадное распространение и комплексирование стратиграфических признаков обеспечивают их хронологическую взаимозаменяемость, являющуюся основой внутри- и межрегиональной, вплоть до планетарной, корреляции по серии признаков наибольшего веса* (Практическая стратиграфия, 1984).

Принцип С. В. Мейена является основой хроностратиграфической корреляции разнофациальных разрезов.

Комплексная характеристика стратиграфического подразделения (имеющего, как сказано выше, геосистемную природу) может проявляться по-разному в пределах географического распространения стратона. Это становится особенно очевидным, когда сопоставляются разнофациальные толщи или отложения разных биогеографических провинций. Только с помощью взаимозаменяемости различных групп фаун и флор, палеонтологических и литологических, литологических и геофизических и других сочетаний признаков можно сопоставлять образования любого генезиса и любых географических поясов на любом удалении, вплоть до глобального масштаба.

С. В. Мейен указывает: именно на хронологически взаимозаменяемые признаки мы опираемся в тех случаях, когда из нескольких гомотаксальных последовательностей, наблюдаемых в сопоставляемых разрезах, мы выбираем одну (по признакам наибольшего веса) и считаем ее «правильной» корреляцией (Мейен, 1981, с. 61).

В сущности, этот принцип применится при корреляции морских и континентальных отложений, при межрегиональной и межконтинентальной корреляции. Универсальность Международной стратиграфической шкалы (МСШ) и сопоставление с ней региональных схем или шкал основаны на принципе хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков.

1.3 Таксоны, используемые в биостратиграфии

Биостратиграфические исследования в конкретных разрезах начинаются с выявления в слоях горных пород остатков ископаемых организмов, относящихся к разным таксонам. В биостратиграфии принято различать несколько типов таксонов организмов:

- руководящие;
- характерные (контролирующие);
- исчезающие (доживающие);
- впервые появляющиеся;
- транзитные.

По количественному признаку среди них отмечаются доминирующие (массовые) и редкие таксоны.

Руководящие таксоны – это таксоны, которые присутствуют в данном стратиграфическом подразделении и не переходят в подстилающие и покрывающие отложения. Они обычно имеют узкий возрастной интервал и широкое географическое распространение. Однако в конкретном разрезе к руководящим таксонам могут быть отнесены и формы местного значения.

Теоретически руководящие таксоны должны соответствовать следующим требованиям:

- 1) быть широко распространенными (по возможности глобально);
- 2) быстро изменяться во времени (иметь высокий темп эволюции);
- 3) минимально зависеть от условий среды обитания (от фаций);
- 4) легко определяться.

К. Тейхерт (1958) предложил различать группы таксонов, важные для глобальных, региональных и местных корреляций (таблица 1).

Характерные (или контролирующие) таксоны включают те формы, которые появляются в подстилающих и исчезают в вышележащих отложениях, но встречаются в данных слоях или горизонте наиболее часто и в большом количестве.

Впервые появляющиеся таксоны – это таксоны, которые появляются в данном подразделении и переходят в вышележащие слои.

Исчезающие (или доживающие) таксоны переходят из нижележащих слоев в рассматриваемые слои, для которых они могут быть характерными.

Таксоны, имеющие большую амплитуду стратиграфического распространения, которые проходят через целый ряд слоев, называют **транзитными**.

Помимо этого, используются некоторые другие категории таксонов. Так, часто отмечаются **викарирующие формы** (в частном случае –

виды-заместители), которые сменяют друг друга по латерали – в разных фациях или на площади с переходом от одной провинции (или одного климатического пояса) к другой (другому).

Таксоны, которые распространены пространственно широко, относятся к *космополитным*. Крайним случаем среди них являются *убиквисты*, развитые практически «везде».

Таксоны с узким географическим распространением называются *эндемичными*. Иногда специально обозначают *анастрофические и консервативные таксоны*. Первые отличаются быстрым развитием с моментами – узлами быстрого расцвета (анастрофы). Вторые – медленной эволюцией без узловых моментов.

Таксоны, развитие которых характеризуется относительным постоянством, называют *персистентными*. В одних случаях отмечают *реликтовые формы*, а в других – *колониальные таксоны* (формы «молодого облика» среди древних слоев).

Таблица 1 – Стратиграфическое значение основных групп морских беспозвоночных

Подразделение	Группа организмов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кайнозой	Г	М	М	М	М	Г	М	-	-	-	М	-
Мел	Г	М	М	М	М	М	М	Г	Р	-	М	-
Юра	Р	М	М	М	М	М	М	Г	Р	-	М	-
Триас	Р	М	М	М	М	М	М	Г	М	-	М	-
Пермь	Р	М	М	М	М	М	М	Г	М	М	М	-
Карбон	Г	М	М	М	Р	М	М	Г	М	М	М	М
Девон	Р	М	Р	М	Р	М	М	Г	-	Р	М	М
Силур	Р	М	М	М	Р	М	М	-	-	М	М	Г
Ордовик	Р	М	М	М	М	М	Г	-	-	Р	М	Г
Кембрий	-	М	-	-	М	М	-	-	-	Г	-	-

Примечание – 1 – фораминиферы; 2 – губки; 3 – кораллы; 4 – мшанки; 5 – брахиоподы; 6 – гастроподы; 7 – наутилоидеи; 8 – аммониты; 9 – белемниты; 10 – трилобиты; 11 – морские лилии; 12 – граптолиты; Г – глобальный уровень; Р – региональный уровень; М – местный (локальный) уровень.

Кроме того, выделяются *рекуррентные формы* – они могут повторяться в разрезе несколько раз в связи с повторением в нем определенных фаций.

При анализе палеонтологических остатков изучается, естественно, прежде всего, систематический состав комплексов с выделением руководящих, характерных и прочих форм. Вместе с тем, обращается

специальное внимание на количественное соотношение тех или иных таксонов, что позволяет часто судить об особенностях древних сообществ и экосистем – прежде всего об их доминантах, преобладающих экологических группах и других характеристиках, сведения о которых бывают чрезвычайно важными для решения задач стратиграфии.

1.4 Классификация и характеристика биостратиграфических методов

Существует несколько биостратиграфических методов:

- 1) метод руководящих ископаемых (руководящих форм или таксонов);
- 2) метод комплексов палеофлоры и палеофауны;
- 3) эволюционный (филогенетический) метод;
- 4) палеоэкологический метод;
- 5) количественный метод корреляции.

Метод руководящих ископаемых был предложен В. Смитом. Научное обоснование получил в середине 19 века, когда Г. Бронн ввел понятие о руководящих формах и составил первый атлас руководящих форм беспозвоночных. Метод основан на принципе Смита (одновозрастные отложения имеют схожую ископаемую биоту). Сущность метода состоит в том, что из всего числа обнаруженных в данном слое ископаемых остатков организмов учитывают только руководящие таксоны.

При этом руководящие таксоны можно использовать по-разному – рисунок 1.

Метод комплексов палеофауны и палеофлоры основан на использовании всего имеющегося палеонтологического материала. Определение возраста пород и корреляция геологических разрезов основаны на анализе фаунистических и флористических комплексов (т. е. всей совокупности ископаемой флоры и фауны слоя). Называют комплекс по типичному таксону (таксон–индекс), и устойчивость комплекса проверяется на нескольких разрезах.

Этот метод широко распространен и является основным биостратиграфическим методом на региональном и крупномасштабном уровнях исследований. Часто служит основой для выделения и полной палеонтологической характеристики биостратиграфических зон. Основной недостаток этого метода – трудоемкость.

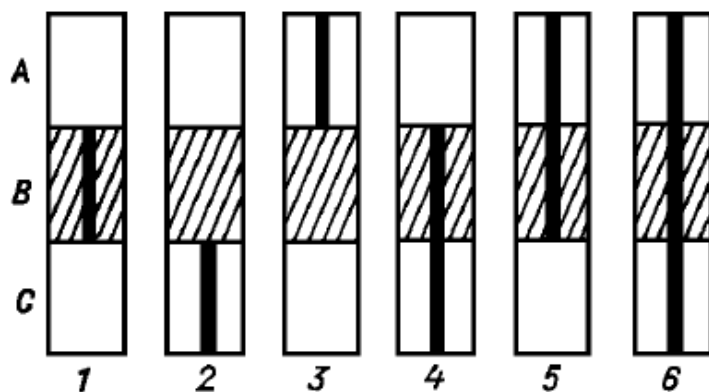


Рисунок 1 – Возможные положения руководящих таксонов относительно слоя В

Эволюционный (филогенетический) метод – заключается в выяснении последовательности смены родственных организмов во времени на основании эволюционного развития. Для его применения выясняется филогенез конкретной родственной группы, т. е. устанавливается, когда появились данные организмы, сколько времени они существовали, какими были их предки, кто их потомки, как они развивались. Выявленные родственные связи изображаются в виде схемы филогенетических взаимоотношений. После разработки какой-либо группы организмов осуществляется расчленение разреза по уровню развития заключенных в них форм (рисунок 2).

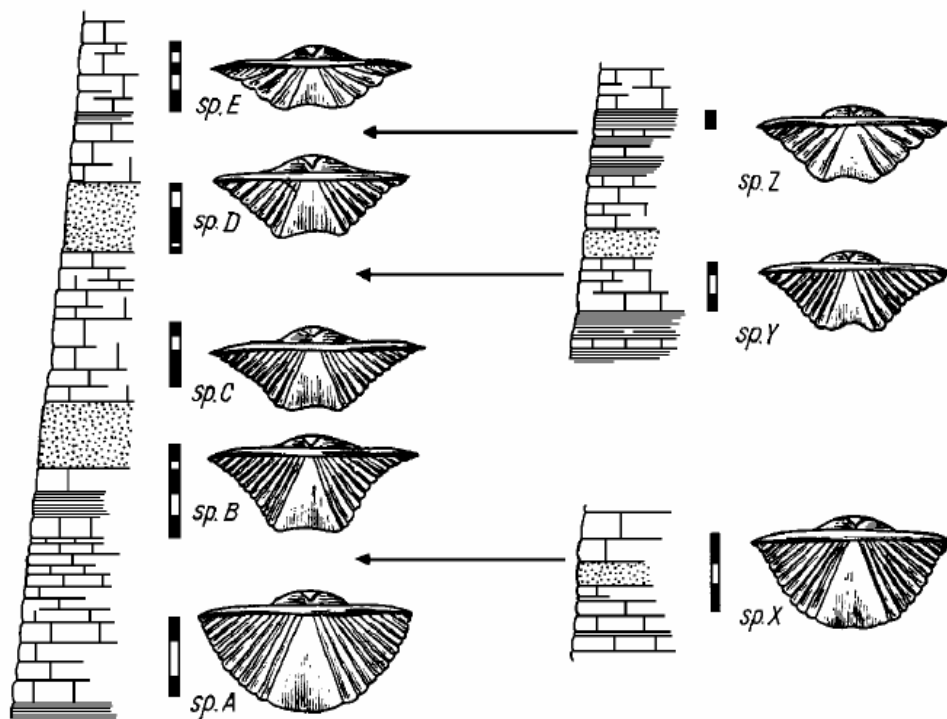


Рисунок 2 – Пример использования эволюционного метода

Палеоэкологический метод основан на зависимости биоккомплексов от физико-географических условий (связь организм – среда). Дополняет и корректирует другие методы. Имеет большое значение при крупномасштабных исследованиях. Недостаток: ограничен территорией определенной фациальной зоны, за пределами которой выявленные соотношения могут принципиально меняться. На основе этого метода развилось целое направление – экостратиграфия.

Количественные методы биостратиграфической корреляции основаны на применении математического аппарата при анализе палеонтологического материала. Так, еще Ч. Лайельм на основе процентного содержания современных моллюсков выделил эоцен, миоцен, плиоцен. Используется процентно-статистический метод, основанный на подсчете процентной доли таксонов (руководящих, транзитных, контролирующих и т. д.), занимающих разное стратиграфическое положение в определенном стратиграфическом интервале. Относительно широко применяется сравнение фаунистических или флористических комплексов с помощью коэффициентов сходства (Серенсена, Жаккара и др.). Область использования метода – стратиграфическое расчленение разреза, корреляция на региональном и локальном уровнях.

Недостатком биостратиграфических методов в целом является то, что они не работают в случае магматических пород. Магматические породы не содержат органические остатки, поэтому их возраст может определяться только косвенным путем исходя из взаимодействия с осадочными породами. Чаще всего возраст слоистых вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород определяется по возрасту подстилающих и перекрывающих осадочных пород с органическими остатками.

Для интрузивных пород можно установить только нижний предел их возраста – по возрасту вмещающих осадочных пород; или интервал – между возрастом прорываемых пород и возрастом перекрывающих интрузию пород.

При применении биостратиграфических методов встречаются определенные сложности: 1) эндемизм, свойственный многим таксонам, что препятствует корреляциям разрезов разных районов; 2) наличие реликтовых и консервативных форм; 3) реккурентия (повторение сообществ, обусловленное повторением определенных фаций в разрезе); 4) определение возраста отдельных слоев может натолкнуться на трудности, связанные с наличием в этих слоях перетолженных ископаемых (например, наличие в мезозойских отложениях остатков палеозойских организмов). В каждом конкретном случае анализ палеонтологического материала подразумевает всестороннюю расшифровку и интерпретацию.

Задания

1 Определение возраста горных пород по руководящим таксонам:

1.1 В известняковой породе обнаружены остатки аммонита *Pachydiscus neubergicus*. Определите возраст породы.

1.2 В известняковой породе обнаружены остатки белемнита *Belemnella lanceolata*. Определите возраст породы.

1.3 В слое мергеля обнаружены остатки фораминифер *Rotalipora globotruncanoides*. Определите возраст породы.

2 Определение возраста горных пород по руководящим таксонам:

2.1 В подошве слоя обнаружены остатки аммонита *Acanthodiscus*, в кровле – *Watinoceras devonense*. Укажите время образования слоя.

2.2 В подошве слоя обнаружены остатки аммонита *Watinoceras devonense*, в кровле – *Pachydiscus neubergicus*. Укажите время образования слоя.

2.3 В слое известняка обнаружены остатки аммонитов *Leioceras opalinum* и *Leioceras lineatum*. Определите возраст породы.

2.4 В слое карбонатных пород обнаружены остатки аммонита *Apoderoceras*. Определите возраст породы.

2.5 В слое карбонатных пород обнаружены остатки конодонта *Declinognathodus noduliferus*. Определите возраст породы.

3 Определение возраста горных пород по руководящим таксонам:

3.1 В слое карбонатных пород обнаружены остатки конодонта *Lochriea zieglerei*. Определите возраст породы.

3.2 В слое карбонатных пород обнаружены остатки конодонта *Polygnathus costatus partitus*. Определите возраст породы.

3.3 В слое карбонатных пород обнаружены остатки конодонта *Iapetognathus fluctivagus*. Определите возраст породы.

3.4 В слое карбонатных пород обнаружены остатки граптолита *Cyrtograptus lundgreni*. Определите возраст породы.

3.5 В слое карбонатных пород обнаружены остатки граптолита *Monograptus parultimus*. Определите возраст породы.

4 Определение возраста горных пород по руководящим таксонам:

4.1 В слое карбонатных пород обнаружены остатки граптолита *Monograptus uniformis*. Определите возраст породы.

4.2 В слое карбонатных пород обнаружены остатки граптолита *Nemagraptus gracilis*. Определите возраст породы.

4.3 В слое карбонатных пород обнаружены остатки трилобита *Glyptagnostus reticulatus*. Определите возраст породы.

4.4 В слое карбонатных пород обнаружены остатки трилобита *Ptychagnostus atavus*. Определите возраст породы.

4.5 В слое карбонатных пород обнаружены остатки трилобита. Определите примерный возраст породы.

5 Используя Приложение А и метод руководящих таксонов, определите возраст слоев (до периода) в следующем геологическом разрезе 1:

1-й слой – песок желтый, 5 м;

2-й слой – торф среднеразложенный (*Pinus, Picea, Betula, Salix, Carex*), 5 м;

3-й слой – суглинок красно-коричневый с гравием и галькой, 20 м;

4-й слой – бурый уголь с прослоями алевритов (пыльца *Nissa, Taxodium*), 50 м;

5-й слой – песок темно-зеленый, глинистый, кварц-глауконитовый (пыльца *Pinus, Podocarpus*), 30 м;

6-й слой – алеврит темно-зеленый (пыльца *Pinus, Engelhardia, Myrica, Platycarya*), 20 м;

7-й слой – мергели и известняки мелоподобные (остатки *Inoceramus labiatus, Inoceramus apicalis, Gavelinella ammonoides*), 50 м;

8-й слой – известняки, мергели (остатки *Arcestes gaytani, Dawsonites canadensis*), 30 м;

9-й слой – мергели (*Monoclimacis ultimus*), 10 м.

6 Используя Приложение А, определите возраст слоев (до периода) в следующем геологическом разрезе 2:

1-й слой – песчаники разнотернистые косослоистые с примесью гальки, прослойки алевролитов с остатками наземных растений (*Pinus, Betula, Tilia, Quercus*), мощность 5 м;

2-й слой – суглинки с галькой, валуны. Мощность 10 м;

3-й слой – известняки (остатки *Inoceramus involutus*) и алевролиты с кораллами. Мощность 90 м;

4-й слой – аргиллиты с прослоями песчаников и известняков. Содержат зерна шамозита и остатки морских беспозвоночных (*Requienia ammonia*). Мощность 20 м;

5-й слой – песчаники с прослоями каменного угля (*Nilssonina orientalis, Nilssonina acuminata, Czekanowskia setacea*). Мощность 30 м;

6-й слой – известняки (остатки *Cardioceras cordatum, Cardioceras alternans*) с маломощными прослоями глин. Мощность 100 м;

7-й слой – аргиллиты с прослоями коралловых известняков (остатки моллюсков *Monotis ochotica, Halobia neumayri*). Мощность 20 м;

8-й слой – каменная соль, гипсы и ангидриты с прослоями мергелей и аргиллитов. Мощность 130 м;

9 слой – темные песчаники и аргиллиты со скоплениями углефицированных остатков наземных растений (*Walchia piniformis*, *Callipteris conferta*). Мощность 25 м.

7 Используя приложение А, определите возраст слоев (до периода) в следующем геологическом разрезе 3:

1-й слой – торф среднеразложенный (*Pinus*, *Alnus*, *Salix*, *Carex*), 5 м;

2-й слой – суглинок красно-коричневый с гравием и галькой, 30 м;

3-й слой – глины пестроцветные (пыльца *Pinus*, *Tsuga*, *Castanea*), 10 м;

4-й слой – бурый уголь с прослоями алевритов (пыльца *Nissa*, *Taxodium*), 100 м;

5-й слой – песок пылеватый, зеленоватый, глауконитовый (пыльца *Pinus*, *Myrica*), 20 м;

6-й слой – мел глинистый (остатки *Belemnitella praecursor*), 50 м;

7-й слой – известняки (остатки *Cardioceras cordatum*, *Cardioceras alternans*), 50 м;

8-й слой – известняки мергелистые (остатки *Paragastrioceras jossae*, *Artinskia artiensis*, *Medlicottia orbignyana*), 30 м;

9-й слой – известняки глинистые (*Monograptus formosus*), 50 м;

10-й слой – песчаники с прослоями глин (*Paracrocephalites robustus*, *Acrocephalites militans*), 30 м;

11-й слой – песчаники и алевролиты (остатки *Paradoxides bohemicus*, *Ellipsocephalus hoffi*), 10 м.

8 Проведите биостратиграфическую корреляцию между разрезами 1, 2 и 3.

9 В районе г. Барановичи вскрыт разрез: под моренной (суглинки с гравием и галькой) залегают супесчано-глинистые озерные отложения с прослоями торфа, в которых обнаружена пыльца *Pinus*, *Quercus*, *Betula*, *Tsuga*, *Fagus*, *Taxus*, *Sequoia*. Определите вероятный возраст нижнего слоя.

10 В районе г. Речицы вскрыт разрез: под моренной (суглинки с гравием и галькой) залегают супесчано-глинистые озерные отложения с прослоями гиттии, в которых обнаружена пыльца *Pinus*, *Quercus*, *Betula*, *Tsuga*, *Fagus*, *Taxus*, *Nyssa*, *Rhus*, *Taxodium*. Определите вероятный возраст нижнего слоя.

11 В районе г. Бобруйска вскрыт разрез: под моренной (суглинки с гравием и галькой) залегают супесчано-глинистые озерные отложения с прослоями торфа, в которых обнаружена пыльца *Pinus*, *Quercus*,

Betula, Picea, Ulmus, Tilia. Определите вероятный возраст нижнего слоя.

12 В районе г. Жлобина вскрыт разрез: под моренной (суглинки с гравием и галькой) залегают супесчано-глинистые озерные отложения с прослоями торфа, в которых обнаружена пыльца *Pinus, Quercus, Betula, Picea, Ulmus, Tilia*. Ниже залегают известняки с *Belemnella*. Определите вероятный возраст двух нижних слоев.

Вопросы для самоконтроля

- 1 На каких принципах основана стратиграфия в целом и биостратиграфия в частности?
- 2 В чем состоит принцип неполноты геологической летописи?
- 3 В чем состоит принцип необратимости эволюции?
- 4 Суть биостратиграфического метода?
- 5 Какие таксоны используют в биостратиграфии?
- 6 Какие различают разновидности биостратиграфического метода?
- 7 Какие недостатки и ограничения имеет биостратиграфический метод?
- 8 Что такое руководящие формы (таксоны)?
- 9 Что такое характерные формы (таксоны)?
- 10 На чем основан филогенетический метод биостратиграфии?

Тема 2

Биостратиграфические подразделения

- 2.1 Биостратиграфическая зона (биозона).
- 2.2 Типы биозон по Стратиграфическому кодексу России.
- 2.3 Типы биозон по Международному стратиграфическому справочнику.

2.1 Биостратиграфическая зона (биозона)

В Международном стратиграфическом справочнике (Международный стратиграфический справочник: сокращенная версия, 2002) указано: **биостратиграфические подразделения (биозоны)** – это совокупности пород, которые определяются и характеризуются по содержащимся в них ископаемым.

Биостратиграфические подразделения выделяются только в границах присутствия отдельного диагностического признака или свойства, по которому они установлены. Поэтому биостратиграфические подразделения являются объективными подразделениями, основанными на идентификации ископаемых таксонов. Их распознавание зависит от идентификации определяющих или характеризующих признаков. В случае получения дополнительной информации, объем биостратиграфических подразделений может быть расширен как по мощности, так и по географической протяженности, а их характерные признаки могут быть дополнены. Кроме того, поскольку они зависят от данных по выделению таксонов, изменения таксономической основы могут увеличить или сократить объем пород, включенных в определенное биостратиграфическое подразделение.

Основной единицей биостратиграфических подразделений является **биостратиграфическая зона**, которая может подразделяться на подзоны, составляющие в сумме полный стратиграфический объем зоны. Вспомогательными биостратиграфическими подразделениями являются слои с фауной (флорой) и датированные уровни.

Биостратиграфическая зона (биозона) – общий термин для любого типа биостратиграфического подразделения, независимо от его мощности или географической протяженности. Объем биозон может сильно варьировать по мощности, географической протяженности и представляемому временному интервалу.

Зональные комплексы смежных по разрезу биостратиграфических зон, как правило, должны отвечать требованиям смыкаемости и (или) преемственности в составе палеонтологических таксонов или отражать смену экологических условий. Смыкаемость смежных зон – это отсутствие разрывов в зональной последовательности, т. е. отсутствие стратиграфического интервала, который не охарактеризован данной группой организмов, и отсутствие перерыва в осадконакоплении. Преемственность смежных зон может наблюдаться при доказанном наличии непрерывной последовательности филозон в непрерывном разрезе.

Географическое распространение биостратиграфической зоны ограничено распространением зонального комплекса остатков организмов.

А. И. Жамойда (1988) предложил критерии, по которым слой, содержащий биофоссилии, можно назвать биостратиграфической зоной:

1) палеонтологический критерий определяет содержание стратона, разделяя его на несколько групп: на филогенетической основе; по комплексу остатков; на экостратиграфической основе (экозона);

2) стратиграфический критерий отражает этапность развития биоты; границы зон должны смыкаться, указывая на смену филогенеза или экологии;

3) географический критерий определяет категорию и ранг зоны как местных зон (провинциальных зон), зон Международной (общей) стратиграфической шкалы;

4) степень конкретности уточняет предыдущий критерий; местная зона определяется наличием конкретного зонального комплекса. провинциальная зона менее конкретна, т. к. объединяет местные зоны по общим таксонам; зона Международной (общей) стратиграфической шкалы еще менее конкретна – объединяет локальные комплексы по таксонам планетарного распространения;

5) процедурный критерий требует выполнения определенных правил описания, названия, утверждения и т. д.

2.2 Типы биозон по Стратиграфическому кодексу России

Согласно Стратиграфическому кодексу России (Стратиграфический кодекс России, 2006.) биостратиграфические зоны по палеонтологическому и стратиграфическому критериям различаются по видам, из которых наиболее употребительными являются:

а) **зона распространения таксона (биозона)** – совокупность слоев, охватывающих полный стратиграфический интервал распространения какого-либо палеонтологического таксона, чаще вида. Биозона, соответствующая полному стратиграфическому распространению рода, называется генозоной;

б) **зона совместного распространения** – слои, отвечающие совпадающим частям интервалов стратиграфического распространения двух выбранных таксонов, биозоны которых могут быть различны;

в) **филозона** – слои, в которых распространен таксон (таксоны), представляющий собой отрезок конкретной филогенетической линии или тенденции (тренда) развития этой линии, ограниченной снизу и сверху по разрезу изменениями в характере развития;

г) **интервал-зона** – слои, заключенные между первым появлением какого-либо характерного таксона (обычно вида-индекса) данной зоны и первым появлением характерного таксона (обычно вида-индекса) вышележащей зоны. В пределах непрерывной последовательности интервал-зоны могут выделяться и как слои, заключенные между уровнями исчезновения характерного таксона подстилающей зоны и характерного таксона рассматриваемой зоны;

д) **акмезона (эпибола)** – слои, в которых какой-либо таксон достигает максимума частоты встречаемости;

е) **комплексная зона** – совокупность слоев, охарактеризованных комплексом древних организмов из трех или более таксонов, отличным от комплексов подстилающих и перекрывающих слоев. В составе комплекса могут быть остатки организмов, принадлежащие к разным группам одного таксономического ранга или к разным рангам;

ж) **экозона** – разновидность комплексной зоны, слои, в которых комплекс остатков организмов отражает их прижизненную экологическую ассоциацию или тафономические особенности ориктоценоза. В характеристике экозонального комплекса желательно отражать количественные соотношения таксонов.

2.3. Типы биозон по Международному стратиграфическому справочнику

В Международном стратиграфическом справочнике (Международный стратиграфический справочник: сокращенная версия, 2002) указывается, что обычно используется пять типов биозон: зоны распространения, интервал-зоны, комплексные зоны, зоны обилия и зоны родословной. Эти типы биозон не составляют иерархии и не основаны на взаимно исключающих критериях. Поэтому отдельный стратиграфический интервал может быть разделен на зоны распространения, интервал-зоны и т. д. в зависимости от выбранных биостратиграфических признаков.

1 Зона распространения (Range Zone) – совокупность слоев, отражающих установленное стратиграфическое и географическое распространение определенного таксона или комбинации двух таксонов любого ранга (рисунок 3). Существует два основных типа зон распространения: зоны распространения таксона и зоны совместного распространения.

1.1 Зона распространения таксона (Taxonrange Zone) – совокупность слоев, соответствующих установленному стратиграфическому и географическому распространению находок определенного таксона. Она суммирует выявленные местонахождения во всех отдельных разрезах и местах, где был идентифицирован определенный таксон.

Границами зоны распространения таксона являются биогоризонты, маркирующие крайние пределы нахождения в каждом местном разрезе экземпляров таксона, диапазон распространения которого определяет данную зону. Границами зоны распространения таксона в каком-либо

отдельном разрезе являются самый низкий и самый высокий стратиграфические уровни нахождения данного таксона в этом разрезе.

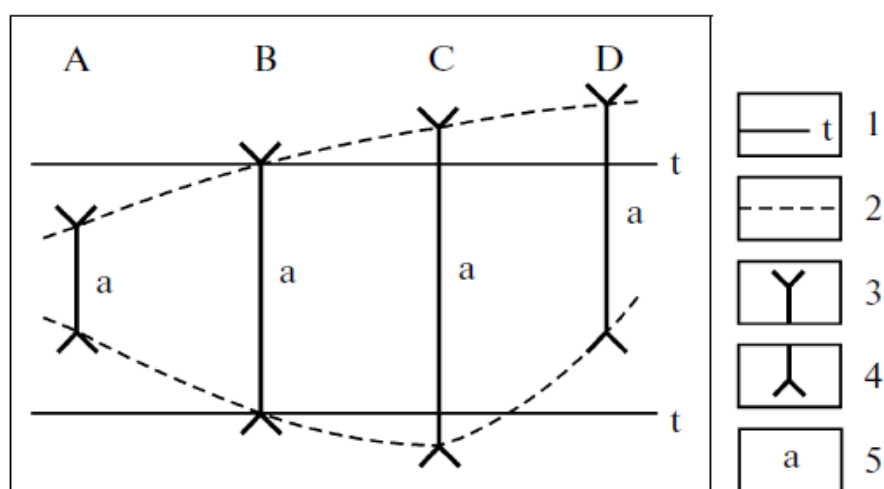
Зона распространения таксона получает название по тому таксону, стратиграфическое распространение которого она выражает.

Локальное распространение таксона может быть установлено в каком-либо локальном разрезе, области или регионе, насколько позволяют условия.

1.2 Зона совместного распространения (Concurrent-range Zone) – совокупность слоев, включающих перекрывающиеся части зон распространения двух выбранных таксонов. Этот тип зоны может содержать дополнительные таксоны как характерные элементы зоны, но только два выбранных таксона используются для определения границ зоны.

Границы зоны совместного распространения определяются в любом конкретном стратиграфическом разрезе по самому нижнему нахождению таксона более высокого вертикального распространения из двух определяющих таксонов и по самому верхнему нахождению таксона более низкого вертикального распространения.

Зона совместного распространения получает название по обоим таксонам, совместное нахождение которых определяет и характеризует зону.



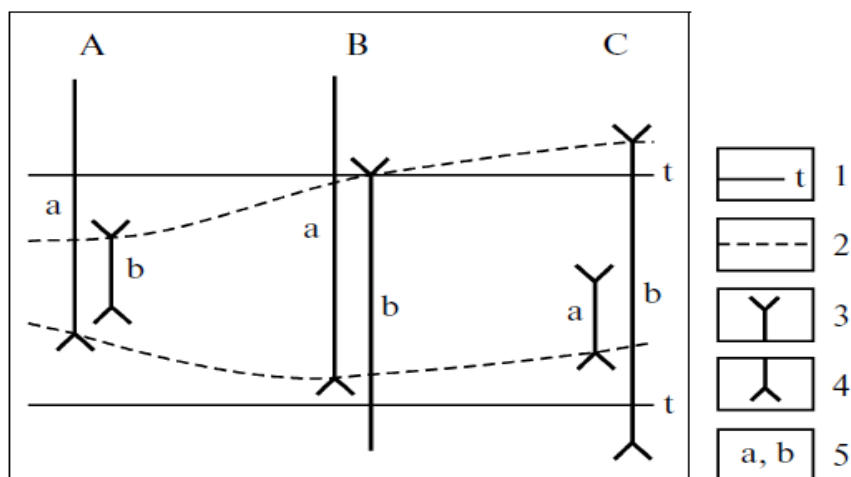
А-Д – стратиграфические разрезы; 1 – временная поверхность; 2 – граница зоны распространения таксона; 3 – самое высокое положение таксона в разрезе; 4 – самое низкое положение таксона в разрезе; 5 – таксон.

Рисунок 3 – Зона распространения таксона

2 Интервал-зона (Interval Zone) – совокупность слоев, содержащих ископаемые, между двумя установленными биогоризонтами (рисунок 4). Такая зона сама по себе не является зоной распространения таксона или зоной совместного распространения; она определяется

и распознается только на основе ограничивающих биогоризнтов. При стратиграфическом исследовании пород, не выходящих на поверхность, где при бурении разрез составлен от кровли до основания и его палеонтологическая идентификация осуществляется по кернам (по буровым срезам), часто загрязненным перемешиванием ранее пробуренных пород и материалом, обрушившимся со стен скважины, интервал-зоны являются особенно полезными и определяются как стратиграфический разрез между самыми высокими находками (first occurrence downward) двух выбранных таксонов. Этот тип интервал-зоны назван «зоной исчезновения», но его предпочтительней называть «зоной самого высокого нахождения».

Интервал-зоны, определенные как стратиграфический разрез между самыми нижними находками двух выбранных таксонов («зона самого нижнего нахождения») также очень полезны, особенно при работе на поверхностных объектах. Границы интервала определяются местонахождением биогоризнтов, выбранных для его определения.



A-C – стратиграфические разрезы; 1 – временная поверхность;
 2 – граница интервал-зоны; 3 – самое высокое положение таксона
 в конкретном разрезе; 4 – самое низкое положение таксона в конкретном
 разрезе; 5 – таксоны

Рисунок 4 – Интервал-зона

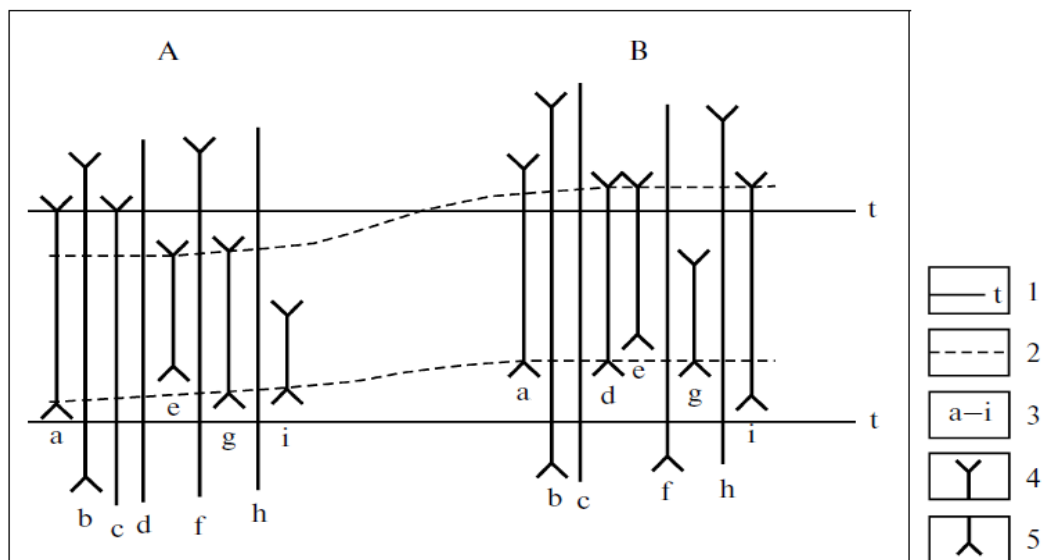
3 Зона родословной (Lineage Zone) (в русской литературе филозона) рассматривается как отдельная категория, потому что для их определения и выделения требуется не только идентификация особенных таксонов, но и гарантия того, что выбранные таксоны представляют собой последовательные отрезки эволюционной линии.

Совокупность слоев содержит ископаемые, которые представляют собой специфические отрезки эволюционной линии. Слои могут

соответствовать полному диапазону распространения таксона внутри родословной линии или только части этого диапазона до появления последующего таксона.

Границы зон родословной близки к границам хроностратиграфических подразделений. Однако зона родословной отличается от хроностратиграфического подразделения тем, что, как и все биостратиграфические подразделения, она ограничена реальным пространственным распространением ископаемых. Зоны родословных дают наибольшую уверенность в реальности временной корреляции на биостратиграфической основе. Границы зоны родословной определяются биогоризонтами, соответствующими самому раннему появлению последовательных элементов изучаемой эволюционной линии.

4 Комплексная зона (Assemblage Zone) – совокупность слоев, охарактеризованных комплексом из трех или более ископаемых таксонов, которые, взятые вместе, отличают ее по биостратиграфическому характеру от соседних слоев (рисунок 5). Границы комплексной зоны очерчиваются биогоризонтами, отмечающими пределы распространения специфического комплекса, характерного для данного подразделения. В слоях, которые могут относиться к комплексной зоне, не обязательно должны присутствовать все члены комплекса, а распространение любого из его компонентов может выходить за границы зоны.



А, В – стратиграфические разрезы; 1 – временная поверхность; 2 – граница комплексной зоны; 3 – таксоны; 4 – самое высокое положение таксона; 5 – самое низкое положение таксона

Рисунок 5 – Комплексная зона

5 Зона обилия (Abundance Zone) – совокупность слоев, в которых встречается определенный таксона или группы таксонов

значительно выше, чем в соседних частях разреза. Необычное обилие экземпляров таксона или таксонов в стратиграфической летописи может быть результатом ряда локальных процессов, но может повторяться в других местах и в другие времена. По этой причине единственным надежным способом выделения зоны обилия является ее трассирование по латерали. Границы зоны обилия определяются биогоризонтами, на которых происходят заметные изменения обилия конкретного таксона или таксонов, характеризующих зону.

Биостратиграфические подразделения прослеживаются за пределы районов, где они были определены, или их опорных разрезов путем **биостратиграфической корреляции**, которая представляет собой установление соответствия в биостратиграфическом характере и положении географически разобщенных разрезов или обнажений на основе содержащихся в них ископаемых.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое биостратиграфическая зона?
- 2 Критерии биостратиграфической зоны.
- 3 Классификация биостратиграфических зон по Международному стратиграфическому справочнику.
- 4 Классификация биостратиграфических зон по Стратиграфическому кодексу России.
- 5 Что такое зона распространения таксона?
- 6 Что такое интервал-зона?
- 7 Что такое зона родословной?
- 8 Что такое комплексная зона?

Тема 3

Экостратиграфия

- 3.1 Термины и понятия, используемые в экостратиграфии.
- 3.2 Экостратиграфические методы.

3.1 Термины и понятия, используемые в экостратиграфии

Палеоэкология – это наука, изучающая взаимодействие живых организмов с окружающей их средой в геологическом прошлом. Эти

взаимодействия изучаются на различных уровнях иерархии: от отдельных особей до биосферы в целом. В отличие от экологии, палеоэкология исследует горные породы, извлекая из них информацию об ископаемых организмах, сообществах и экосистемах. То есть палеоэкология имеет дело не непосредственно с наблюдаемыми объектами, а с реконструкцией давно исчезнувших. В связи с этим важную роль играет наука, без которой такая реконструкция просто не возможна, – тафономия.

Тафономия (учение о фоссилизации) – учение о захоронении остатков организмов, закономерностях перехода органических остатков из биосферы в литосферу (метабиосферу) в результате воздействия совокупности геологических и биологических процессов, является переходной наукой между биологией и геологией.

Если в экологии биоценоз (экосистему) можно наблюдать, описывать, измерять и т. д., то в палеоэкологии палеобиоценоз (палеоэкосистему) сначала нужно «вычленивать» из всего комплекса остатков, захороненных в горных породах.

Различают:

Ориктоценоз – весь комплекс фоссилий в данном слое. В ориктоценоз входят как остатки бывшего сообщества (экосистемы), так и привнесенные с других мест, из других слоев.

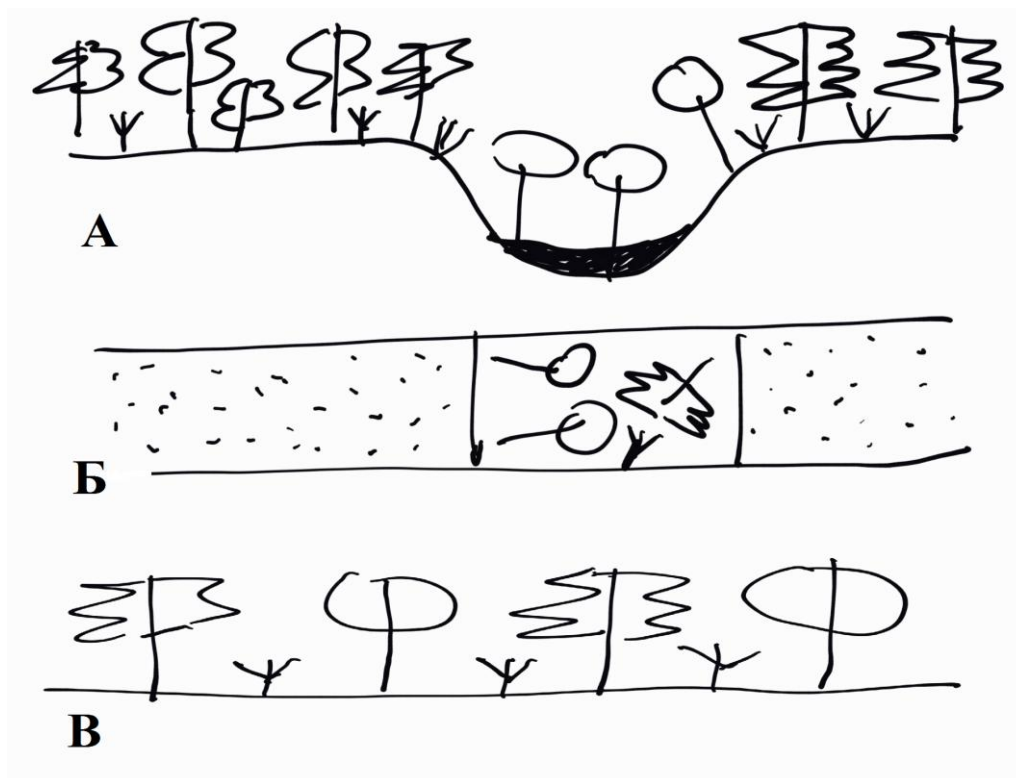
Палеотанатоценоз – скопление остатков организмов, захороненных совместно.

Палеосообщество (палеобиоценоз) – это биота, которая существовала на данном месте в данном временном отрезке.

Палеоэкосистема – это биота + местобитания, которые были на данном месте в данном временном отрезке геологического прошлого.

При этом следует всегда помнить, что палеоэкосистема – это реконструированная экосистема, которая по причине неполноты геологической летописи, будет отличаться от исходной. В качестве примера – рисунок 6. В верхней части (А) – исходные экосистемы, представляющие плакорные (возвышенные участки) и болотные (понижение) леса. Через миллионы лет от этих экосистем остается, например, только залежи бурого угля. В обнаруженном ориктоценозе (Б), с большой долей вероятности, будут представлены только виды, которые росли на болоте или рядом с болотом. Реконструированная палеоэкосистема (В) будет существенно упрощена по сравнению с исходной.

Палеосообщество (палеоэкосистема) – это результат интерпретации ориктоценоза. Любой ориктоценоз содержит: а) информацию о сообществе в бассейне осадконакопления; б) информацию о сообществах в окружающем ландшафте; в) «шум».



А – исходные экосистемы; Б – ориктоценоз;
В – палеоэкосистема (реконструированная экосистема)

Рисунок 6 – Палеоэкосистемная реконструкция

В этой связи для изучения палеосообществ важно следующее:

- седиментологические и тафономические условия;
- особенности методики опробования и определения таксономической принадлежности фоссилей;
- пространственный охват опробований: в разрезе и по географии, представительность выборки;
- изохронность проб и способы ее определения.

Для любого ориктоценоза важно:

- а) насколько и как геологическое время сжато в палеоэкологических данных?
- б) какое экологическое пространство захватывает отдельная проба или набор проб?

Так, В. А. Красилов (1972) указывает принципы реконструкции палеорастительности:

- 1) тафоценозы имеют структуру, определяемую количественным участием видов и повторяющуюся от захоронения к захоронению;
- 2) сравнение с современной растительностью подтверждает наличие связи между структурой тафоценозов и исходной растительности;
- 3) растительность прошлого отражена в тафоценозах неточно, со значительными потерями и искажением информации;

4) седиментологические признаки, остатки гетеротрофных организмов дают дополнительную информацию о структуре растительности;

5) структура тафоценоза отражает прямой и косвенный фациальный контроль.

Палеосукцессия – последовательность смен тафоценозов (или ориктоценозов – комплексов ископаемых остатков) в геологическом разрезе (Красилов, 1972). Она может быть связана с условиями захоронения (тафогенная палеосукцессия) или с действительным изменением фитоценозов (ценогенная палеосукцессия).

Но не все согласны с В. А. Красиловым, считая, что палеосукцессия – последовательная смена палеобиоценозов (палеосообществ) во времени на определенном участке суши или дна бассейна (<http://www.paleos.ru/word/14511/>). Термин «сукцессия» распространяется только на ценогенную сукцессию.

Подход В. А. Красилова все же кажется предпочтительным: палеоэколог имеет дело с последовательным расположением в разрезе комплексов остатков организмов (ориктоценозов), т. е. палеонтологической летописью, которую нужно расшифровать.

В. В. Жерихин (2004) отмечает, что как ориктоценоз далеко не обязательно соответствует какому-либо реальному сообществу, так и палеосукцессия лишь иногда отражает реальную сукцессию растительных сообществ.

Тафогенная палеосукцессия – это «мнимая» сукцессия (псевдосукцессия), так как представляет собой смену не палеосообществ, а комплекса условий захоронения, влияющих на представленность в ориктоценозе тех или иных таксонов.

Временной масштаб формирования тафоценоза может колебаться в значительных пределах – от почти мгновенного катастрофического захоронения до ультрамедленного накопления осадков в морской среде (тысячи лет).

Продолжительность существования растительных сообществ, представляющих стадии сукцессии, тоже может колебаться в широких пределах: от нескольких месяцев до сотен и даже тысяч лет.

Палеоэкосистемные реконструкции используют принцип актуализма, согласно которому экологические закономерности (биологический круговорот, пищевые цепи, экологические пирамиды, сукцессии, средообразующая деятельность деревьев и т. д.) в геологическом прошлом были схожи с современными. И в геологическом прошлом сохраняется коррелятивность между биотой (таксономический состав, жизненные формы, биомасса, продуктивность и проч.) и условиями среды (климат, питательные вещества).

3.2 Экостратиграфические методы

Экостратиграфия представляет собой дальнейшее развитие биостратиграфии, направленное на расширение возможностей последней. Если в биостратиграфии используются таксоны организмов, то в экостратиграфии – палеосообщества и палеоэкосистемы. Сначала реконструируют палеоэкосистемы, а затем на основе выделенных палеоэкосистем расчленяют геологический разрез, выполняют корреляцию удаленных разрезов, осуществляют привязку к глобальной шкале.

Так, С. В. Мейен указывал, что суть экостратиграфии заключается в том, что стратиграфические границы должны отражать перестройки экосистем и геосистем. Экостратиграфия нацелена на комплексирование сколь угодно разных (в том числе палеонтологических, литологических и других) признаков. В экостратиграфии лито- и биостратиграфия объединяются и становятся не независимыми видами стратиграфической работы, а компонентами единого экостратиграфического исследования.

По С. В. Мейену последовательность стратонов в разрезе – это не набор независимых геологических тел, а зафиксированные стадии изменения одного природного тела – геосистемы или экосистемы.

Итак, экостратиграфические границы являются следами перестроек под воздействием внешних и внутренних факторов экосистем и геосистем в геологическом прошлом.

По В. А. Красилову (1970, 1977) экостратиграфия представляется настоящей «динамической» стратиграфией, вбирающей в себя био-, событийно-, лито- и прочие стратиграфии и отражающей смену экосистем во времени. Можно сказать, что она является стратиграфией, освещенной с позиций экологического подхода, учитывающего сопряженное развитие биосферы, атмосферы, гидросферы и литосферы.

С позиций экостратиграфии геологическое время — это запечатленная геологической летописью смена состояний земной коры и биосферы. Смена состояний земной коры и биосферы (последовательность палеобиосфер: Красилов, 1970) может служить основой общей стратиграфической классификации. Моменты геологического времени имеют продолжительность и отвечают последовательным этапам стабилизации биосферы, нарушаемой событиями планетарного масштаба. Одновременность событий определяется не приуроченностью к моментам абсолютного времени, а признаками их сосуществования, их взаимодействием (одновременность – это принадлежность одному и тому же классу сосуществующих событий). Поскольку изучение следов взаимодействия входит в компетенцию

палеоэкологии, стратиграфическая корреляция превращается преимущественно в экологическую задачу.

Каждый момент геологического времени, или элементарный этап геологической истории, обладает уникальными чертами, запечатленными в стратиграфических признаках слоев, которые в силу этого сходны между собой, отличаются от слоев смежных этапов и образуют естественный стратон, обладающий внутренним единством. Таким образом, в основе корреляции лежит *принцип уникальности последовательных геологических эпох* (Красилов, 1977).

Экостратиграфические методы – это методы, которые базируются на этапах изменения сообществ организмов и абиотических компонентов окружающей среды, т. е. изменениях экосистем различного уровня иерархии.

Экостратиграфические подразделения могут выделяться на основе биологических, экологических, седиментационных и других характеристик. Чаще всего экостратиграфия представляет собой в определенной мере синтез палеонтологических и литологических данных. Из палеонтологической компоненты здесь анализируются не отдельные таксоны каких-либо групп, а именно сообщества (ассоциации, комплексы).

В экостратиграфии все существующие признаки и весь арсенал методов привлекаются для выработки стратиграфической гипотезы, которая более или менее правдоподобно объясняет разногласия по датировкам и корреляциям.

Основы экостратиграфического метода изложены в ряде работ советских палеонтологов (Красилов, 1977; Красилов и др., 1985; Гладенков, 1983; Мейен, 1989 и др.).

Чаще всего экостратиграфические методы используют синхронность глобальных геологических событий – массовых вымираний организмов, трансгрессий и регрессий, изменений климата, тектономагматической активности, которая является основой для глобальной стратиграфической корреляции. Глобальные события позволяют увязать многочисленные локальные и региональные схемы в единую глобальную шкалу.

Так, например, нижняя граница четвертичной системы (2,6 млн. лет) – важный экостратиграфический рубеж, который может служить удобным критерием для межрегиональных корреляций. В пределах Евразии четко прослеживается существенное изменение климата в сторону похолодания (следы суровых климатических условий и многолетней мерзлоты проявляются в криотекстурах и подтверждаются палинологическими данными для многих регионов),

значительная перестройка в эволюции фауны мелких и крупных млекопитающих, остракодовых сообществ, малакофауны, вымирание многих субтропических экзотов, изменения тектонического режима, морфоскульптуры рельефа, трансформация гидрографической сети.

На глобальном уровне с этим рубежом связано похолодание климата внетропических широт, образование ледниковых покровов, шельфовых ледников и многолетнего пака в Северном Ледовитом океане, рост площадей арктической, субарктической и антарктической зон, образование вечной мерзлоты.

На территории Беларуси похолодание климата прослеживается по палинологическим данным и семенной палеофлоре в ольховских слоях и верхней части дворецкого горизонта. Палеоэкосистемы на территории Беларуси в течение неогена вплоть до дворецкого времени сохраняли преемственность, а на переходе от холмечского горизонта к дворецкому горизонту имела место коренная перестройка палеоэкосистем, выражающаяся в качественном изменении таксономическо-физиономического состава палеофлоры (прежде всего ключевых таксонов), которая интерпретируется как смена зонального типа растительности под влиянием похолодания и иссушения климата в регионе, что, в свою очередь, было обусловлено глобальными процессами.

Глобальными событиями, которые отражаются в перестройках экосистем как локального, так регионального и даже глобального уровня, могут являться крупные извержения супервулканов.

В различных типах экосистем вулканические извержения оставляют разные следы, которые будут фиксироваться в горных породах. В зоне, непосредственно примыкающей к вулкану, экосистемы будут полностью уничтожены лавовыми и пепловыми потоками (в разрезе слои эффузивных и эффузивно-осадочных пород залегают на разнофациальных осадочных породах).

На региональном уровне выпадения пепла (может распространяться на десятки и сотни километров) оставляет след в виде тонких пепловых прослоев в разрезе, в снижении таксономического разнообразия и обилия палеобиоты (как результат нарушения функционирования экосистем). Поднятые вулканическим извержением цунами фиксируются в виде слоев инундитов (специфические отложения сильных наводнений).

На глобальном уровне крупное извержение может вызвать эффект «ядерной зимы», выражающийся в похолодании климата во внетропических зонах (отражается в соответствующей смене растительности, сокращении ареалов теплолюбивых организмов, изменении условий седиментации в водоемах суши и т. д.).

Один из экостратиграфических методов – *метод клисерий*, который основан на параллелизме климатогенных смен растительности в различных ландшафтах (таблица 2).

Таблица 2 – Пример клисерии в зоне широколиственных лесов при похолодании климата

Климат	Зональные экосистемы	Доминирующие таксоны в спорово-пыльцевых спектрах	Седиментационные процессы
Тепло и влажно	Широколиственные леса	Дуб, клен, липа, бук, граб	Аллювиальные, озерные и болотные отложения
Тепло и сухо	Лесостепь	Сосна, дуб, злаки	Аллювиальные, озерные и болотные отложения
Холодно и сухо	Тундростепь	Береза, злаки,	Лессы
Холодно и сухо	Ледник	Нет	Моренные и водноледниковые отложения
Холодно и сухо	Тундростепь	Береза, злаки	Лессы
Холодно и влажно	Хвойные леса (тайга)	Ель, сосна, лиственница	Аллювиальные, озерные и болотные отложения
Тепло и влажно	Широколиственные леса	Дуб, клен, липа, бук, граб	Аллювиальные, озерные и болотные отложения

Для каждой природной зоны (т. е. определенного сочетания тепло- и влагообеспеченности) характерен свой тип растительности (зональная растительность).

Так, в холодном и сухом климате перигляциальной зоны (т. е. вблизи ледниковых покровов) в четвертичном периоде были распространены тундростепи – ландшафты с доминированием холодостойких злаков и разнотравья, фауна которых была представлена «мамонтовым комплексом». В условиях континентального прохладного и влажного климата формировались таежные экосистемы, доминантами которых выступали хвойные деревья. Для этой же зоны типичны верховые болота. Для относительно теплого и влажного климата характерны широколиственные листопадные леса и т. д. Климатические изменения будут отражаться в смене по разрезу доминантов

указанных типов растительности. Например, тундростепь → тайга → широколиственные леса. Такая закономерная смена будет происходить в разных регионах при глобальном изменении климата, а следовательно, может использоваться для стратиграфической корреляции. Основным недостатком – диахронность этих изменений. При построении клисерии также нужно четко различать зональную и азональную растительность. Азональная растительность в меньшей степени зависит от климата, а в большей степени от локальных условий – рельефа, почв, режима увлажнения и т. д. К азональной растительности относятся также сообщества начальных стадий сукцессий – виды, заселяющие нарушенные участки. Поэтому азональные таксоны (например, береза, сосна, ива) стараются исключить из анализа.

Метод клисерий требует восстановления типа растительности. Для решения этой задачи может использоваться IPR-анализ растительности (Integrated Plant Record vegetation analysis). IPR-анализ разработан J. Kovar-Eder и Z. Kvaček (2003, 2007) и представляет собой полуколичественный метод оценки зональной растительности на основе фоссилий растений (листья, плоды, пыльца). Для практического использования данного метода авторы предлагают специализированную интернет-платформу и базу данных.

Все таксоны флоры классифицируются на таксономически-физиономические группы, среди которых выделяют зональные и азональные компоненты. Наибольшую информационную ценность имеют зональные компоненты: хвойный (CON), широколиственный листопадный (BLD), широколиственный вечнозеленый (BLE), склерофильный (SCL), пальмовый (PALM), папоротниковый (ARBFERN), ксерофильно-травяной (D-HERB), мезофильно-травяной (M-HERB). При диагностике используется соотношение перечисленных зональных компонентов (Приложение Б).

Чаще всего используются таксоны уровня рода и семейства. Если таксон относится к какому-либо компоненту, то ему присваивается 1, не относится, то – 0. Если таксон включает виды, представляющие разные компоненты, то ему присваивается дробное значение (таблица 3).

Метод клисерий позволяет проводить стратиграфическую корреляцию в разнофациальных и разнопровинциальных отложениях, которые даже не содержат общих фоссилий. Смена климаксовых палеоэкосистем (т.е. экосистем, которые находятся в равновесии с климатом, зональной растительности) – важный экостратиграфический рубеж. Временное разрешение данного метода – до нескольких тысячелетий.

Таблица 3 – Зональные компоненты, используемые в IPR-анализе

Таксон	CON*	BLD	BLE	SCL	PALM	D-HERB	M-HERB
<i>Pinus</i>	1						
<i>Quercus</i>		0,5	0,5				
<i>Carpinus</i>		1					
<i>Tilia</i>		1					
<i>Fagus</i>		1					
<i>Ilex</i>		0,33	0,33	0,33			
<i>Juglas</i>		1					
<i>Pterocaria</i>		1					
<i>Engelhardtia</i>		0,5	0,5				
<i>Sabal</i>					1		
<i>Artemisia</i>						1	
Примечание – *расшифровка в тексте.							

Экостратиграфический подход направлен:

- 1) на разработку дробных стратиграфических схем отдельных районов;
- 2) на создание корреляционных схем межрегионального и даже субглобального масштаба;
- 3) на уточнение границ стратиграфических подразделений на основе выявления экологических перестроек;
- 4) на решение задач стратиграфии в условиях континентальных отложений.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое палеоэкология?
- 2 Что такое тафономия?
- 3 Что такое ориктоценоз?
- 4 Чем отличается экосистема и палеоэкосистема?
- 5 Что такое палеосукцессия?
- 6 Что такое экостратиграфия?
- 7 Какие задачи решают экостратиграфические методы?
- 8 На чем основан метод клисерий?
- 9 Какие события в геологическом прошлом могут вызвать смены палеоэкосистем?
- 10 Приведите примеры клисерий.

Задания

1 Используя Приложение Б, в разрезе 1 (таблица 4) выполните следующие операции:

1) на основе интерпретации спектров таксономично-физиономических компонентов установите типы палеоэкосистем;

2) реконструируйте и опишите последовательную смену типов палеоэкосистем во времени;

3) расчлените разрез по типам палеоэкосистем.

Таблица 4 – Разрез 1

Слои	Зональные таксономично-физиономические компоненты, %							
	CON	BLD	BLE	SCL	LEG	PAL M	D-HERB	M-HERB
1	40	5	5	-	-	-	30	20
2	15	10	5	-	-	-	40	30
3	25	5	15	-	-	-	15	40
4	5	5	25	10	-	-	20	35
5	15	5	50	5	5	-	10	10
6	5	0	60	10	5	-	10	10
7	5	5	70	5	5	-	5	5
8	5	5	30	15	-	-	15	30
9	5	5	10	10	5	-	25	40
10	10	5	10	10	5	-	30	30
11	15	5	5	10	5	-	30	30

2 Используя Приложение Б, в разрезе 2 (таблица 5) нужно интерпретировать спектры таксономично-физиономических компонентов (установить типы палеоэкосистем), реконструировать смену типов палеоэкосистем во времени и расчленить разрез по типам палеоэкосистем.

3 Используя Приложение Б, в разрезе 2 (таблица 5) нужно интерпретировать спектры таксономично-физиономических компонентов (установить типы палеоэкосистем), реконструировать смену типов палеоэкосистем во времени и расчленить разрез по типам палеоэкосистем.

Таблица 5 – Разрез 2

Слои	Зональные таксономично-физиономические компоненты, %							
	CON	BLD	BLE	SCL	LEG	PALM	D-HERB	M-HERB
1	15	5	10	-	-	-	40	30
2	10	5	10	-	-	-	35	50
3	25	5	15	-	-	-	15	40
4	5	5	25	10	-	-	20	35
5	15	10	40	10	5	-	10	10
6	10	0	50	15	5	-	10	10
7	10	10	50	10	-	-	5	5
8	5	5	30	15	-	-	15	30
9	10	-	15	10	-	-	35	35
10	10	5	10	15	-	-	35	25
11	10	5	5	20	-	-	35	25
12	5	5	15	15	-	-	35	25

4 Используя Приложение Б, в разрезе 3 (таблица 6) нужно интерпретировать спектры таксономично-физиономических компонентов (установить типы палеоэкосистем), реконструировать смену типов палеоэкосистем во времени и расчленить разрез по типам палеоэкосистем.

5 Используя реконструированные типы палеоэкосистем, провести стратиграфическую корреляцию разрезов 1, 2 и 3.

Таблица 6 – Разрез 3

Слои	Зональные таксономично-физиономические компоненты, %							
	CON	BLD	BLE	SCL	LEG	PALM	D-HERB	M-HERB
1	15	10	40	10	5	-	10	10
2	10	0	50	15	5	-	10	10
3	10	10	50	10	-	-	5	5
4	5	5	25	10	-	-	20	35
5	25	5	5	5	-	-	30	30
6	15	5	10	5	-	-	35	35
7	10	5	10	10	-	-	35	35
8	5	5	30	15	-	-	15	30
9	10	-	15	10	-	-	35	35
10	10	5	10	15	-	-	35	25
11	5	5	15	15	-	-	35	25
12	10	5	10	10	-	-	35	25
13	5	5	15	15	-	-	35	25
14	10	5	10	10	5	-	30	30
15	15	5	5	10	5	10	25	20
16	5	5	5	10	5	10	20	20
17	5	5	5	5	5	20	20	20
18	5	5	5	10	5	10	20	20
19	5	5	5	5	5	20	20	20

Приложение А

(справочное)

Руководящие таксоны

Таблица А1

Геохронологическое подразделение	Перечень руководящих таксонов ископаемых организмов
Ранний кембрий	Археоциаты – <i>Spirocyathus yavorskii</i> , <i>Archaeocyathus minussinensis</i> Трилобиты – <i>Lermontovia dzevanovskii</i> , <i>Parapoliella obrutschevi</i>
Средний и поздний кембрий	Трилобиты – <i>Paradoxides bohemicus</i> , <i>Ellipsocephalus hoffi</i> , <i>Paracrocephalites robustus</i> , <i>Acrocephalites militans</i>
Силурийский период, ландовери	Граптолиты – <i>Petalograptus palmeus</i> , <i>Climacograptus rectangularis</i> , <i>Monograptus griestoniensis</i> , <i>Monoclimacis crenulata</i>
Силурийский период, венлок-прждол	<i>Monograptus riccartonensis</i> , <i>Cyrtograptus centrifuges</i> , <i>Cyrtograptus murchisoni bohemicus</i> , <i>Monograptus formosus</i> , <i>Monograptus balticus</i> , <i>Monoclimacis ultimus</i>
Пермский период	Моллюски – <i>Paragastrioceras jossae</i> , <i>Artinskia artiensis</i> , <i>Medlicottia orbignyana</i> Деревья – <i>Walchia piniformis</i> , <i>Callipterts conferta</i>
Каменноугольный период	Деревья – <i>Lepidodendron aculeatum</i> , <i>Annularia stellata</i> , <i>Alethopteris decurrens</i>
Триасовый период	Моллюски – <i>Monotis ochotica</i> , <i>Halobia neumayri</i> , <i>Arcestes gaytani</i> , <i>Dawsonites canadensis</i>
Юрский период	Моллюски – <i>Aucella bronni</i> , <i>Aucella mosquensis</i> , <i>Exogyra virgule</i> ; Головоногие – <i>Cardioceras cordatum</i> , <i>Cardioceras alternans</i> ; Деревья – <i>Nilssonia orientalis</i> , <i>Nilsonia acuminata</i> , <i>Czekanowskia setacea</i> , <i>Phoenicopsis speciosa</i> .
Меловой период (баррем)	Моллюски – <i>Requienia ammonia</i>
Меловой период (турон)	Моллюски – <i>Inoceramus labiatus</i> , <i>Inoceramus apicalis</i> ; Фораминиферы – <i>Gavelinella ammonoides</i> .
Меловой период (коньяк)	Моллюски – <i>Inoceramus involutus</i> , <i>Inoceramus crassus</i> ; Фораминиферы – <i>Gavelinella kelleri</i> .
Меловой период (сантон)	Моллюски – <i>Belemnitella praecursor</i> , <i>Sphenoceramus patootensis</i>

Приложение Б (справочное)

Экостратиграфическая корреляция на основе IPR-анализа*

Таблица Б1

Сокращенное название	Таксономично-физиономические компоненты
CONIFER	зональные и экстразональные хвойные деревья
BLD	зональные листопадные широколиственные деревья
BLE	зональные вечнозеленые широколиственные деревья
SCL	склерофильные деревья и кустарники
LEG	бобовые
PALM	зональные пальмы
D-HERB	ксерофильные травы
M-HERB	мезофильные травы

Таблица Б2

Тип палеоэкосистемы	Зональные таксономично-физиономические компоненты, %			
	BLD	BLE	SCL+ LEG	D-HERB+ M-HERB
Широколиственные листопадные леса	>80			<25
Экотон	75–80	<30	<20	<25
Смешанные полулистопадные леса	<75	<30	<20	<25
Экотон	<75	30–40	<20	<25
Широколиственные вечнозеленые леса		>40	SCL+LEG<B LE	<25
Семигумидные склерофильные леса			>20	<30
Ксерофильные редколесья		<30	>20	30–40 M>D
Сухие степи и саванны		<30		>40
Приложение – * по Kovar-Eder и Kvaček, 2003.				

Литература

- 1 Алексеев, А. С. Эволюция таксономического разнообразия / А. С. Алексеев, В. Ю. Дмитриев, А. Г. Пономаренко. – М. : Геос, 2001. – 126 с.
- 2 Гладенков, Ю. Б. Биосферная стратиграфия. Проблемы стратиграфии начала XXI века / Ю. Б. Гладенков. – М. : Геос, 2004. – 120 с.
- 3 Гусев, А. П. Историческая геология. Методы исследования : практическое руководство / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – 41 с.
- 4 Жамойда, А. И. Эскиз структуры и содержания теоретической стратиграфии / А. И. Жамойда. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2011. – 196 с.
- 5 Красилов, В. А. Палеоэкосистемы / В. А. Красилов // Известия АН СССР. Сер. геол. – 1970. – № 4. – С. 114–150.
- 6 Красилов, В. А. Палеоэкология наземных растений (основные принципы и методы) / В. А. Красилов. – Владивосток : Дальневосточный научный центр АН СССР, 1972. – 212 с.
- 7 Красилов, В. А. Эволюция и биостратиграфия / В. А. Красилов. – М. : Наука, 1977. – 256 с.
- 8 Международный стратиграфический справочник : Сокращенная версия / ред. М. А. Мерфи. – М. : ГЕОС, 2002. – 38 с.
- 9 Мейен, С. В. Введение в теорию стратиграфии / С. В. Мейен. – М. : Наука, 1989. – 216 с.
- 10 Прозоровский, В. А. Общая стратиграфия / В. А. Прозоровский. – М. : Академия, 2010. – 208 с.
- 11 Степанов, Д. Л. Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований) / Д. Л. Степанов, М. С. Месежников. – Л. : Недра, 1979. – 423 с.
- 12 Стратиграфический кодекс России / ред. А. И. Жамойда. – Изд. 3-е. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.
- 13 Общая палеоэкология / под ред. Г. Н. Киселева, А. В. Попова. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2000. – 132 с.
- 14 Практическая стратиграфия (разработка стратиграфической базы крупномасштабных геологосъемочных работ) / под ред. И. Ф. Никитина, А. И. Жамойды. – Л. : Недра, 1984. – 320 с.
- 15 Экостратиграфия: теория и методы / В. А. Красилов [и др.]. – Владивосток: Дальневосточный научный центр АН СССР, 1985. – 148 с.
- 16 Kovar-Eder, J. The integrated plant record (IPR) to reconstruct Neogene vegetation: the IPR-vegetation analysis / J. Kovar-Eder, Z. Kvaček // Acta Palaeobotanica. – 2007. – Vol. 47 (2). – P. 391–418.

Производственно-практическое издание

Гусев Андрей Петрович

БИО- И ЭКОСТРАТИГРАФИЯ

Практическое пособие

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 15.03.2018. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,56.
Уч.-изд. л. 2,8. Тираж 25 экз. Заказ 197.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

