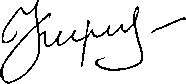
Кириченко Кузьма Анатольевич. Отношение байкальских и палеарктических амфипод к кислороду как фактору среды и механизмы адаптации при снижении его уровня : диссертация... кандидата биологических наук : 03.00.16, 03.00.04 Иркутск, 2007 134 с. РГБ ОД, 61:07-3/829

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ

РАСТЕНИЙ СО РАН

На правах рукописи



КИРИЧЕНКО КУЗЬМА АНАТОЛЬЕВИЧ

ОТНОШЕНИЕ БАЙКАЛЬСКИХ И ПАЛЕАРКТИЧЕСКИХ АМФИПОД К КИСЛОРОДУ КАК ФАКТОРУ СРЕДЫ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ПРИ СНИЖЕНИИ ЕГО УРОВНЯ

1. 16. - Экология
2. 04. - Биохимия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научные руководители: д.б.н. Т.П. Побежимова к.б.н. М.А. Тимофеев

Иркутск - 2007

ВВЕДЕНИЕ 4

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 8

1. Гидрохимические особенности озера Байкал и его температурный режим 8
2. Эволюция байкальской фауны и явление несмешиваемости 13
3. Кислород как фактор среды, отношение гидробионтов к кислороду. История исследования отношения байкальских организмов к кислородному фактору 21
4. *Кислород как фактор среды*, *отношение гидробионтов к кислороду*  21
5. *История исследования отношения байкальских организмов к кислородному фактору* 28
6. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 34
   1. Систематическая принадлежность и экология изучаемых видов 34
   2. Методика сбора и содержания амфипод, условия проведения экспериментов 42
   3. Методы анализа 45
7. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ 56
   1. Влияние пониженного содержания кислорода на термо- и токсикорезистентные способности амфипод 56
      1. *Влияние пониженного содержания кислорода на терморезистентность амфипод* 56
      2. *Влияние пониженного содержания кислорода на токсикорезистентные способности амфипод* 61
   2. Активность антиоксидантной системы в условиях пониженной концентрации кислорода у амфипод 65
   3. Влияние пониженной концентрации кислорода на качественный состав и количественное содержание белков 70
   4. Активация процессов анаэробного метаболизма у амфипод в условиях пониженного содержания кислорода 76
      1. *Анаэробный гликолиз* 76
         1. *Сравнительный анализ накопления и утилизации лактата в тканях амфипод* 76
         2. *Сравнительный анализ накопления и утилизации лактата в гемолимфе у амфипод* 81
         3. *Активность анаэробного гликолиза у амфипод в условиях*

*пониженного содержания кислорода* 84

* + 1. *Анаэробный липолиз* 86
       1. *Сравнительный анализ накопления и утилизации ацетона в тканях амфипод* 86
       2. *Сравнительный анализ накопления и утилизации ацетоуксусной кислоты в тканях амфипод* 94

*кислоты в тканях амфипод* 98

* + 1. *Процесс анаэробного образования сукцината* 102
       1. *Сравнительный анализ накопления и утилизации сукцината в тканях*

*амфипод* 102

* + 1. *Особенности анаэробного метаболизма у байкальских и*

*палеарктических видов амфипод* 107

[ВЫВОДЫ 114](#bookmark16)

СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 115

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Байкал - природный объект с уникальным сочетанием абиотических факторов среды и эндемичной фауной. Низкие и стабильные температуры, высокое насыщение воды кислородом, слабая минерализация, наличие значительных глубин вместе с древностью озера привели к формированию неповторимого комплекса живых организмов Байкала (Вотинцев, 1961; Кожов 1962; Галазий, 1987; Мазепова, 1990; Тимошкин и др., 1994; Kozhova, Izmest’eva, 1998).

Характер фауны Байкала значительно отличается от фауны окружающих его водоемов. Об узкой специализации байкальских видов к условиям озера свидетельствует явление «несмешиваемости». Байкальские виды практически не распространяются за пределы озера. С другой стороны представители сибирской фауны крайне слабо представлены в открытом Байкале, населяя мелкие заливы и соры озера. По мнению ряда авторов, барьер, определяющий несмешиваемость, установился несколько миллионов лет назад (Мазепова, 1990). Согласно палеонтологическим данным, несмешиваемость была уже в неогеновом Байкале (Мартинсон, 1951). По мнению Г.Ю. Верещагина (1935) из-за отсутствия географической изоляции несмешиваемость носит экологический характер. Отсутствие географической, с одной стороны, и наличие экологической изоляции, с другой, явилось условием и следствием сложного процесса развития и обособления байкальской фауны (Мазепова, 1990). Таким образом, можно говорить о том, что эволюция в Байкале проходила не только в стабильных, но и изолированных условиях. Результатом чего явилось образование богатой эндемичной фауны, отличающейся от животного мира окружающих водоемов. Особенностью этой фауны является наличие специфических адаптаций к обитанию в байкальских условиях (Мазепова, 1990; Тимофеев,

**2000).**

По мнению ряда авторов, именно отношение байкальских организмов к специфическим условиям в озере является главной причиной несмешиваемости (Леванидова, 1948; Кожов, 1962; Мазепова, 1990).

Так, высокое и достаточно равномерное содержание кислорода во всей толще байкальской воды делает возможным обитание организмов от литорали до максимальных глубин (Мазепова, 1990).

Учитывая уникально высокое и стабильное насыщение байкальской воды кислородом изучение адаптивных способностей байкальских эндемиков привлекает внимание исследователей к данной проблеме.

Кислород, будучи одним из важнейших факторов среды, оказывает влияние на протекание всех жизненных процессов *и,* соответственно, на адаптивные возможности организма (West, 1988; Donsbach, 1993; Diaz, 2001). Показано значение достаточного количества кислорода для аэробного дыхания, как фактора влияющего на адаптивные способности организмов и в итоге определяющего географическое распространение ряда видов (Van Dijk et al., 1999; Frederich, Portner, 2000; Portner, 2001).

Традиционно считается, что длительное эволюционное развитие байкальских организмов в условиях высокого и стабильного насыщения воды кислородом привело к формированию видов со слабо выраженными механизмами адаптации к пониженному содержанию кислорода. Так, в работах Б.И. Колупаева (1984, 1989) выдвигалось предположение, что пребывание байкальских амфипод в течение многих поколений в условиях высокой концентрации кислорода, по-видимому, является одной из причин слабого развития у них механизмов, включающих реакцию перехода на анаэробный метаболизм при снижении содержания кислорода в воде.

Проведенные работы по оценке адаптивных способностей и географического распределения байкальских эндемиков дают дополнительные аргументы в подтверждение предположения о слабом развитии адаптивных механизмов к пониженному содержанию кислорода и повышенной температуре (Базикалова, 1945; Кожов, 1962; Kozhova,

Izmest’eva, 1998). Редукция адаптивных способностей байкальских видов по отношению к сильным стрессовым факторам может быть связана с территориальной структурой их популяций. Так, на примере амфипод уже показано, что протяженность распространения байкальских эндемиков за пределами озера Байкал (по системе рек Ангара - Енисей) напрямую связана со степенью развитости у них резистентных способностей и, в частности, способности переносить пониженное содержание кислорода (Тимофеев, 2000; Timofeyev, 2002). В работе Б.И. Колупаева (1984) показано, что у байкальских организмов в экстремальных условиях способность к активации анаэробного метаболизма, выраженная через дыхательный коэффициент ниже, чем у палеарктических видов. ~

Было выдвинуто предположение, что уровень растворенного кислорода является одним из факторов, ограничивающих распространение байкальских эндемиков за пределы озера за счет влияния на резистентные способности байкальских видов (Timofeyev, 2002; Тимофеев, 2003). М.А Тимофеевым (2002, 2003), обсуждалась гипотеза о том, что резистентные способности байкальских организмов связаны с содержанием кислорода и ограничены в условиях пониженной его концентрации. Им сделано предположение, что в условиях Байкала адаптивные возможности байкальских организмов выше, а в условиях других водоемов и соровых зонах Байкала, гидрохимические особенности которых отличаются от байкальских, в том числе и пониженным содержанием кислорода, резистентность байкальских эндемиков к абиотическим факторам снижается (Тимофеев, 2003). Как показано в ряде работ (Леванидова, 1948; Кожов, 1962; Мазепова, 1990; Kozhova, Izmest’eva, 1998) некоторые байкальские эндемики способны проникать за пределы Байкала и в его соровые области. Данные виды, как показано в работах (Базикалова, 1941; Тимофеев, 2000; Timofeyev 2002), характеризуются более выраженными резистентными способностями, в том числе к пониженному содержанию кислорода.

А.Я. Базикаловой (1941), а позднее М.А. Тимофеевым (2000, 2002) установлено, что исследованные байкальские амфиподы отличаются между собой по степени устойчивости к пониженному содержанию кислорода. Отличия в способности переносить снижение концентрации кислорода свидетельствует о том, что они обладают различными механизмами резистентности к низкому содержанию кислорода.

Известно, что адаптации к пониженному содержанию кислорода у разных таксономических групп животных сводятся к изменениям на физиологическом и биохимическом уровнях. Для различных видов характерны отличия в данных механизмах резистентности, а у устойчивых видов существуют специальные механизмы (дополнительные биохимические пути энергопродукции, наличие депо запасных веществ и др.) (Лосев и др., 1982; Бельченко, 2001; Озернюк, 1992).

В чем лежат причины неравномерного развития резистентных способностей к пониженному содержанию кислорода у байкальских амфипод не ясно, более того не понятны эволюционные и экологические предпосылки в формировании таких различий.

Несмотря на существенный интерес исследователей к проблеме адаптации байкальских видов к факторам среды, и в первую очередь к кислороду, работ по определению специфики механизмов данных адаптаций до сегодняшнего момента проведено не достаточно. Между тем изучение особенностей механизмов резистентности к пониженному содержанию кислорода у байкальских организмов и их сравнение с таковыми у палеарктических видов может быть полезным, как в понимании механизмов формирования пространственно-временной структуры популяций в оз. Байкал, так и в понимании механизмов несмешиваемости байкальской и палеарктической фауны, а также для более широкого понимания особенностей эволюции адаптивных механизмов в стабильных и изолированных условиях.

**выводы**

1. Пониженное содержание кислорода в окружающей среде вызывает снижение термо- и токсикорезистентных способностей у байкальских и палеарктических амфипод.
2. В условиях пониженного содержания кислорода у байкальских видов амфипод наблюдается изменение общей пероксидазной активности, в то время как у палеарктического вида ее активность остается стабильной. У устойчивых видов наблюдается ингибирование, а у оксичувствительных общая пероксидазная активность варьирует в широком диапазоне.
3. Влияние пониженного содержания кислорода- отражается на количественном содержании и качественном составе белков у исследованных видов амфипод.
4. В условиях пониженного содержания кислорода у всех исследованных амфипод происходит активация анаэробного метаболизма, включаются процессы анаэробных гликолиза, липолиза, образования сукцината.
5. Байкальские и палеарктические амфиподы обладают способностью к утилизации продуктов анаэробного метаболизма - лактата, ацетона, ацетоуксусной кислоты, р-оксимасляной кислоты и сукцината.
6. Устойчивость видов к гипоксии коррелирует с их способностью к эффективной активации анаэробных механизмов и способностью утилизации их продуктов при возвращении к нормоксии.
7. Атлас определитель пелагобионтов оз. Байкал. - Новосибирск: Наука,

1995.-693 с.

1. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного

бассейна. В 2 томах. Том 1 Озеро Байкал. Книга 1. - Новосибирск: Наука, 2001.

1. Агаджанян Н.А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии /

Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимов. - М., 1986. 470 с.

1. Базикалова А.Я. Материалы по изучению амфипод Байкала. Поглощение

кислорода / А.Я. Базикалова // Изв. АН СССР. Сер. биол. - 1941. - №1. С. 151-158

1. Базикалова А.Я. Амфиподы оз. Байкал / А.Я. Базикалова // Труды

Байкальской Лимнологической станции АН СССР. -1945. Т. 11 - 440 с.

1. Базикалова А.Я. Заметки по систематике байкальских амфипод / А.Я.

Базикалова // Труды Байкальской Лимнологической станции АН СССР. - 1948. Т. 12.-С. 108-116.

1. Базикалова А.Я. О росте некоторых амфипод из Байкала и Ангары / А.Я.

Базикалова // Труды Байкальской Лимнологической станции АН СССР. -1951. Т 13.-С. 206-216.

1. Базикалова А.Я. Об амфиподах реки Ангары / А.Я. Базикалова // Труды

Байкальской Лимнологической станции АН СССР. - 1957. Т 15. - С. 377-387.

1. Беспозвоночные. Новый обобщенный подход / Барнс Р., Кейлоу П., Олив

П. и др. - М. Мир. 1992. - 583 с.

Ю.Бекман М.Ю. Биология Gammarus lacustris Sars в прибайкальских водоемах / М.Ю. Бекман // Труды Байкальской Лимнологической станции АН СССР. - 1954. Т. 14. - С. 268 - 311.

1. Бекман Ю.М. Биология и продукционные возможности некоторых байкальских и сибирских бокоплавов / Ю.М. Бекман, А.Я. Базикалова // Тр. Проблемных и тематических совещаний ЗИН: Проблемы гидрологии внутренних вод. - JL, 1951. - Вып.1. - С. 61-67.
2. Бекман М. Ю. Экология и продукция Micruropus possolskii (Saw) и *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) / М.Ю. Бекман // Труды лимнологического ин-та. 1962. - Т. 2 (22), ч. 1. - С. 141-155.
3. Бекман М. Ю. Население бентали и кормовые ресурсы рыб Байкала. Биологическая продуктивность водоемов Сибири / М.Ю. Бекман, Р.С. Деньгина. - М. 1969. - С. 42-47.
4. Бекман М.Ю. Глубоководная фауна амфипод. Систематика и эволюция беспозвоночных Байкала / М.Ю. Бекман. - Новосибирск: Наука сиб. отд-ние, 1984. - С.114-123.
5. Бельченко Л.А. Адаптация человека и животных к гипоксии разного происхождения / Бельченко JI.A. // Соросовский образовательный журнал. 2001. №7. - С. 33-39.
6. Березовский В.А. Патогенные и саногенные эффекты действия гипоксии на организм человека. Кислородное голодание и способы коррекции гипоксии / В.А. Березовский / Сборник научных трудов.- Киев.: Наукова думка, 1990. - С.3-11.