

*На правах рукописи*



**КОСЕНКО Игорь Николаевич**

**ВЕРХНЕЮРСКИЕ-НИЖНЕМЕЛОВЫЕ УСТРИЦЫ  
(BIVALVIA, OSTREOIDEA) СИБИРИ:  
СИСТЕМАТИКА И ВАРИАЦИИ ИЗОТОПОВ  
УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА**

25.00.02 – палеонтология и стратиграфия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» и в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук

**Научный руководитель:**

**Борис Николаевич Шурыгин**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, член-корреспондент РАН

**Официальные оппоненты:**

**Князев Валерий Георгиевич**

доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории стратиграфии и палеонтологии, ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН;

**Митта Василий Вингеревич**

доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моллюсков, ФГБУН Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН.

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук

Защита состоится 11 ноября 2016 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 003.068.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), в конференц-зале.

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России (см. вклейку), просим направлять по адресу:

630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

факс: 8 (383) 330-28-07, 333-25-13

e-mail: ObutOT@ipgg.sbras.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ИНГГ СО РАН:

<http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/commettee/Kosenko2016>

Автореферат разослан «9» августа 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д 003.068.01, к.г.-м.н

Обут  
Ольга Тимофеевна

## ВВЕДЕНИЕ

**Объектом исследования** являются верхнеюрские и нижнемеловые устрицы севера Сибири.

**Актуальность исследований.** Систематика верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири, используемая до настоящего времени, нуждается в совершенствовании из-за недоучета крайне высокой степени модификационной изменчивости устриц в предшествующих исследованиях. Более того, используемые в геологических исследованиях сведения о таксономическом составе устричных двустворок юры и мела Сибири базируются на данных, полученных в 60-е – 70-е годы прошлого столетия, тогда как общие представления о системе надродовых таксонов устриц постоянно совершенствуются. Изучение представительных коллекций юрско-меловых устриц Сибири и сравнение с материалом из коллекций меловых устриц Крыма дает возможность в полной мере оценить пределы изменчивости отдельно взятых таксонов устриц и актуализировать систему не только сибирских устриц, но и всего надсемейства *Ostreoidea*. Раковины устриц также являются хорошим материалом для изотопно-геохимических исследований (по углероду и кислороду), результаты которых в последнее время интенсивно используются специалистами разных стран, исследующими приграничные толщи юры и мела для реконструкции палеотемператур и в качестве дополнительных критериев для решения проблем бореально-тетической корреляции юрских и меловых отложений. К настоящему времени для бореальных разрезов приграничных юрско-меловых отложений уже построены композитные кривые вариаций изотопов углерода и кислорода по белемнитам, однако данных по бентосным группам фауны пока очень немного. Новые изотопные данные по устрицам могут использоваться для детальных палеотемпературных реконструкций придонных вод позднеюрских и раннемеловых палеобассейнов Сибири в дополнение к имеющимся реконструкциям по белемнитам, а также будут способствовать решению дискуссионных вопросов об образе жизни и условиях обитания отдельных таксонов белемнитов.

**Цель исследования.** Уточнение систематики верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири и их значения для палеоэкологических и палеотемпературных реконструкций.

### **Задачи исследования:**

1. Анализ систематики надсемейства *Ostreoidea* на основе ревизии верхнеюрско-нижнемеловых устриц Сибири, проведенной с учетом степени их модификационной изменчивости.

2. Сравнительный анализ изотопных данных по раковинному веществу устриц с севера Западной Сибири с уже имеющимися данными по

белемнитам для палеоэкологических и палеотемпературных реконструкций.

**Материал и методика исследований.** Автором были изучены коллекции верхнеюрских-нижнемеловых устриц, собранные в 60-х годах прошлого века В.А. Захаровым из разрезов кимериджского и волжского ярусов восточных предгорий Приполярного (р. Ятрия) и Северного (рр. Лопсия, Толья, Маурынья) Урала, а также из разрезов кимериджа-валанжина севера Восточной Сибири (рр. Большая Романиха, Дябака-Тари, бассейн р. Боярка) и в 2007 году О.С. Урман из пограничных юрско-меловых отложений на р. Маурынья. В коллекциях представлены более чем 300 раковин устриц в основном превосходной и очень хорошей сохранности. Для сравнения степени модификационной изменчивости и уточнения ее значения для систематики были привлечены коллекции меловых устриц Горного Крыма, собранные автором совместно с В.В. Аркадьевым летом 2014 года, и современных тихоокеанских устриц *Crassostrea gigas*, собранных автором на побережье Японского моря во Владивостоке осенью того же года.

При работе с систематикой устриц использовались не только классические морфофункциональные методы, но и биометрические методы, а также изучалась микроструктура раковины на сканирующем и световом микроскопах.

Изотопно-геохимическое исследование включало в себя не только получение и интерпретацию  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  изотопных данных, но и контроль степени сохранности карбонатного вещества раковин устриц. Анализ степени сохранности карбонатного вещества проводился на основании комплекса оптических и геохимических методов. Оптические методы включали в себя визуальные наблюдения и исследование шлифов раковин устриц методом катодоллюминесценции. Геохимические методы включали в себя анализ содержания Fe, Mn и Sr, а также корреляции между содержаниями  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ .

#### **Защищаемые научные результаты.**

1. Анализ таксономического веса признаков показал, что степень модификационной изменчивости варьирует в разных семействах и подсемействах Ostreoidea, и таксономический вес одних и тех же признаков в разных подсемействах устриц различен. В качестве таксономического признака ранга семейства рассматривается форма и положение отпечатка мускула-замыкателя относительно замочной площадки, а также микроструктура раковины. Подсемейства Ruscnodontinae и Eχοyuginae выделяются среди прочих развитой скульптурой на внутренней стороне раковины. Признаками родового ранга обычно является форма раковины, особенности строения замочной площадки и особенности этологии. При

разграничении видов значение имеют особенности очертаний и формы раковин, а иногда и особенности скульптуры.

2. Пересмотр систематики верхнеюрских – нижнемеловых устриц Сибири с современных позиций показал, что устрицы, ранее относимые к широко понимаемому роду *Liostrea*, принадлежат четырем родам: *Helvetostrea*, *Praeexogyra*, *Pernostrea* (с под родами *Pernostrea* s. str. и *Boreiodeltoideum*) и *Argutostrea*, относящимся к разным подсемействам. Подрод *Boreiodeltoideum* и род *Argutostrea* впервые выделены автором. Подрод *Boreiodeltoideum* включает эндемичную филогенетическую ветвь рода *Pernostrea*, развивавшуюся в арктических морях Сибири в волжском – готеривском веках. В новый моновидовой род *Argutostrea* выделены специфичные практически повсеместно распространенные устрицы-эпибионты, резко отличающиеся от других устриц инвертированной формой раковины, связанной с переходом к жизни на раковинах плавающих аммонитов.

3. Установлено два этапа в развитии устриц в поздней юре – раннем мелу в западной части Бореальной области (Западная и Центральная Европа). В то же время в Сибири вблизи границы юры и мела не происходит резкой смены комплексов устриц; здесь выделяется единый позднеюрско-раннемеловой этап развития устриц, продолжающийся вплоть до готерива.

4. Показано, что разница морфотипов устриц в юрских и меловых бассейнах Сибири зачастую обусловлена типом субстрата и темпами накопления осадка, что можно использовать для характеристики конкретных биотопов. Установлено, что в одних и тех же слоях значения  $\delta^{18}\text{O}$  из раковин устриц всегда ниже значений  $\delta^{18}\text{O}$  ранее полученных по рострам белемнитов. Рассчитанные по изотопному составу кислорода палеотемпературы по раковинам устриц оказываются выше палеотемператур по белемнитам, что объясняется миграциями белемнитов в более холодные воды. Соответственно, раковины устриц, ведущих неподвижный бентосный образ жизни, можно использовать для изотопно-геохимической оценки палеотемператур в районе их местонахождения.

**Научная новизна и личный вклад автора.** На основе анализа таксономического веса признаков, микроструктуры раковины и модификационной изменчивости уточнена система верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири. В составе подсемейства *Gryphaeinae* выделены новые трибы *Pernostreini* trib. n., включающая роды *Deltoideum* и *Pernostrea*, и триба *Gryphaeini* trib. n. с единственным родом *Gryphaea*. Выделен новый род *Argutostrea* gen. nov., условно включаемый в подсемейство *Rusnodonteinae*. В составе рода *Pernostrea* выделен новый эндемичный подрод *Boreiodeltoideum*. Монографически описано 18 видов,

в том числе 3 новых. Реконструирована этология всех описанных видов. На основании новых изотопно-геохимических данных по раковинам устриц и имеющихся данных по белемнитам реконструированы палеотемпературы для приграничного юрско-мелового разреза на р. Маурынья (Западная Сибирь).

**Теоретическая и практическая значимость.** Уточнение системы и анализ этологии верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири открывает возможности для использования этой группы двустворок как для изотопно-геохимических, так и для палеогеографических реконструкций. Полученные по раковинам устриц данные дополняют изотопно-геохимическую характеристику приграничного юрско-мелового интервала в Бореальной области, а реконструированные и сопоставленные друг с другом палеотемпературы по устрицам и белемнитам дают представление о палеотемпературном тренде в конце юры – начале мела в Арктическом палеобассейне.

**Публикации и апробация работы.** По теме диссертации опубликовано 21 работа, из них 2 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций (“Палеонтологический журнал”), 19 работ в материалах конференций и тезисах всероссийских совещаний.

Результаты работы докладывались на всероссийских совещаниях “Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии” (Тюмень-2013), “Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии” (Владивосток-2014), на ежегодных сессиях Всероссийского палеонтологического общества (Санкт-Петербург, 2013 – 2016), на всероссийских конференциях “Трофимуковские чтения-2013” (Новосибирск), “Трофимуковские чтения-2015” (Новосибирск), “Геология в различных сферах: XIII конференция студенческого научного общества СПбГУ” (Санкт-Петербург – 2014), на международных конференциях “4th International Students Geological Conference” (Брно - 2013), “5th International Students Geological Conference” (Будапешт - 2014).

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 242 страницах, иллюстрирована 30 рисунками, 6 таблицами и 24 фототаблицами. Список цитируемой литературы включает 175 наименований, включая 104 иностранные работы.

Работа выполнена на кафедре исторической геологии и палеонтологии геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета и в лаборатории палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя Института нефтегазовой геологии и геофизики

им. А.А. Трофимука СО РАН. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 16-35-00003 мол\_а, а также по программам РАН № 23 и 28.

**Благодарности.** Автор искренне благодарен своему научному руководителю чл.-корр. РАН, профессору Б.Н. Шурыгину за советы, дискуссии и всестороннюю поддержку при написании работы. Проблемы стратиграфии пограничных юрско-меловых отложений, а также возможности использования изотопно-геохимических данных для реконструкции палеотемператур и эволюции белемнитов постоянно обсуждались с О.С. Дзубой, кроме того она постоянно оказывала помощь в подготовке корректного изложения многих обсуждаемых в диссертации вопросов. Изотопные анализы были выполнены О.П. Изох, кроме того она постоянно консультировала по вопросам, касающимся изотопно-геохимических аспектов работы. Общие вопросы таксономии и стратиграфии обсуждались с А.Е. Игольниковым. Вопросы по применению биометрических методов исследования обсуждались с А.С. Алифировым и К. Кольпэр. Помощь на начальном этапе работы с коллекцией оказывалась О.С. Урман. Кроме того, ею были переданы устрицы, собранные из разреза р. Маурынья, раковины которых послужили основой для изотопно-геохимических исследований. Помощь в микроскопическом исследовании оказывалась Л.А. Глинских, Н.К. Лебедевой, А.А. Горячевой и сотрудниками лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия. Вопросы эволюции устриц-эпибионтов обсуждались с В.Б. Сельцером. По приглашению и совместно с В.В. Аркадьевым автором проводились сборы мел-палеогеновых устриц на геологическом полигоне СПбГУ в Горном Крыму. Собранный коллекция использовалась в работе в качестве сравнительного материала. Вопросы таксономии верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири неоднократно обсуждались с В.А. Захаровым. Коллекция устриц, собранная им в 1960-х годах, составила большую часть исследованного автором материала. Вопросы морфологии и систематики верхнеюрских-нижнемеловых устриц обсуждались с Т.Н. Богановой, кроме того ею была передана в распоряжение автора обширная коллекция нижнемеловых устриц Средней Азии, а также оказывалась помощь в поиске литературы. М.А. Роговым были переданы верхнеюрские устрицы с Русской платформы. Современные проблемы систематики устриц обсуждались с зарубежными коллегами: Н. Мальхусом, Й. Копкой, Дж. Тоддом и М. Махальски. В ходе плодотворных дискуссий с ними автором были внесены уточнения в разрабатываемую систему верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири. Ценные замечания по тексту подготовленной диссертации были внесены А.В. Каныгиным, Н.В. Сенниковым, Н.К. Лебедевой, А.Г. Константиновым, А.Л. Бейзелем,

Е.С. Соболевым, В.С. Зыкиным, Б.Л. Никитенко. Всем перечисленным коллегам автор искренне и глубоко признателен.

Содержание автореферата соответствует структуре работы.

## **Глава 1. ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **1.1 Краткий очерк истории развития систематики устриц**

История развития систематики устриц подразделена автором на четыре основных этапа: 1 этап (середина XVIII века – 1930-е годы): первые описания таксонов устриц видового и родового ранга в зоологической номенклатуре. В конце XIX – начале XX века появляются первые работы по филогении, надродовой систематике и по микроструктуре раковин устриц; 2 этап (1930-е – 1970-е годы): опубликована первая классификация устриц (Вялов, 1936), основанная только на морфологии раковин устриц. Продолжаются поиски новых критериев для систематики устриц, исследования анатомии, физиологии, микроструктуры раковин устриц; 3 этап (1970-е – 1990-е годы): опубликован том американских «Основ палеонтологии», посвященный устрицам (Stenzel, 1971), где обобщены имеющиеся к тому времени многочисленные сведения о морфологии, экологии, филогении устриц. Предложена новая система устриц, основанная на морфологии, анатомии и физиологии устриц, сформулированы принципы систематики остреоидей. Приведены диагнозы валидных родов устриц. Детализируются системы отдельных групп остреоидей (Миркамалов, 1966; Harry, 1985; Malchus, 1990); 4 этап (1990-е – современность): начинают использоваться молекулярно-генетические методы для совершенствования систематики остреоидей, продолжается её детализация.

### **1.2 История исследования верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири**

Обобщены все имеющиеся к настоящему времени сведения о верхнеюрских – нижнемеловых устрицах Сибири. К настоящему времени имеются сведения об 11 видах устриц, 9 из которых были впервые описаны на сибирском материале; уделялось внимание их палеоэкологии и филогении. Показана ведущая роль В.А. Захарова в исследовании мезозойских устриц Сибири.

### **1.3 Морфология и таксономический вес признаков**

Морфологические признаки подразделены на две группы: признаки, различимые на внутренней поверхности створок, и признаки, различимые на внешней поверхности створок. Большой таксономический вес имеют признаки, различимые на внутренней поверхности створок.

#### **1.3.1 Признаки, различимые на внутренней поверхности створок**

На внутренней поверхности створок уделяется внимание форме и строению замочной (лигаментной) площадки, форме и положению



отпечатка мускула-замыкателя (ОМЗ), элементам внутренней поверхности створок. Среди изученных верхнеюрских – нижнемеловых устриц форма замочной площадки является признаком родового и отчасти подродового ранга. Форма и положение ОМЗ является наиболее весомым признаком в совокупности признаков, используемых для разделения устриц на семейства и подсемейства. Для семейства Gryphaeidae (по крайней мере для подсемейств Gryphaeinae и Pycnodonteinae) характерна округлая форма ОМЗ и его приближенное положение к верхнему краю раковины или равноудаленное от верхнего и нижнего краев раковины. Для большинства представителей подсемейства Pycnodonteinae, по нашим наблюдениям, характерно сильно приближенное к верхнему краю раковины положение ОМЗ. Для подсемейства Crassostreinae характерно приближенное к нижнему краю положение ОМЗ, причем его форма близка к эллиптической со слегка вогнутым верхним краем и слегка выпуклым нижним краем. Для подсемейства Liostreinae характерна округлая форма ОМЗ и его слегка смещенное к нижнему краю положение. Элементы внутренней поверхности створок представлены у устриц хоматами и локсоендной скульптурой. У верхнеюрских - нижнемеловых устриц Сибири элементы внутренней поверхности створок отсутствуют, за исключением рода *Argutostrea* gen. nov., у которых наблюдаются хоматоподобные образования и локсоендные валики, что позволяет относить их к Pycnodonteinae.

### **1.3.2 Признаки, различимые на внешней поверхности створок**

На внешней поверхности створок уделяется внимание форме и очертаниям раковины, форме макушек, скульптуре раковины, размеру и толщине раковины. Форма раковины обычно является признаком родового ранга, а очертания раковины – признаком видового ранга. Форма макушек обычно является признаком родового или подродового ранга. Особенности скульптуры и размер раковины обычно являются признаком видового ранга. Толщина раковины может зависеть от условий обитания устриц и ее стоит с осторожностью использовать для систематических построений. При идентификации таксонов видового ранга необходимо использовать всю совокупность наблюдаемых признаков и принимать во внимание высокую степень изменчивости устриц.

Особое внимание уделяется микроструктуре раковины. Микроструктура раковины имеет таксономический вес уровня подсемейства. Каждое подсемейство характеризуется определенным набором микроструктур. Однако изучение микроструктуры не всегда доступно, что связано с трудностью изготовления шлифов из хрупких раковин устриц.

#### 1.4 Модификационная изменчивость и особенности

##### этологии позднеюрских-раннемеловых устриц сибирских палеоморей

Обсуждаются результаты изучения модификационной изменчивости верхнеюрских – нижнемеловых устриц Сибири, меловых устриц Горного Крыма и современных тихоокеанских устриц *Crassostrea gigas*. Показано, что разные виды устриц, относящиеся к разным подсемействам, характеризуются различной степенью модификационной изменчивости. Современные тихоокеанские устрицы *C. gigas* и мезозойские *Pernostrea* Сибири характеризуются схожей степенью модификационной изменчивости. Для них свойственен полиморфизм – образование нескольких морфотипов раковины в зависимости от типа субстрата (рисунок 1) и темпов накопления осадка.

##### 1.4.1 Особенности этологии устриц *Argutostrea roemeri* (Quenstedt)

Рассмотрены особенности этологии устриц *Argutostrea roemeri* (Quenstedt). Раковины этих устриц в большинстве случаев находятся прикрепленными к раковинам аммонитов, либо несут следы крепления к ним. На примере раковин аммонитов *Quenstedtoceras lamberti* с прикрепленными к ним и замурованными последним оборотом устрицами и раковин аммонитов *Pavlovia* sp. из средней волги Приполярного Урала с приросшими с двух сторон устрицами (рисунок 2) показано, что устрицы селились на раковинах плавающих аммонитов, то есть вели эпибионтный образ жизни.

#### 1.5 Современное состояние систематики и принятая система надсемейства Ostreoidea

Обсуждаются проблемы систематики устриц и принятая система надсемейства Ostreoidea.

##### 1.6 Систематическое описание

Из верхнеюрских-нижнемеловых отложений Сибири автором описаны 18 видов из 6 родов, относящихся к 5 подсемействам и 2 семействам. Описано 3 новых вида, 1 новый подрод в составе рода *Pernostrea* и 1 новый род. Система верхнеюрских и нижнемеловых устриц севера Сибири (надсемейство Ostreoidea) принята в следующем виде:

Семейство FLEMINGOSTREIDAE Stenzel, 1971

Подсемейство CRASSOSTREINAE Scarlato&Starobogotov, 1979

Род HELVETOSTREA Koppka, 2015

*Helvetostrea exotica* (Kosenko, 2014)

Подсемейство LIOSTREINAE Vialov, 1983

Род PRAEEXOXYRA Charles&Maubeuge, 1952

*Praeexogyra siberica* (Zakharov, 1974)

Семейство GRYPHAEIDAE Vialov, 1936

Подсемейство GRYPHAEINAE Vialov, 1936

Триба PERNOSTREINI n. trib.

Род *PERNOSTREA* Munier-Chalmas, 1864

Подрод *PERNOSTREA* s. str.

*Pernostrea (Pernostrea) quadrangularis* (Arkell, 1927)

*Pernostrea (Pernostrea) borealis* sp. n.

*Pernostrea (Pernostrea) mesezhnikovi* sp. n.

*Pernostrea (Pernostrea) gibberosa* (Zakharov, 1974)

*Pernostrea (Pernostrea) uralensis* (Zakharov, 1972)

*Pernostrea (Pernostrea) cucurbita* (Zakharov, 1966)

*Pernostrea? robusta* sp. n.

Подрод *BOREIODELTOIDEUM* Kosenko, 2016

*Pernostrea (Boreiodeltoideum) praeanabarensis* (Zakharov, 1963)

*Pernostrea (Boreiodeltoideum) anabarensis* (Bodylevsky, 1949)

Род *GRYPHAEA* Lamarck, 1801

Подрод *GRYPHAEA* s. str.

*Gryphaea (Gryphaea) curva* (Gerasimov, 1955)

*Gryphaea? borealis* Zakharov, 1966

*Gryphaea* sp.

*Gryphaeinae* gen. et sp. indet.

Подсемейство EXOgyrinae Vialov, 1936

Триба AMPHYDONTINI Vialov, 1983

Род *NANOgyra* Beurlen, 1958

Подрод *NANOgyra* s. str.

*Nanogyra (Nanogyra) nana* (Sowerby, 1822)

*Nanogyra (Nanogyra) thurmanni* (Étallon, 1862)

?Подсемейство Pycnodonteinae Stenzel, 1959

Род *ARGUTOSTREA* gen. nov.

*Argutostrea roemeri* (Quenstedt, 1843)

### **1.7 Общая характеристика таксономического состава устриц в слоях сводных разрезов верхней юры и нижнего мела Сибири**

Показано распространение устриц в разрезах верхней юры – нижнего мела северо-запада Западной Сибири (рр. Ятрия, Лопсия, Толья, Маурынья) и севера Восточной Сибири (рр. Большая Романиха, Дябака-Тари, Боярка).

### **1.8 Об историческом развитии сибирских устриц**

Приводится модель филогенетических связей устриц трибы *Pernostreini* trib. n. (рисунок 3). Наиболее ранние из известных пернострей происходят из верхнего аалена севера Восточной Сибири, что позволяет предполагать, что центром зарождения трибы *Pernostreini* trib. n. в конце ранней – начале средней юры был Арктический бассейн. В европейских морях перностреи существовали до конца юры и не перешли в мел, в то

время как в Сибири расцвет пернострей происходит в поздней юре – раннем мелу, когда они дают вспышку видообразования. Сохранение пернострей в Сибири вплоть до готерива, по-видимому, связано с отсутствием хороших связей между сибирскими и европейскими бассейнами, начиная с волжского века.

### **1.9 Сравнение верхнеюрских-нижнемеловых комплексов устриц северо-запада Западной Сибири, севера Восточной Сибири и сопредельных территорий**

Приводятся результаты сравнения устричных фаун Западной и Восточной Сибири с Польшей (по данным Pugačewska, 1971; 1975), Швейцарией (по данным Коррка, 2015) и Русской платформой (по данным Герасимова, 1955) на родовом уровне. Установлено, что кимериджские и волжские комплексы устриц северо-запада Западной Сибири и севера Восточной Сибири не отличались кардинальным образом от европейских, но были гораздо беднее в таксономическом отношении и в их составе отсутствовали теплолюбивые формы. Берриасские и валанжинские комплексы устриц северо-запада Западной Сибири и севера Восточной Сибири сильно отличаются от европейских. Берриасские и валанжинские комплексы устриц Польши представлены характерными для мела родами, в это же время на северо-западе Западной Сибири и на севере Восточной Сибири продолжают существовать юрские роды устриц, представленные рядом эндемичных видов. Таким образом, на рубеже юры и мела в Европе происходит резкая смена таксономического состава устричных комплексов, хорошо прослеживаются два этапа в развитии устриц: позднеюрский и раннемеловой, в это же время в Сибири не происходит резкой смены комплексов устриц, и верхнеюрские-нижнемеловые устрицы представляют единый этап развития.

## **Глава 2. ВАРИАЦИИ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА**

### **2.1 Материал и методы**

Для изотопных исследований с разных стратиграфических уровней были отобраны семь раковин устриц *Pernostrea (Pernostrea) uralensis* (Zakharov) визуально хорошей сохранности. Степень сохранности карбонатного вещества устанавливалась следующими методами: 1) макроскопическим исследованием на предмет отсутствия видимых признаков постседиментационных изменений; 2) микроскопическим анализом сохранности микроструктуры раковин; 3) катодолюминесцентным анализом шлифов раковин устриц; 4) анализом содержаний Fe, Mn, Sr в кальците раковин; 5) определением отсутствия/наличия корреляции в изменениях изотопного состава углерода, кислорода и содержаниями Fe, Mn, Sr в образцах. Изотопный состав диоксида углерода определялся на масс-спектрометре Finnigan

МАТ-253 с использованием приставки Gas Bench II О.П. Изох. Все анализы были выполнены в аналитическом центре Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

## 2.2 Результаты

### 2.2.1 Постседиментационные изменения

Отсутствие перекристаллизованных участков в микроструктуре раковины, а также отсутствие люминесцирующих участков при катодолюминесцентном анализе (люминесцируют лишь участки вдоль трещин) предполагает отсутствие значительных постседиментационных изменений карбоната, слагающего изученные раковины устриц. В пользу хорошей степени сохранности карбонатного материала свидетельствует также отсутствие корреляции между изотопным составом С и О в изученных образцах и содержание Fe, Mn и Sr. Таким образом, исследованные образцы из раковин устриц удовлетворяют критериям сохранности карбонатного вещества и с большой степенью вероятности характеризуются  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^{13}\text{C}$ , отражающими первичные вариации изотопного состава кислорода в юрско-меловом морском палеобассейне.

### 2.2.2 Изотопный состав углерода

Величины  $\delta^{13}\text{C}$  в изученных образцах заключены от 2,5 до 3,6‰. Максимальные значения  $\delta^{13}\text{C}$  по устрицам и белемнитам приходятся на один и тот же интервал разреза, соответствующий белемнитовой зоне *Simobelus compactus*, однако для белемнитов здесь фиксируется достаточно четкий положительный экскурс, ограниченный точками с гораздо меньшими значениями  $\delta^{13}\text{C}$  (диапазон значений 0,7 – 1,6‰), в то время как значения  $\delta^{13}\text{C}$  по устрицам находятся в узком диапазоне (3,2 – 3,6‰). Отклонения значений  $\delta^{13}\text{C}$  по устрицам от значений по белемнитам достаточно велики (до 3,5‰), что может быть объяснено различным фракционированием изотопов углерода в организмах устриц и белемнитов.

### 2.2.3 Изотопный состав кислорода

Величины  $\delta^{18}\text{O}$  в изученных образцах из раковин устриц заключены в диапазоне от -2,2 до -0,7‰. В целом, наблюдается тенденция на уменьшение значений  $\delta^{18}\text{O}$  вверх по разрезу от низов верхнего подъяруса волжского яруса до зоны *Chetaites sibiricus* рязанского яруса. Полученные значения  $\delta^{18}\text{O}$  по устрицам оказались ниже значений по белемнитам, которые варьируют в диапазоне от -2,0 до -0,2‰ (Dzyuba et al., 2013), однако установленный тренд сходен с таковым по белемнитам.

### 2.2.4 Расчет палеотемператур

Расчет палеотемператур производился по формуле  $T(^{\circ}\text{C}) = 16,0 - 4,14 * (\delta_{\text{c}} - \delta_{\text{w}}) + 0,13 * (\delta_{\text{c}} - \delta_{\text{w}})^2$ , предложенной С. Эпштейном (Epstein et al., 1953) и Г. Крэйгом (Craig, Gordon, 1965) и модифицированной Т. Андерсоном и М. Артуром (Anderson, Arthur, 1983), где  $\delta_{\text{c}}$  – изотопный

состав кислорода в кальците, поставленный в соответствие международному стандарту PDB,  $\delta_w$  – изотопный состав кислорода морской воды, в которой отлагался кальцит, поставленный в соответствие международному стандарту SMOW. Считается, что значение  $\delta_w = -1\text{‰}$  для вод безледниковых эпох наиболее приемлемо (Zakharov et al., 2006). Расчетные палеотемпературы по карбонатному веществу раковин устриц заключены в диапазоне от  $+14,8$  до  $+21,1^\circ\text{C}$ . Максимальные значения палеотемператур ( $+21,1^\circ\text{C}$ ) наблюдаются в средней части разреза, соответствующей интервалу перекрытия аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis* и белемнитовых слоев с *Simobelus compactus*, тогда как минимальные значения ( $+14,8^\circ\text{C}$ ) наблюдаются в нижней части разреза, соответствующей белемнитовой зоне *Lagonibelus napaensis*. Таким образом, с низов верхневолжского подъяруса вплоть до низов рязанского яруса наблюдается тренд на повышение и относительную стабилизацию палеотемператур. Палеотемпературы, рассчитанные в работе по опубликованным изотопно-кислородным данным по карбонатному веществу ростров белемнитов (Dzyuba et al., 2013), оказались в диапазоне от  $+12,8^\circ\text{C}$  до  $+20,3^\circ\text{C}$ . Минимальные значения палеотемператур ( $+12,8^\circ\text{C}$ ) наблюдаются в нижней части разреза, соответствующей белемнитовой зоне *Lagonibelus napaensis*, а максимальные ( $+20,3^\circ\text{C}$ ) – в средней части разреза, в основании и середине белемнитовых слоев с *Simobelus compactus*. Тренд на повышение палеотемператур отчетливо наблюдается от основания разреза до середины аммонитовой зоны *Subcraspedites maurynijensis*. Таким образом, расчетные палеотемпературы по устрицам (среднее значение  $18,5^\circ\text{C}$ ) оказались в среднем на  $2^\circ\text{C}$  выше палеотемператур по белемнитам (среднее значение  $16,5^\circ\text{C}$ ), однако тенденция изменения палеотемператур в разрезе по устрицам совпадает с таковой по белемнитам.

### **2.3 Обсуждение результатов**

Обсуждается разница значений палеотемператур, полученных по карбонатному веществу из раковин устриц и ростров белемнитов. Анализируются имеющиеся в литературе данные по палеотемпературам, полученным по разным группам фауны.

### **2.4 Основные выводы изотопно-геохимического исследования раковин устриц из разреза р. Маурья**

На основе комплекса оптических и геохимических исследований раковин юрских и меловых устриц установлено, что использованный для изотопного анализа раковинный карбонатный материал обладает хорошей сохранностью, и полученные по нему  $\delta^{18}\text{O}$  данные могут использоваться для расчета палеотемператур.

Получены схожие тренды на повышение палеотемператур вверх по разрезу по карбонатному веществу раковин устриц и ростров белемнитов. Абсолютные значения палеотемператур по устрицам оказались выше значений по белемнитам (в среднем на 2°C), что объясняется миграциями белемнитов в более холодные воды.

Полученный результат иллюстрирует сложность взаимосвязи данных по изотопам кислорода и экологии животных, в связи с чем представляется, что реконструкцию образа жизни белемнитов нельзя основывать только на изотопных данных.

Схожесть температурных трендов по устрицам и белемнитам говорит о допустимости использования карбонатного материала ростров белемнитов для реконструкции глобальных палеотемпературных трендов, несмотря на трудности, связанные с интерпретацией образа жизни белемнитов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С учетом опубликованных в последние десятилетия данных по систематике надсемейства *Ostreoidea* и на основе оценки степени модификационной изменчивости и таксономического веса признаков верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири, меловых и палеогеновых устриц Горного Крыма, а также современных устриц *Crassostrea gigas* уточнены критерии систематики верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири.

2. Ревизован таксономический состав верхнеюрских-нижнемеловых устриц Сибири. Подсемейство *Gryphaeinae* подразделено на трибы *Pernostreini* trib. n. и *Gryphaeini* trib. n. Триба *Pernostreini* включает в себя роды *Deltoideum* и *Pernostrea*. Триба *Gryphaeini* представлена единственным родом *Gryphaea*. В составе рода *Pernostrea* выделен новый подрод *Boreiodeltoideum* subgen. nov., который включает эндемичную филогенетическую ветвь рода *Pernostrea*, получившую развитие в сибирских морях в волжском – готеривском веках. В новый монотипический род *Argutostrea* gen. nov. выделены широко распространенные в поздней юре устрицы *Liostrea roemeri* (Quenstedt), адаптированные к существованию на раковинах плавающих аммонитов и резко отличающиеся от других устриц инвертированной формой раковины. Всего монографически описано 18 видов, в том числе 3 новых, из 6 родов, относящихся к 5 подсемействам из 2 семейств.

3. Установлено, что в западной части Бореальной области историческое развитие устриц в поздней юре – раннем мелу представлено двумя этапами: позднеюрским и раннемеловым. В это же время в Сибири резкой смены комплексов устриц на рубеже юры и мела не происходит, историческое развитие устриц в поздней юре – раннем мелу Сибири представляет единый

этап. Верхнеюрские комплексы устриц Европы и Сибири характеризуются сходством таксономического состава, однако сибирские комплексы устриц отличаются обедненностью, обусловленной отсутствием в них теплолюбивых таксонов. Все роды устриц, встречаемые в кимеридже-волге Сибири, встречаются и в Европе. Нижнемеловые комплексы устриц Европы и Сибири резко отличаются друг от друга. Европейские нижнемеловые комплексы устриц представлены характерными для мела родами, в то время как сибирские комплексы представлены эндемичными видами родов, характерных для юры.

4. Получены новые изотопно-геохимические данные по раковинам устриц из пограничных юрско-меловых отложений разреза на р. Маурынья (северо-запад Западной Сибири). На основе комплекса оптических и геохимических исследований раковин устриц установлено, что использованный для изотопного анализа раковинный карбонатный материал обладает хорошей сохранностью, и полученные по нему  $\delta^{18}\text{O}$  данные могут использоваться для расчета палеотемператур. Расчетные палеотемпературы по устрицам оказались в диапазоне от 14,8 до 21,1°C и в среднем на 2°C выше палеотемператур по белемнитам, что объясняется миграциями белемнитов в более холодные воды.  $\delta^{13}\text{C}$  значения по устрицам оказались выше таковых значений по белемнитам, что объясняется различным фракционированием изотопов углерода в организме устриц и белемнитов, однако тенденция изменений значений  $\delta^{13}\text{C}$  по раковинам устриц вверх по разрезу не прослеживается, что делает их непригодными для хемотратиграфии.

Дальнейшая разработка темы исследования связывается с получением новых изотопно-геохимических данных по верхнеюрским – нижнемеловым разрезам Сибири по разным эволюционным группам фауны для палеоклиматологических реконструкций и построения композитной изотопно-углеродной кривой для Бореальной области, а также с дальнейшим уточнением системы надсемейства *Ostreoidea* с использованием ископаемого и современного материала.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций*

1. **Косенко, И.Н.** О позднеюрских и раннемеловых устрицах (*Bivalvia*, *Ostreoidea*) севера Сибири / И.Н. Косенко // Палеонтологический журнал. – 2014. – №4. – С. 41-47.

2. **Косенко, И.Н.** О позднеюрских и раннемеловых устрицах рода *Deltoideum* Rollier (*Bivalvia*, *Ostreoidea*) Сибири. / И.Н. Косенко // Палеонтологический журнал. - 2016. - №4. – С. 21 - 30.



*Работы, опубликованные в других изданиях:*

3. **Косенко, И.Н.** Позднеюрские и раннемеловые устрицы (Bivalvia) Сибири: морфология и таксономический вес признаков / И.Н. Косенко // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы VI Всероссийского совещания (г. Геленджик, 10-15 сентября 2012 г.). – 2012. – С. 172-175.

4. **Kosenko, I.** The Late Jurassic and Early Cretaceous oysters (Bivalvia) from Siberia: results of systematic-paleontological and isotopic research / I. Kosenko // 4th International Students Geological Conference (Brno, Czech Republic, April 19-21, 2013): Conference Proceedings. – 2013. – С. 82.

5. **Косенко, И.Н.** Таксономический вес признаков и ревизия таксономического состава позднеюрских-раннемеловых устриц Урала и Сибири / И.Н. Косенко // Систематика организмов. Ее значение для биостратиграфии и палеобиогеографии: Материалы LIX сессии Палеонтологического общества при РАН (Санкт-Петербург, 1-5 апреля 2013 г.). – 2013. – С. 68-70.

6. **Косенко, И.Н.** Вариации изотопов углерода и кислорода в приграничных толщах юры и мела Северного Урала: сравнительный анализ по белемнитам и устрицам / И.Н. Косенко, О.С. Дзюба, Б.Н. Шурыгин // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Пятое Всероссийское совещание (г.Тюмень, 23-26 сентября 2013 г.): Научные материалы. – 2013. – С. 123-125.

7. **Косенко, И.Н.** Вариации изотопов углерода и кислорода в раковинах устриц в разрезе верхней юры реки Маурынья: палеоэкологическая и палеотемпературная интерпретация / И.Н. Косенко // Трофимукские чтения - 2013: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых (г. Новосибирск, 8 - 14 сентября 2013 г.). – 2013. – С. 188-191.

8. **Косенко, И.Н.** Вариации изотопов углерода и кислорода в раковинах устриц из приграничных отложений юры и мела реки Маурынья (Западная Сибирь) / И.Н. Косенко, О.П. Изох, О.С. Дзюба, Б.Н. Шурыгин // XX симпозиум по геохимии изотопов им. акад. А.П. Виноградова (Москва, 12-14 ноября 2013 г.): Тезисы докладов. – 2013. – С. 181-184.

9. **Косенко, И.Н.** Вариации изотопов углерода и кислорода в скелетном веществе юрских и меловых устриц и белемнитов (Западная Сибирь): эволюционный и палеотемпературный аспекты / И.Н. Косенко // Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири: Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов, посвящ. 80-летию акад. А.Э. Конторовича [Электронный ресурс]. – 2014. – С. 35-38.

10. **Косенко, И.Н.** К вопросу о филогении устриц (*Bivalvia*, *Ostreoidea*) / И.Н. Косенко // Диверсификация и этапность эволюции органического мира в свете палеонтологической летописи: Материалы LX сессии Палеонтологического общества при РАН, посвящ. 100-летию со дня рождения Б.С. Соколова (г. Санкт-Петербург, 7-11 апреля 2014 г.). – 2014. – С. 80-82.

11. **Косенко, И.Н.** Позднеюрские и раннемеловые устрицы (*Bivalvia*, *Ostreoidea*) Сибири: систематика, распространение, палеоэкология / И.Н. Косенко // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы Седьмого Всероссийского совещания с международным участием (г. Владивосток, о. Русский, 10-15 сентября 2014 г.). – 2014. – С. 167-170.

12. Shurygin, B.N. Isotopic evidence for earliest Cretaceous climate change: new data from Siberia / B.N. Shurygin, O.S. Dzyuba, O.P. Izokh, **I.N. Kosenko** // The Second International Symposium of IGCP 608 (The 2nd IGCP608 Waseda 2014) "Land-Ocean Linkages and Biotic Evolution during the Cretaceous: Contribution from Asia and Western Pacific" (Tokyo, Japan, Waseda University, September 4-10, 2014): Abstract volume. – 2014. – С. 72-73.

13. **Косенко, И.Н.** Верхнеюрские и нижнемеловые устрицы (*Bivalvia*, *Ostreoidea*) Северного Урала и севера Сибири: систематика и вариации изотопов углерода и кислорода / И.Н. Косенко // Геология в различных сферах: XIII конференция студенческого научного общества СПбГУ (г. Санкт-Петербург, 12-13 апреля 2014 г.): Тезисы докладов. – 2014. – С. 87-88.

14. **Kosenko, I.** The features of the evolution of oysters / I. Kosenko // Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract series. 5th International Students Geological Conference (Budapest, Hungary, 24-27 April, 2014). – 2014. – Т. 8. – С. 62.

15. **Kosenko, I.** The isotopic composition of carbon and oxygen in the oysters shells from the Jurassic/Cretaceous boundary strata from Maurynia river (Western Siberia) / I. Kosenko // Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract series. 5th International Students Geological Conference (Budapest, Hungary, 24-27 April, 2014). – 2014. – Т. 8. – С. 63.

16. Шурыгин, Б.Н. Изотопные маркеры (С, О, Sr) приграничных толщ юры и мела бореальных районов (разрез Маурынья, Западная Сибирь) / Б.Н. Шурыгин, О.С. Дзюба, О.П. Изох, **И.Н. Косенко**, А.Б. Кузнецов // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Шестое Всероссийское совещание (г. Махачкала, 15-20 сентября 2015 г.): Научные материалы. – 2015. – С. 314-316.

17. **Косенко, И.Н.** Реконструкция палеотемператур по изотопно-геохимическим данным скелетного вещества устриц и белемнитов из разреза пограничных юрско-меловых отложений на реке Маурынья (Западная Сибирь) / И.Н. Косенко // Трофимуксовские чтения - 2015: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых [Электронный ресурс]. – 2015. – С. 51-53.

18. Сельцер, В.Б. Эпийоккия устрицы *Liostrea roemeri* на аммонитах / В.Б. Сельцер, **И.Н. Косенко** // Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия: Материалы совещания (г. Москва, 2-4 апреля 2015 г.). – 2015. – Вып. 4. – С. 120-123.

19. Шурыгин, Б.Н. Вариации изотопов углерода в нижнем бате Сокурского разреза (Русская платформа) / Б.Н. Шурыгин, О.С. Дзюба, О.П. Изох, **И.Н. Косенко**, О.С. Урман // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Шестое Всероссийское совещание (г. Махачкала, 15-20 сентября 2015 г.): Научные материалы. – 2015. – С. 317-319.

20. **Косенко, И.Н.** Новое в систематике позднеюрских-раннемеловых устриц (*Bivalvia*, *Ostreoidea*) севера Сибири / И.Н. Косенко // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Шестое Всероссийское совещание (г. Махачкала, 15-20 сентября 2015 г.): Научные материалы. – 2015. – С. 169-172.

21. **Косенко, И.Н.** Модификационная изменчивость устриц и ее значение для систематики и филогении / И.Н. Косенко // Современные проблемы палеонтологии. LXI сессия палеонтологического общества (13-17 апреля, 2015 г.). – 2015. – С. 56-57.

---

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 26.07.2016

Формат 60x84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс

Печ.л. 1,0. Тираж 100. Зак. № 148

---

ИНГГ СО РАН, ОИТ, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

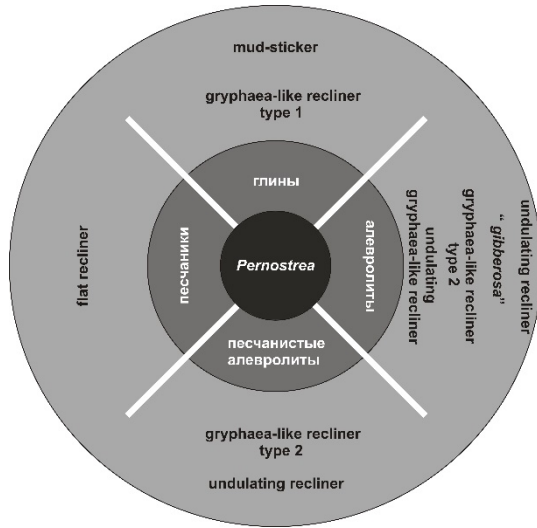


Рисунок 1 - Фациальная приуроченность морфотипов раковин устриц рода *Pernostrea*

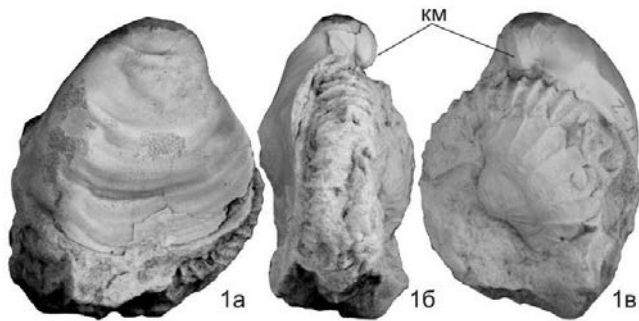


Рисунок 2 - Устрицы *Argutostrea roemeri* (Quenstedt), прикрепленные с двух сторон к раковине аммонита *Pavlovia* sp. (×1), Приполярный Урал, р. Няя-Ю, волжский ярус, средний подъярус, зона и подзона iatriensis, сборы В.А. Захарова, ЦСГМ, экз. № 2048/16: 1а, в – вид сбоку, 1б – вид с вентральной стороны. У крупной устрицы отчетливо различима клювовидная макушка (кМ)

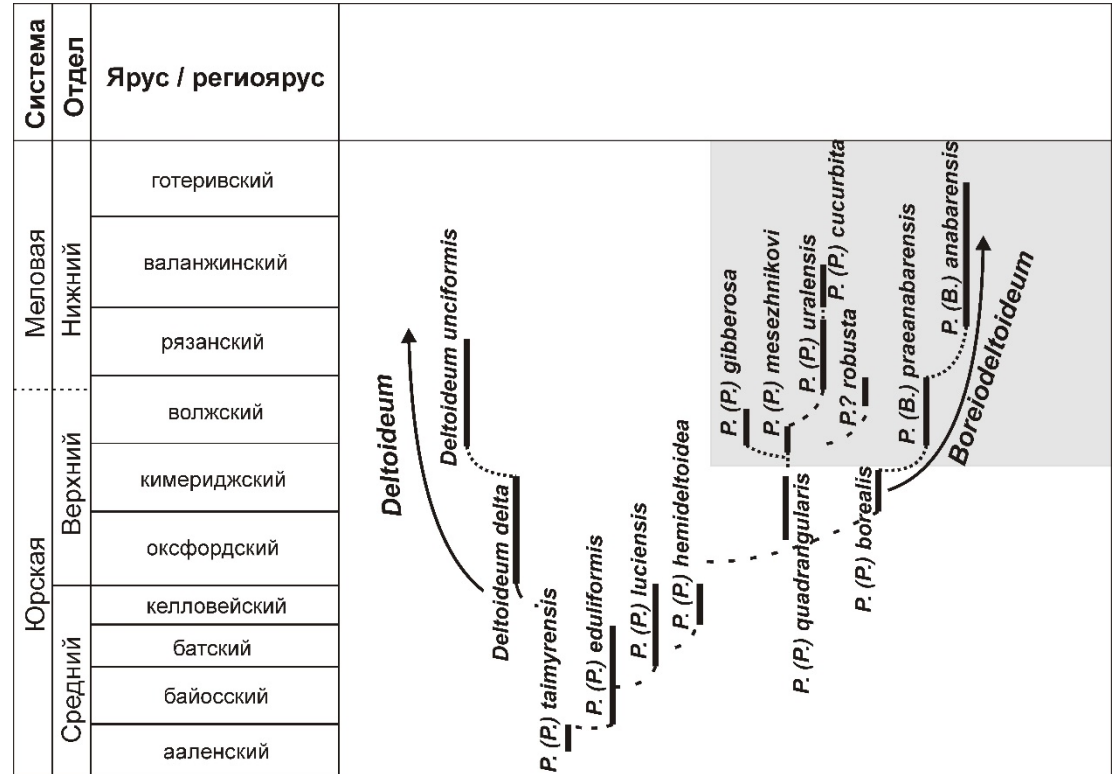


Рисунок 3 – Схема филогении устриц трибы Pernostreini trib. n, Серым выделены позднеюрские – раннемеловые эндемики Сибири. Частым пунктиром обозначены хорошо прослеживающиеся филогенетические связи, редким пунктиром – предполагаемые филогенетические связи