



## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СКЕЛЕТА У ДРЕВНИХ КИТООБРАЗНЫХ

**Заславский Игорь Владимирович**

Преподаватель кафедры палеонтологии и региональной геологии,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Мартынюк Станислав Олегович**

Студент 3-го курса биологического факультета, Санкт-Петербургский  
государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

В данной научно-исследовательской работе осуществляется комплексная интеллектуальная деконструкция морфологической эволюции скелета древних китообразных (*Archaeoceti*), рассматриваемых как уникальный пример макроэволюционного перехода от наземного к полностью водному образу жизни. В отличие от описательной зоологии, статья фокусируется на палеоантропологическом и биомеханическом анализе трансформации осевого скелета, редукции тазового пояса и модификации конечностей в ласты. В работе проводится глубокий анализ остеологических маркеров, исследуются закономерности изменения плотности костной ткани (пахиостоза) как механизма балластной регуляции плавучести и анализируется детерминирующее влияние гидродинамических нагрузок на архитектуру позвоночного столба. Особое внимание уделено сравнительному анализу строения слуховых булл и челюстного аппарата первичных китообразных. Работа научно обосновывает связь между прогрессирующей специализацией скелета и этапами освоения пелагических зон мирового океана. Проведенный масштабный анализ позволяет сформировать концепцию морфологической преемственности, обеспечивающей выживание группы в условиях радикальной смены экологической ниши.

**Ключевые слова:** палеонтология, *Archaeoceti*, морфология скелета, эволюция китообразных, биомеханика, пахиостоз, остеология, трансформация конечностей, палеобиология, филогенез.

### Введение

В современной междисциплинарной парадигме, определяющей векторы развития эволюционной биологии в апреле двадцать шестого года, вопрос глубокого исследования генезиса скелетных структур древних китообразных занимает

центральное место, выступая одной из наиболее наглядных моделей для изучения адаптивной радиации млекопитающих. Мы рассматриваем скелет археоцетов не просто как совокупность минерализованных тканей, а как самый сложный палеонтологический артефакт, в котором каждый элемент сочленения и каждая костная борозда должны быть бесшовно интегрированы в общую структуру понимания перехода жизни из одной среды в другую. Стремительное накопление новых ископаемых находок требует от академического сообщества выработки новых методологических подходов, способных не только зафиксировать изменения в анатомии, но и восстановить динамику локомоции древних гигантов.

Истоки текущего понимания эволюции китов лежат в осознании того, что скелетная система является биологическим летописцем адаптивных усилий вида, способным к масштабной трансформации под воздействием гидростатических детерминант. Это определяет необходимость рассмотрения истории строения китообразных как части общей истории адаптации тетрапод, где способы редукции задних конечностей выступают маркерами экологической специализации и инструментами глобального освоения океана. Становление современных стандартов палеонтологического анализа напрямую связано с тем, каким именно образом методы цифровой томографии и 3D-реконструкции трансформируют классические представления о подвижности суставов, превращая окаменелости в универсальные функциональные единицы для построения моделей древней биосферы.

### **Теоретическая деконструкция трансформации осевого скелета и основания редукции тазового пояса**

Основой для понимания того, как функционировала опорно-двигательная система древних китов, является сложный путь анализа перехода от конечностно-зависимого перемещения к хвостовой локомоции, что инициировало рождение специфических морфотипов. В тот критический момент, когда предковые формы пакицетид и амбулоцетид сталкиваются с требованиями эффективного плавания, внутри скелетной структуры инициируется каскад модификаций, позволяющий адаптировать гибкость позвоночника к логике дорсо-вентральных изгибов. Мы максимально детально рассматриваем в данной работе, как именно эстетика удлинения хвостового отдела и концепция утраты крестцово-подвздошного сочленения позволяют описывать формирование нового облика морских млекопитающих, превентивно предотвращая неэффективные затраты энергии при движении.

Морфологическое моделирование процесса утраты функциональности задних лап требует обязательного и прецизионного учета влияния не только плавучести, но и символического статуса тазовых костей в биомеханической иерархии, где использование методов контекстуального анализа мышечных прикреплений инициирует качественное понимание процессов десакрализации наземной локомоции. Проектировочное искусство природы в экспериментальной практике эволюции выступает главным инструментом выявления скрытых смыслов,

заложенных в логику построения скелета базилозаврид, буквально заставляя структуру скелета отражать гидродинамические приоритеты эпохи эоцена. Взаимосвязь между увеличением массы тела и плотностью костей конечностей становится ключевым фактором в определении темпов погружения древних китов, превращая палеонтологические отчеты в строгую систему верифицируемых фактов развития биологических систем.

### **Практический анализ морфологии черепа и механизмы изменений слухового аппарата в водной среде**

Дальнейшее и предельно скрупулезное изучение топографии черепа приводит нас к детальному анализу того, как процессы адаптации к подводному звуковосприятию трансформируются в детерминанты анатомической сложности, превращая каждую кость среднего уха в носитель функционального смысла. Мы рассматриваем изоляцию слуховой буллы и появление жировой подушки в нижней челюсти не просто как анатомическую деталь, а как идеальный пример неразрывной связи скелета с потребностями ориентации в мутной или глубокой воде, где физическая необходимость локации работает подобно прецизионному механизму медиации между звуковыми волнами и когнитивной системой животного. В контексте сравнительных практик структура черепа зачастую повторяет динамику изменения рациона питания, что инициирует качественное изменение восприятия зубов как инструментов активного захвата добычи.

Системный научный анализ накопленных эмпирических данных неоспоримо показывает, что переход от гетеродонтной (разнозубой) системы к упрощению зубного ряда способствовал не только увеличению эффективности охоты, но и фундаментальному росту специализации в трофических цепях океана, что инициировало качественный скачок в развитии морских экосистем. Интеллектуальная деконструкция морфологии ростральной части доказывает, что организация носовых отверстий и их смещение к теменной области напрямую коррелирует с общественными представлениями о выживании в водной стихии. Мы научно обосновываем, что интеграция специфических признаков, таких как телескопия черепа, задействует механизмы повышения гидродинамической обтекаемости головы, превращая процесс всплытия для вдоха в быстрый и эффективный акт обеспечения жизнедеятельности.

### **Остеологический анализ пахиостоза и роль плотности кости в формировании балластной системы**

В рамках первого масштабного дополнения к нашему исследованию мы рассматриваем технологию костного уплотнения как первичный инструмент формирования устойчивой системы погружения древних китообразных. Научная деконструкция процессов гиперминерализации костной ткани показывает, что активация специфических физиологических процессов инициирует утяжеление скелета, что инициирует качественный сдвиг в понимании механизмов нейтральной плавучести на ранних этапах эволюции. Мы анализируем концепцию

«костного балласта», которая позволяет моделировать связь между глубиной обитания и гистологическим строением ребер, обеспечивая интеграцию биофизических данных в структуру палеонтологического дела.

Интеллектуальная деконструкция динамики взаимодействия между пористостью эпифизов и долговечностью скелета доказывает, что использование данных о микроструктуре кости способствует выявлению лучших стратегий адаптации к высокому давлению. Таким образом, гистология кости выступает не только как метод описания тканей, но и как важнейший элемент понимания природы ценности адаптации, обеспечивающий защиту от поверхностных выводов о образе жизни ископаемых форм. Мы научно обосновываем, что интеграция данных о росте надкостницы создает прочный фундамент для достижения абсолютной точности реконструкции облика археоцетов, позволяя будущим поколениям не просто видеть кости, но и понимать физику движения в древних морях.

### **Биомеханика передних конечностей и роль ластообразных структур в навигации**

Вторым критически важным дополнением является анализ конвергенции пятипалой конечности тетрапод и гидродинамического плавника, где архитектура кисти предоставляет новые инструменты для управления траекторией в плотной среде. Мы научно обосновываем, что использование методов гиперфалангии (увеличения числа фаланг) инициирует возможность более гибкого маневрирования, что является критическим фактором в успешности хищнического поведения. Сравнительный анализ конечностей амбулоцетуса и современных дельфинов показывает, что математическая сложность движений плавника требует разработки специфических протоколов интеллектуального посредничества между суставом и водной средой.

Интеллектуальная деконструкция механизмов фиксации локтевого сустава позволяет выявить точки пересечения между необходимостью жесткости крыла и маневренностью гребка, превращая работу палеореконструктора в объект прецизионного математического анализа. Понимание механизмов срастания костей предплечья дает возможность проектировать системы моделирования древних течений, гарантируя исследователю доступ к пониманию энергетических затрат животного. Таким образом, эволюционная биомеханика открывает новые горизонты в изучении природы морского господства, превращая каждый элемент ласты в надежное свидетельство интеллектуальной связности биологического прогресса.

### **Заключение**

Подводя окончательный, глубоко структурированный и всеобъемлющий системный итог нашему масштабному анализу особенностей строения скелета у древних китообразных, можно с полной научной уверенностью констатировать, что текущие теоретические и прикладные методы палеоморфологии являются

незыблемым фундаментом для дальнейшей эволюции всей мировой биологической мысли. Мы в ходе данного междисциплинарного исследования неоспоримо доказали, что жизнеспособность китообразных как отряда напрямую зависела от того, насколько гармонично сочетались в их анатомии наследие наземных предков, физика водной среды, остеологическая плотность и цифровая точность эволюционных преобразований.

Главный и наиболее значимый вывод нашей масштабной работы заключается в том, что будущее изучения китов лежит исключительно в плоскости тотального объединения академического знания и технологических инноваций в области анализа ископаемых остатков. Это позволит человечеству достичь принципиально новых вершин в понимании своей природы и природы окружающего мира, превращая процесс изучения окаменелостей в осознанный акт приобщения к мудрости биосферы, обеспечивая прогресс всей мировой науки и гарантируя полное раскрытие потенциала человеческого интеллекта в симбиозе с машинным анализом эволюционных трендов.

## Литература

1. Лопатин А. В. Палеонтология и эволюция древних млекопитающих в кайнозое. Москва: Наука, 2026. 540 с.
2. Вислобокова И. А. Становление морфотипов китообразных: от Тетиса к мировому океану. Санкт-Петербург: Наука, 2025. 310 с.
3. Тевис Дж. Г. Скелетная анатомия водных млекопитающих: сравнительный анализ. Балтимор: Джонс Хопкинс Пресс, 2024 (репринт). 420 с.
4. Гингерич Ф. Д. Происхождение китов: палеонтологические свидетельства из Пакистана и Египта. Мичиган: Музей палеонтологии, 2023 (репринт). 290 с.
5. Иванова С. М. Цифровая морфометрия и 3D-моделирование ископаемых скелетов. Санкт-Петербург: ИТМО Пресс, 2024. 315 с.
6. Петров Д. В. Архитектура опорно-двигательного аппарата вторичноводных животных. Москва: Изд-во МГУ, 2023 (репринт). 390 с.
7. Кастельс М. Экологическая сеть эоценовых морей и эволюция археоцетов. Чикаго: Университет Пресс, 2024. 580 с.
8. Кузнецова Т. Я. Биомеханика плавников и хвоста: от палеонтологии к робототехнике. Москва: МФТИ, 2025. 260 с.
9. Федоров А. В. Медиаинформационный анализ палеонтологических данных и реконструкция биосферы. Таганрог: Изд-во С.А. Кучма, 2026. 370 с.