

Блогнот. Максим Тимофеев: климатические катастрофы прошлого глазами байкальских рачков

— Что это?

— Глаз. Человеческий глаз.

— Стекланный?

— Настоящий. Принято считать, что в зрачке убитого остается изображение убийцы в последний момент перед смертью. Я провел ряд опытов и могу с уверенностью сказать:

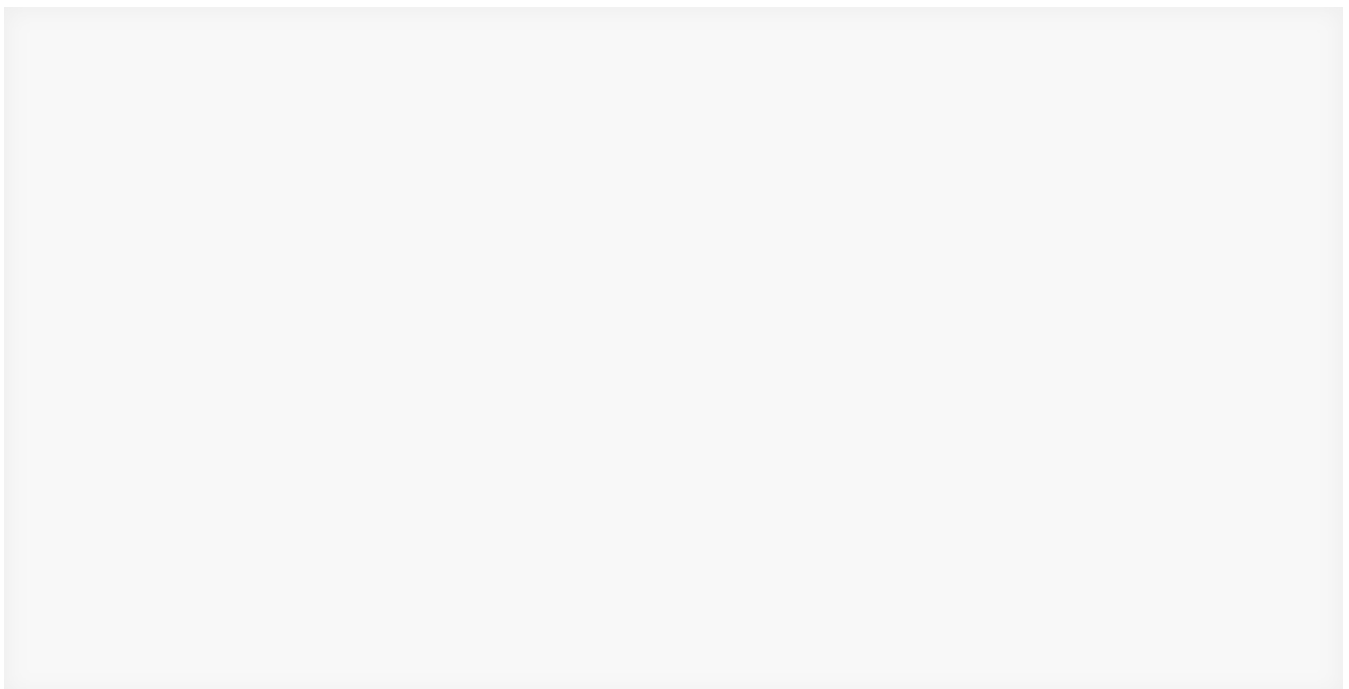
абсолютная чепуха!

«Приключения Шерлока Холмса и доктора Ватсона»

Ученые и медики давным-давно опровергли фантазии о том, что глаза могут хранить отображение катастрофических событий, с которыми сталкивались их владельцы. По крайней мере, убийцы в них точно не отображаются. Но что же насчет других неприятностей? Могут ли глаза живых существ рассказать нам что-то о прошлом?

Оказывается, действительно могут. Так, глаза байкальских эндемичных рачков амфипод рассказали исследователям Байкала кое-что о древних климатических катастрофах. Причем, как часто происходит в науке, открытие сделано совершенно случайно и совсем по другому поводу. Но обо всем по порядку.

Итак, молодые ученые НИИ биологии ИГУ, под руководством к.б.н. Polina Drozdova и при поддержке Российского научного фонда решили изучить разнообразие зрительных белков опсинов у байкальских амфипод.



RESEARCH

Open Access



The diversity of opsins in Lake Baikal amphipods (Amphipoda: Gammaridae)

Polina Drozdova^{1,2*}, Alena Kizenko³, Alexandra Saranchina¹, Anton Gurkov^{1,2}, Maria Firulyova⁴, Ekaterina Govorukhina¹ and Maxim Timofeyev^{1,2*}

Abstract

Background: Vision is a crucial sense for the evolutionary success of many animal groups. Here we explore the diversity of visual pigments (opsins) in the transcriptomes of amphipods (Crustacea: Amphipoda) and conclude that it is restricted to middle (MWS) and long wavelength-sensitive (LWS) opsins in the overwhelming majority of examined species.

Results: We evidenced (i) parallel loss of MWS opsin expression in multiple species (including two independently evolved lineages from the deep and ancient Lake Baikal) and (ii) LWS opsin amplification (up to five transcripts) in both Baikal lineages. The number of LWS opsins negatively correlated with habitat depth in Baikal amphipods. Some LWS opsins in Baikal amphipods contained MWS-like substitutions, suggesting that they might have undergone spectral tuning.

Conclusions: This repeating two-step evolutionary scenario suggests common triggers, possibly the lack of light during the periods when Baikal was permanently covered with thick ice and its subsequent melting. Overall, this observation demonstrates the possibility of revealing climate history by following the evolutionary changes in protein families.

Keywords: Crustacea: Malacostraca: Amphipoda, Lake Baikal, Ancient ecosystems, Vision, Parallel evolution

Background

Vision has been a crucial sense for the evolutionary success of many animal groups. Yet the majority of animal

(major eumetazoan opsin paralogs), one of which includes canonical visual ciliary (c) opsins and rhodometric (r) opsins [4]. At least four groups of animals

Первоначальные задачи исследования были довольно утилитарными: ученые занимались поиском новых опсинов, поскольку одно из потенциальных применений этих белков – технологии оптогенетики. Почему же байкальские обитатели, а именно эндемичные рачки-амфиподы, стали объектами такого исследования? Это напрямую связано с особенностями экосистемы озера. Ведь Байкал — единственное озеро на нашей планете, в котором благодаря насыщенности кислородом толщи воды пресноводные организмы могут обитать до глубин больше полутора километров. При этом, если в литорали Байкала свет проникает на глубины до 40 метров, то, начиная с глубины более 100 метров, света практически нет, там всегда стабильная холодная температура и очень темно.

В темноте больших глубин обитает множество самых разных животных, но наибольшее разнообразие получили именно рачки-амфиподы. Всего амфипод в Байкале около 350 видов и подвидов, и у абсолютного большинства из них большие фасеточные глаза. Для многих видов рачков форма и цвет глаз даже являются видоспецифичными признаками, что говорит о важности зрения для этих рачков.

На молекулярном уровне за зрение у всех животных отвечают зрительные пигменты, состоящие из белков опсинов и их кофакторов — производных витамина А. Если у организма есть лишь один такой белок, то он различает только интенсивность света, а если таких белков несколько, то формируется цветное зрение. Именно потенциальное разнообразие опсинов у 350 видов байкальских рачков и заинтересовало учёных.

**

Для начала исследователи провели анализ нуклеотидных последовательностей опсинов у почти 90 видов амфипод со всего мира. Этот анализ показал, что всего у амфипод встречается только два класса опсинов, а внутри класса может быть до пяти разных белков. Такой анализ не позволяет точно оценить их спектральную чувствительность, однако по последовательности представители этих двух классов сходны с опсинами, чувствительными соответственно к средней (голубому цвету) и длинноволновой частям спектра (зелёный, желтый, красный).

Здесь важно отметить, что байкальские амфиподы не обладают единым происхождением: предполагается, что их предки проникали в озеро как минимум дважды с разницей в миллионы лет. Поэтому ученые ожидали обнаружить молекулярные различия, связанные с давностью нахождения видов и длительности их приспособления к особым Байкальским условиям.

Неожиданно для ученых выяснилось, что у всех без исключений групп байкальских бокоплавов обнаружены опсины только второго класса и начисто отсутствуют опсины первого класса. При этом у родственных видов из других водоемов, обе группы опсинов вполне имеются. Это говорит о том, что все виды байкальских амфипод, независимо от происхождения и времени нахождения в Байкале, в силу неких причин разом потеряли одну и ту же группу светочувствительных белков.

Но
на

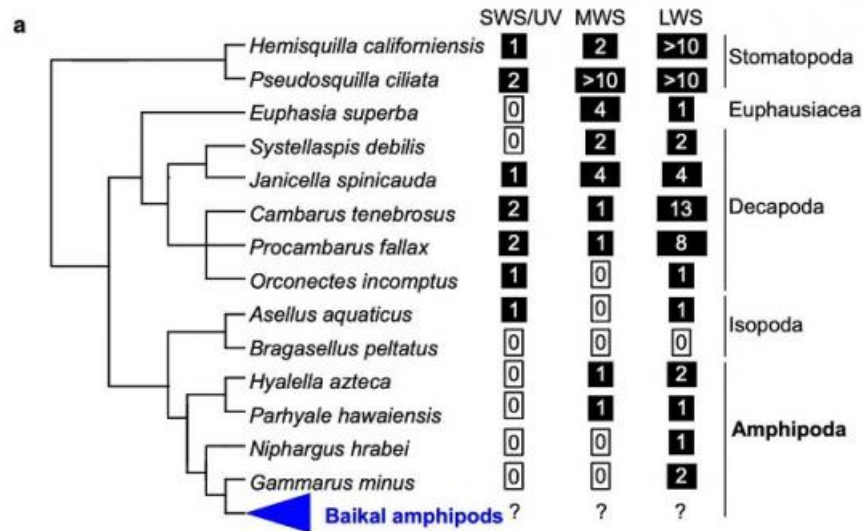


Fig. 1 The diversity of visual opsins in selected representatives of Eumalacostraca and examples of Lake Baikal amphipods. **a** Visual opsin diversity in selected malacostracan species: *Hemisquilla californiensis* and *Pseudosquilla ciliata* (Stomatopoda) [10]; *Euphausia superba* (Euphausiacea) [23]; *Janicella spinicauda*, *Systemlaspis debilis*, *Cambarus tenebrosus*, *Procambarus fallax*, and *Orconectes incomptus* (Decapoda) [11, 12, 24]; *Hyaella azteca*,

этом потери зрения в истории байкальских рачков не заканчиваются. Второй класс опсинов амфипод, в свою очередь, тоже делится на два подкласса, и один из них также оказался утерян у всех исследованных глубоководных видов. Более того, установлено, что байкальские бокоплавцы, которые регулярно встречаются на глубинах глубже 200 метров, вообще имеют только один опсин, а значит, они утратили цветное зрение и воспринимают мир чёрно-белым.

**

Биологи хорошо знают, что эволюционный процесс может идти несколькими путями: наиболее часто в виде постепенного накопления мутаций и новых признаков в популяциях, при этом в разных популяциях идет накопление разных признаков. Случаи радикального изменения одного и того же признака в независимо эволюционирующих группах (именно это мы и видим у байкальских рачков) обычно свидетельствуют о радикальных же изменениях условий среды обитания. Чаще всего это какие-то глобальные и катастрофические процессы, будь то массовые выбросы вулканов, падения метеоритов, глобальное потепление или, наоборот, похолодание. И именно последнее может дать отгадку причинам массовой утраты байкальскими рачками целого класса белков, когда-то обеспечивавших зрение в средневолновом диапазоне спектра.

Если мы посмотрим на климатическую историю Байкала, то мы увидим, что озеро неоднократно проходило через периоды как потеплений, так и похолоданий. При этом, по мнению ряда исследователей, в отдельные периоды своей истории озеро могло быть покрыто льдом практически полностью, что сопровождалось массовым вымиранием и перестройками экосистем.

При оледенениях многие обитатели Байкала могли быть отрезаны от прибрежной зоны из-за промерзания литорали. Очевидно, что среди них были и байкальские рачки-амфиподы, наибольшее разнообразие которых обитает (и, видимо, всегда обитало) в зонах небольших глубин. В периоды оледенений, которые длились не год и даже не один век, все эти виды должны были находиться в крайне неблагоприятных стрессовых условиях, адаптироваться к длительному выживанию под внушительным слоем льда.

При обитании в постоянно сниженном количестве света развитое зрение рачкам, видимо, оказалось ненужной опцией. Более того, при обитании в условиях крайне неблагоприятной среды, возникла необходимость максимально «оптимизировать» все энергетические расходы у подлёдных обитателей. Поэтому эволюция быстро отсекала все лишнее у рачков, и в том числе под оптимизацию попала одна из групп светочувствительных белков. Поэтому мы и видим утрату данного признака у всех без исключения байкальских амфипод. Когда же условия в Байкале вернулись к более тёплым и рачки вновь заселили мелководья, восстановить утраченное разнообразие белков им было уже невозможно.

Амфиподы, которые остались жить на больших глубинах, пошли еще дальше: они еще больше редуцировали свое зрение до одного опсина и отказались от функции цветного восприятия, а немногочисленные виды, как, например, глубоководные рачки-гаряевии (*Garjajewia sarsi*) так и вообще стали слепыми, с полностью отсутствующими глазами как органами.

Интересно, что сохранение у многих амфипод обоих подклассов второго класса опсинов говорит о том, что слой льда все-таки не был настолько толстым, чтобы погрузить всех рачков в полную темноту, в которой ныне обитают глубоководные виды. Вероятнее всего, лёд, будучи достаточно прозрачным, что требовало сохранения цветного восприятия, очевидно, позволял фотосинтезирующему фитопланктону поддерживать условия для сохранения жизни подо льдом. Именно этот факт, скорее всего, и позволил выжить и сохраниться множеству эндемичных видов Байкала, включая и изучаемых амфипод.

**

Итак, ученые, занимаясь поиском и описанием белков опсинов, обнаружили новое подтверждение тому, что ранее в ходе своей длительной истории Байкал неоднократно сталкивался с глобальными экосистемными вызовами, имеющими выраженные эволюционные последствия.

Скорость, с которой идет эволюция в Байкале, довольно впечатляющая.

Новый пример со зрением байкальских амфипод тслужит хорошей иллюстрацией того, как климатические катастрофы могут драматическим образом отражаться на всей экосистеме, на ее доминирующих группах и организмах. Совершенно очевидно, что прошедшие оледенения пережили далеко не все виды из многообразной фауны Байкала предшествующих периодов — только наиболее приспособленные и адаптированные смогли дойти до нашего времени. Но даже и у них мы видим эволюционные «шрамы» - явные следы тех катастрофических событий. Событий, о которых мы можем узнать и увидеть буквально глазами самих байкальских рачков.

Исследование опубликовано в журнале [BMC Ecology and Evolution](#).

Автор: Миша Ковальски © Babr24.com НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ, ИРКУТСК, БАЙКАЛ 👁 10551 21.05.2021, 14:31
📍 992

URL: <https://babr24.com/?ADE=214153> Bytes: 9134 / 8543 Версия для печати

👍 Порекомендовать текст

Поделиться в соцсетях:

ДРУГИЕ СТАТЬИ В СЮЖЕТЕ: ["ЭКОСИБИРЬ"](#)

Также читайте эксклюзивную информацию в соцсетях:

- [Телеграм](#)
- [Джем](#)
- [ВКонтакте](#)
- [Одноклассники](#)

Связаться с редакцией Бабра в Иркутской области:
irkbabr24@gmail.com



Автор текста: **Миша Ковальски**, научный обозреватель.

На сайте опубликовано **1654** текстов этого автора.

НАПИСАТЬ ГЛАВРЕДУ:

Телеграм: [@babr24_link_bot](#)
Эл.почта: newsbabr@gmail.com

ЗАКАЗАТЬ РАССЛЕДОВАНИЕ:

эл.почта: bratska.net.net@gmail.com

КОНТАКТЫ

Бурятия и Монголия: Станислав Цырь
Телеграм: [@bur24_link_bot](#)
эл.почта: bur.babr@gmail.com

Иркутск: Анастасия Суворова
Телеграм: [@irk24_link_bot](#)
эл.почта: irkbabr24@gmail.com

Красноярск: Ирина Манская
Телеграм: [@kras24_link_bot](#)
эл.почта: krsyar.babr@gmail.com

Новосибирск: Алина Обская
Телеграм: [@nsk24_link_bot](#)
эл.почта: nsk.babr@gmail.com

Томск: Николай Ушайкин
Телеграм: [@tomsk24_link_bot](#)
эл.почта: tomsk.babr@gmail.com

Прислать свою новость

ЗАКАЗАТЬ РАЗМЕЩЕНИЕ:

Рекламная группа "Экватор"
Телеграм: [@babrobot_bot](#)

эл.почта: equatoria@gmail.com

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО:

эл.почта: babrmarket@gmail.com

[Подробнее о размещении](#)

[Отказ от ответственности](#)

[Правила перепечаток](#)

[Соглашение о франчайзинге](#)

[Что такое Бабр24](#)

[Вакансии](#)

[Статистика сайта](#)

[Архив](#)

[Календарь](#)

[Зеркала сайта](#)