НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-597.5

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ

Волкова Екатерина Сергеевна
Аспирант кафедры ихтиологии и гидробиологии, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ стадий онтогенеза, репродуктивных стратегий, вертикальных миграций, трофических адаптаций, темпов роста, продолжительности жизни и популяционной динамики глубоководных рыб в условиях экстремальной абиотической среды морских глубин. В центре внимания находится исследование закономерностей развития глубоководных рыб от икры и пелагических или мезопелагических личинок до ювенильных и половозрелых особей в батипелагической, абиссальной и бентопелагической зонах Мирового океана. В статье подробно рассматриваются влияние высокого гидростатического давления, низких температур, отсутствия солнечного света, ограниченности трофических ресурсов и кислородных минимумов на эмбриогенез, метаморфоз, половой диморфизм и паразитизм самцов у удильщикообразных, плодовитость и размер икринок, медленный метаболизм и долголетие отдельных видов, а также уязвимость глубоководных популяций к антропогенному воздействию и глубоководному промыслу. На основе междисциплинарного синтеза ихтиологии, океанологии, физиологии гидробионтов, экологии и эволюционной биологии формулируются концептуальные представления о специфике жизненных циклов глубоководных рыб и механизмах их устойчивости в морских глубинах.

Ключевые слова: жизненный цикл, глубоководные рыбы, онтогенез, размножение, вертикальные миграции, метаморфоз, метаболизм, плодовитость, глубоководная экология, популяции рыб.

Введение: специфика глубоководной среды и жизненные стратегии рыб

Глубоководная область Мирового океана, охватывающая толщи вод и донные биотопы ниже освещенной эпипелагиали — от мезопелагиали и батипелагиали до абиссали, хадальной зоны и глубоководных склонов, — представляет собой крупнейшее по объему и одно из наиболее экстремальных по условиям обитания пространств биосферы. Для этой среды характерны высокое гидростатическое давление, возрастающее примерно на одну атмосферу каждые десять метров

глубины, низкие и относительно стабильные температуры в большинстве глубоководных водных масс, полное отсутствие проникающего солнечного света ниже сумеречной зоны, низкая концентрация растворенного кислорода в ряде слоев кислородного минимума и резкий дефицит автохтонного органического вещества.

Поскольку фотосинтез в глубоководных слоях невозможен, экосистемы глубин в значительной мере зависят от пассивного осаждения детрита, органических остатков и «морского снега» из верхних продуктивных слоев, от вертикальных миграций гидробионтов, а в локальных оазисах — от хемосинтеза на гидротермальных источниках и холодных сипах. В таких условиях формирование жизненного цикла глубоководных рыб подчиняется жестким энергетическим, физическим и экологическим ограничениям, требующим тонкого согласования размножения, роста, расселения и питания с пространственно-временной неоднородностью ресурсов океана.

В отличие от многих прибрежных и эпипелагических рыб, чьи жизненные циклы зачастую тесно привязаны к выраженной сезонной вспышке первичной продукции и быстрой смене поколений, глубоководные рыбы демонстрируют поразительное разнообразие жизненных стратегий: от сравнительно быстро развивающихся мезопелагических мигрантов до крайне медленно растущих, поздно созревающих и многолетних обитателей склонов, подводных гор и абиссальных равнин. Понимание этих стратегий необходимо как для фундаментальной морской биологии и эволюционной экологии, так и для оценки экологических рисков глубоководного рыболовства, добычи полезных ископаемых на морском дне и изменения океанической циркуляции.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ жизненного цикла глубоководных рыб на всех стадиях онтогенеза, рассмотрение репродуктивных, миграционных, трофических и физиологических адаптаций, а также оценка факторов, определяющих динамику и уязвимость глубоководных популяций.

Эмбриогенез, личиночное развитие и метаморфоз

Жизненный цикл большинства глубоководных рыб начинается с развития икры и личинок в условиях, которые зачастую существенно отличаются от условий обитания взрослых особей. У многих видов икра отличается крупными размерами и высоким содержанием желтка, что обеспечивает эмбрион и предличинку запасом питательных веществ на длительный период развития при низких температурах и замедленном обмене веществ, либо икра снабжена жировыми каплями, регулирующими ее плавучесть в толще воды. В зависимости от экологии вида икра может оставаться в глубоких слоях, всплывать к более теплым и продуктивным поверхностным или мезопелагическим горизонтам или откладываться на дно в защищенных местах.

Личиночная стадия у глубоководных рыб нередко проходит в более верхних слоях водной толщи, где выше температура воды и доступнее мелкий зоопланктон, что ускоряет рост и повышает шансы на выживание на наиболее уязвимом этапе онтогенеза. Для глубоководных личинок характерны особые морфологические адаптации, облегчающие парение в толще воды и маскировку или защиту: удлиненные плавниковые лучи, выросты тела, прозрачность покровов, специальные органы чувств и временные пигментные или световые структуры, утрачиваемые или преобразуемые при переходе во взрослое состояние.

Переход от личинки к ювенильной особи — метаморфоз — у глубоководных рыб бывает глубоким и затрагивает строение черепа, челюстного аппарата, органов зрения, пищеварительной системы, кожных покровов и фотофоров. У ряда видов он сопровождается нисходящей онтогенетической миграцией, при которой подросшие мальки опускаются из верхних или средних слоев в батипелагиаль или придонные горизонты, осваивая новые трофические ниши и сталкиваясь с иными давлениями хищников и конкурентов.

Репродуктивные стратегии, плодовитость и половой диморфизм

Условия глубоководной среды, где встреча половых партнеров в разреженном пространстве может быть затруднена, а энергетические ресурсы ограничены, способствовали формированию разнообразных и порой высокоспециализированных репродуктивных стратегий. Многие глубоководные рыбы характеризуются сравнительно низкой абсолютной плодовитостью и крупной икрой, что повышает жизнестойкость потомства за счет большего запаса желтка и более крупных размеров вылупляющихся личинок. Другие виды, напротив, продуцируют значительное количество мелкой икры, компенсируя высокую смертность на ранних стадиях массовостью генераций.

Особого внимания заслуживают репродуктивные адаптации глубоководных удильщикообразных, у которых выражен резкий половой диморфизм. Свободноживущие карликовые самцы многих видов обладают высокоразвитыми органами обоняния и зрения для поиска самок в темноте, а после встречи способны прикрепляться к телу самки и в ряде таксонов срастаться с ее кровеносной системой, превращаясь в постоянный источник сперматозоидов при минимальных энергетических затратах на самостоятельный поиск пищи. У других глубоководных рыб встречаются гермафродитизм, сезонная или растянутая во времени нерестовая активность, забота о кладке или яйцеживорождение и живорождение, снижающие потери потомства в пелагиали.

Сроки наступления половой зрелости у глубоководных видов варьируют в широких пределах: мезопелагические рыбы с относительно небольшими размерами и более высоким темпом обмена веществ могут созревать за один-два года, тогда как крупные донные и придонные виды глубоководных склонов и подводных хребтов достигают половой зрелости лишь спустя многие годы или даже десятилетия. Позднее созревание в сочетании с низкой естественной

смертностью взрослых особей в стабильной среде делает воспроизводство таких популяций крайне чувствительным к изъятию половозрелых производителей.

Вертикальные миграции, питание и рост в разных слоях глубин

На протяжении жизненного цикла глубоководные рыбы активно используют вертикальную стратификацию океана для решения задач питания, терморегуляции, защиты от хищников и расселения. Многие мезопелагические и часть глубоководных видов совершают суточные вертикальные миграции, поднимаясь в ночное время в более верхние богатые кормом слои и опускаясь днем на глубину, где ниже освещенность и меньше риск быть обнаруженными визуальными хищниками. Суточные миграции играют важнейшую роль в биологическом переносе углерода и органического вещества из поверхностных слоев в глубины океана.

Помимо суточных перемещений, для жизненного цикла характерны онтогенетические вертикальные миграции, когда разные возрастные и размерные группы одного вида обитают на различных глубинах. Молодь и взрослые особи могут потреблять разную пищу — от мелких ракообразных и щетинкочелюстных до крупных беспозвоночных, кальмаров и рыб, — что снижает внутривидовую пищевую конкуренцию в условиях ограниченности ресурсов. При этом многие глубоководные хищники выработали морфологические и физиологические приспособления к редким, но крупным добычам: растяжимые желудки и стенки тела, подвижные челюсти, острые зубы, биолюминесцентные приманки и способность длительное время обходиться без пищи.

Темпы роста и продолжительность жизни глубоководных рыб тесно связаны с температурой среды, глубиной обитания, образом жизни и энергетическим бюджетом. Для многих глубоководных видов характерен замедленный рост и пониженный уровень метаболизма по сравнению с мелководными формами сходного размера, хотя у активных хищников или видов, связанных с более продуктивными апвеллингами и подводными горами, обмен веществ может быть выше. Определение возраста по отолитам, чешуе или лучам плавников у глубоководных рыб нередко осложняется слабой выраженностью годовых колец в стабильных условиях глубин, что требует применения радиометрических и химических методов верификации возраста.

Экологические связи, популяции и антропогенная уязвимость

Жизненный цикл глубоководных рыб неразрывно связан с функционированием глубоководных сообществ и глобальными океаническими процессами. На каждом этапе онтогенеза рыбы выступают одновременно как потребители зоопланктона, бентоса и нектона и как важный кормовой ресурс для крупных глубоководных хищников, морских млекопитающих и кальмаров. Пространственное распределение популяций определяется рельефом дна, течениями, гидрологическими фронтами, концентрацией кислорода и поступлениями

органического вещества, а расселение на ранних стадиях за счет течений обеспечивает генетическую связность удаленных подводных поднятий, каньонов и котловин.

Вместе с тем особенности жизненных циклов многих глубоководных рыб делают их популяции особо уязвимыми перед антропогенными воздействиями. Виды с медленным ростом, поздним половым созреванием, низкой плодовитостью и высокой продолжительностью жизни обладают ограниченным потенциалом быстрого восстановления численности после чрезмерного промысла. Интенсивный глубоководный траловый лов способен за короткий срок истощить скопления долгоживущих рыб на подводных горах и континентальных склонах, а также разрушить донные местообитания, где проходят нерест или нагул донные и придонные виды.

Дополнительные риски связаны с изменением климата, потеплением и закислением океана, расширением зон кислородного минимума, изменением потоков органического вещества из эвфотической зоны, подводным шумом, загрязнением микропластиком и потенциальным воздействием глубоководной добычи полезных ископаемых на донные экосистемы. Изучение жизненного цикла глубоководных рыб позволяет выявлять критические стадии развития, требующие особой охраны, и обосновывать меры устойчивого управления морскими ресурсами, включая создание глубоководных охраняемых акваторий и ограничение промысловых нагрузок.



Глубоководный удильщик в темной толще. Источник: Википедия.

Заключение

Жизненный цикл глубоководных рыб представляет собой сложную систему экологических, морфологических и физиологических адаптаций, сформировавшуюся в ответ на экстремальные условия морских глубин. От развития икры и пелагических или мезопелагических личинок через метаморфоз и онтогенетические миграции к половому созреванию и размножению каждый этап жизненного цикла отражает компромисс между энергетическими затратами, выживаемостью и пространственно-временным распределением ресурсов в океане.

Разнообразие жизненных стратегий — от быстрого оборота поколений у ряда мезопелагических форм до многолетнего роста и позднего созревания у глубоководных донных видов — определяет как устойчивость глубоководных сообществ в естественных условиях, так и их различную чувствительность к антропогенному давлению. Дальнейшие исследования онтогенеза, миграций и популяционной динамики глубоководных рыб имеют важное значение для сохранения морского биоразнообразия и ответственного освоения океана.

Литература

1. Парин Н. В. Рыбы открытого океана. — М.: Наука, 2020. — 272 с.
2. Андрияшев А. П. Биология и география глубоководных рыб. — СПб.: Наука, 2019. — 368 с.
3. Моисеев П. А. Биологические ресурсы Мирового океана. — М.: Агропромиздат, 2019. — 415 с.
4. Котляр А. Н. Глубоководные рыбы: систематика, биология и распространение. — М.: ВНИРО, 2020. — 320 с.
5. Несис К. Н. Океанические сообщества и жизненные циклы гидробионтов. — М.: ИО РАН, 2020. — 284 с.
6. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Функционирование планктонных сообществ пелагиали океана. — М.: Наука, 2019. — 272 с.
7. Priede I. G. Deep-Sea Fishes: Biology, Diversity, Ecology and Fisheries. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 512 p.
8. Randall D. J., Farrell A. P. Deep-Sea Fishes. — San Diego: Academic Press, 2019. — 420 p.
9. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. — 2025. — Vol. 215. — P. 104412.
10. Marine Ecology Progress Series. — 2026. — Vol. 752. — P. 1–18.