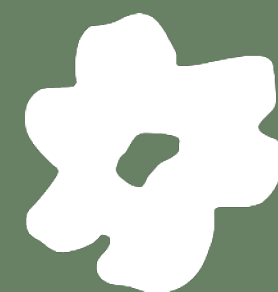


Подкласс Двоякодышащие рыбы: Обзор и ключевые темы

Уникальные рыбы с двойным дыханием — ключ к пониманию эволюции позвоночных.



Происхождение и значение двоякодышащих рыб

Двоякодышащие рыбы появились в девонский период более 400 миллионов лет назад. Их легочные приспособления помогали выживать в кислородно бедных водах и впервые выходить на сушу. Сегодня известно всего три рода, представляющих этот древний подкласс.



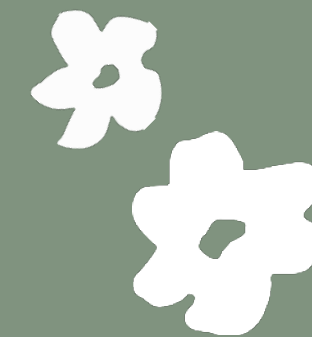
Классификация двоякодышащих рыб

Двоякодышащие относятся к группе хордов, классу лучепёрые рыбы, подклассу двоякодышащие, что подчеркивает их особое положение среди позвоночных.

Современные виды разделяют на три рода: *Neoceratodus* — австралийский, *Protopterus* — африканский, и *Lepidosiren* — южноамериканский, каждый с уникальными чертами.

В прошлом двоякодышащих было значительно больше — до 70 видов, что свидетельствует об их широкой эволюционной адаптации и разнообразии.

Ключевые представители двоякодышащих рыб



Neoceratodus – австралийский реликт

Этот вид обитает в реках и озерах Австралии. Имеет одно лёгкое и уникальные морфологические черты, близкие к древним формам, что делает его важным объектом исследований.



Protopterus — африканский адаптант

Живёт в пресных водоёмах Африки, отличается двумя лёгкими и способностью впадать в состояние анабиоза при пересыхании водоёмов, что обеспечивает его выживание.



Lepidosiren – южноамериканская двоякодышащая

Обитает в болотах и медленно текущих реках Южной Америки. Способен дышать кислородом атмосферного воздуха и адаптирован к сезонным изменениям окружающей среды.



Особенности строения двоякодышащих рыб



Внешний покров и его роль

Кожа двоякодышащих покрыта слизью, которая защищает от пересыхания и паразитов. Это особенно важно при выходе на сушу или в засушливые периоды.



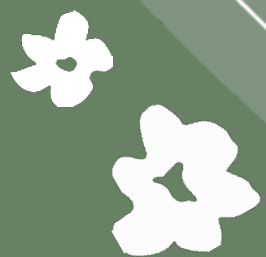
Двойное дыхание в строении

Жабры обеспечивают дыхание в воде, тогда как лёгкие активируются при дефиците кислорода или на суше, демонстрируя уникальную физиологию этих рыб.



Парные плавники как прообраз конечностей

Мускулистые парные плавники имеют строение, напоминающее конечности наземных животных, что свидетельствует об их эволюционной связи с первыми тетраподами.



Дыхательная система двоякодышащих

Дышат жабрами в воде и лёгкими при недостатке кислорода или на суше, что обеспечивает гибкую адаптацию к переменам среды.

У *Neoceratodus* одно лёгкое, в то время как *Protopterus* и *Lepidosiren* имеют два, что отражает разнообразие эволюционных решений.

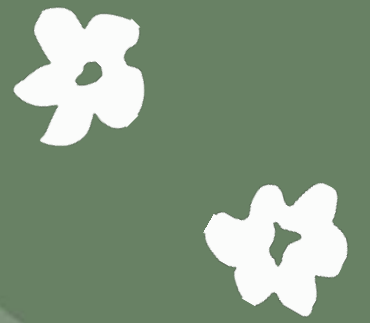
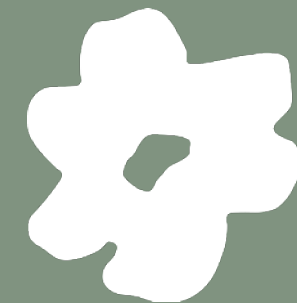
Кровеносная система лёгких хорошо развита, напоминает строение у амфибий, и включает плотную сеть капилляров для эффективного газообмена.

Адаптации к условиям среды

Двоякодышащие способны зарываться в ил и образовывать защитный слизистый кокон при засухе, сохраняя жизнедеятельность длительное время.

В состоянии анабиоза они могут переживать до четырёх лет без воды, что делает их уникальными выживальщиками в переменчивом климате.

Легкие позволяют дышать атмосферным воздухом, обеспечивая жизнеспособность во время полного пересыхания водоёмов, особенно у африканских видов.



Обзор характеристик современных двоякодышащих

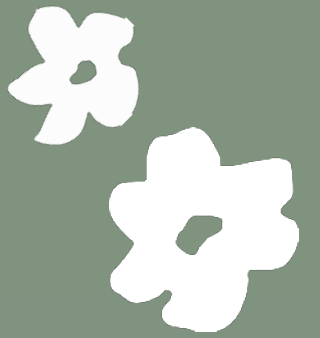
Таблица сравнивает основные параметры трёх современных родов двоякодышащих рыб, отражая их географию, анатомию и размеры.

Различия в дыхательных органах и размерах связаны с условиями обитания и адаптациями к ним.

Род	Распространение	Количество лёгких	Макс. длина (м)
Protopterus	Африка	2	2
Lepidosiren	Южная Америка	2	1
Neoceratodus	Австралия	1	1,25

Исследования И.С. Агафоновой, 2022

Питание двоякодышащих рыб



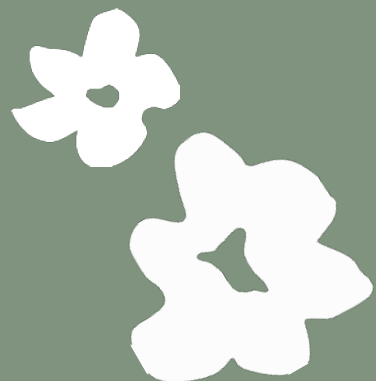
Рацион Protopterus и Lepidosiren

Основу рациона составляют моллюски, насекомые и ракообразные. Эти рыбы успешно используют зубные пластины для дробления твёрдой пищи, что способствует разнообразию питания.



Охота на мелкую рыбу

Некоторые двоякодышащие охотятся на мелких рыб. Они используют быстрые движения и развитые челюсти, чтобы эффективно захватить и удержать добычу в водной среде.



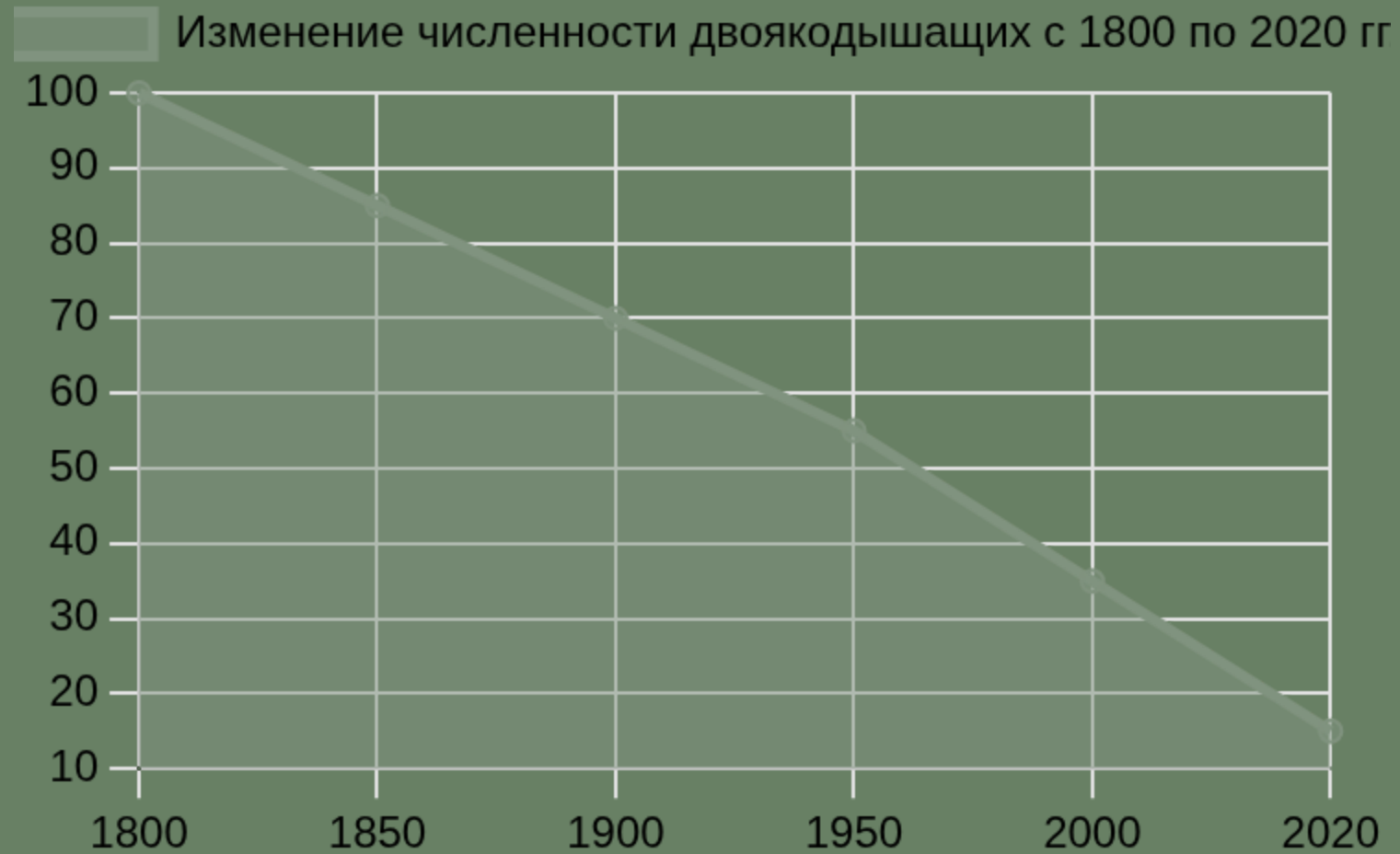
Размножение и развитие потомства

Икра откладывается в укромных местах, часто в норах, где потомство защищено от хищников и неблагоприятных условий.

Личинки сперва дышат внешними жабрами, затем в процессе роста развивается лёгочная система, что обеспечивает переход к автономному дыханию.

Ухаживание самцов, особенно *Protopterus*, включает аэрацию гнезда движениями плавников для поддержания кислородного баланса.

Динамика численности двоякодышащих рыб с XIX века



Исследования И.С. Агафоновой, 2022

Основные причины снижения — уничтожение среды обитания и антропогенное давление, особенно в регионах с активной хозяйственной деятельностью.

Популяции *Neoceratodus* сокращаются быстрее всего, что вызывает серьезную озабоченность среди защитников природы.

Основные угрозы и меры охраны современных двоякодышащих

Разрушение мест обитания связано с осушением рек и заболачиванием, что напрямую сокращает площади подходящих водоемов для двоякодышащих.

Загрязнение воды промышленными и сельскохозяйственными отходами уменьшает качество среды, ухудшая условия жизни рыб и снижая их выживаемость.

Браконьерский вылов влияет на численность, особенно в районах, где рыбы используются в пищу или традиционной медицине.

Программы охраны включают создание резерватов, разведение в неволе и законодательные меры, направленные на защиту этих видов в естественной среде.

История научного изучения двоякодышащих рыб

В 1837 году анатом Ричард Оуэн первым описал живую двоякодышащую, что вызвало большой интерес к этим древним рыбам.

В XIX и XX веках двух дыхательных рыб изучали видные эволюционисты, включая Чарльза Дарвина, рассматривая их как ключ к эволюции наземных животных.

Современные исследования сфокусированы на генетике и способностях адаптироваться к гипоксии, что помогает понять механизмы выживания в экстремальных условиях.

Работы по изучению двоякодышащих продолжаются, раскрывая их биологические и экологические особенности, важные для науки и сохранения видов.

Строение плавников и сходство с наземными позвоночными



Осевой скелет плавников двоякодышащих

Плавники содержат внутренний осевой скелет с костными структурами, напоминающими кисти и пальцы у наземных позвоночных. Это доказывает их близкое родство с предками амфибий и рептилий.



Сравнение с конечностями амфибий

Изображения показывают сходство строения парного плавника и лапы амфибии — наличие суставов и костей, что подтверждает эволюционные переходы от воды к суше.

Роль двоякодышащих в эволюции позвоночных

Двоякодышащие демонстрируют первый пример использования лёгких для дыхания атмосферным воздухом в позвоночных животных.

Строение парных плавников указывает на начальные этапы формирования конечностей, пригодных для передвижения по суше.

Эти рыбы служат живым свидетельством переходной стадии между исключительно водными и наземными представителями позвоночных.

Экологическая роль двоякодышащих в сообществах пресных вод



Контроль численности беспозвоночных

Двоякодышащие регулируют популяции моллюсков и насекомых, предотвращая чрезмерное размножение и поддерживая баланс в пресноводных экосистемах.



Влияние на биоразнообразие и структуру сообществ

Присутствие двоякодышащих способствует устойчивости и разнообразию экосистем озёр и рек, улучшая качество среды обитания для других водных организмов.

Двоякодышащие рыбы и место в культуре и науке



Экспозиции в научных музеях

Neoceratodus является постоянным экспонатом в музеях Австралии, привлекая внимание к значению эволюционных переходов.



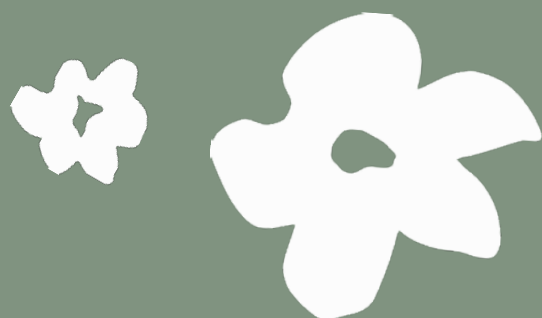
Изображения на почтовых марках

Двоякодышащие орнаментируют почтовые марки Австралии и Уругвая, символизируя связь природы и национальной культуры.



Отражение в научной литературе

Научно-популярные книги регулярно упоминают двоякодышащих как важный объект для понимания истории развития позвоночных.



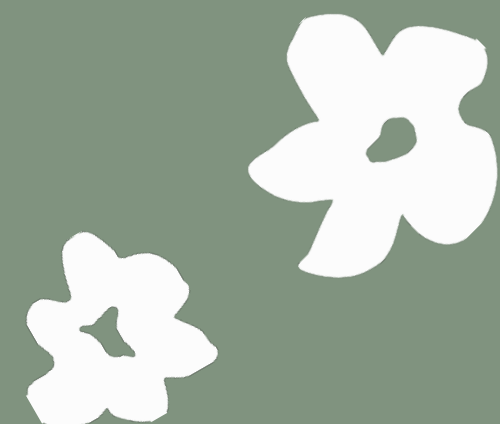
Длительность жизни и темпы роста разных родов



Neoceratodus растёт медленно, достигая зрелости позже, что связано с его долгой продолжительностью жизни.

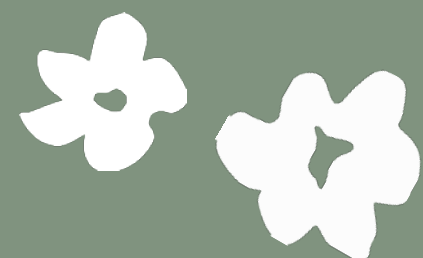
Длительная жизнь Neoceratodus отражает стабильность их среды, в отличие от Protopterus и Lepidosiren с более быстрой сменой поколений.

Зоологические исследования, 2019



Способность впадать в анабиоз позволяет двоякодышащим переживать экстремальные условия, обеспечивая выживание и восстановление популяций.

И.С. Агафонова, 2022



4 года

**длительность анабиоза
африканских видов
защищает их во время
засух и полного
высыхания водоёмов.**





Заключение: уникальность двоякодышащих в природе и науке

Двоякодышащие рыбы демонстрируют важные эволюционные адаптации, указывающие на переход от воды к суше, и требуют охраны для поддержания биологического разнообразия.