



Влияние температуры воды на уровень выделения аммонийного азота камчатским крабом и американским омаром



Д.В. Тырин, Н.П. Ковачева

Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии

А.В. Жигин

Научно-исследовательский центр ФГУП «Нацрыбресурс»

Актуальность

Для дальнейшего развития аквакультуры необходима отработка биотехнических принципов содержания камчатского краба и американского омара – одних из основных объектов, представляющих коммерческий интерес – в искусственных условиях. Уровень выделения аммонийного азота гидробионтами – наиболее существенный показатель для создания УЗВ, от величины которого, в свою очередь, зависит правильное проектирование и дальнейшая эксплуатация системы биологической очистки оборотной воды – основной составляющей любой УЗВ.

Новизна

В ходе данной работы было определено количество выделяемого общего аммония промысловыми самцами камчатского краба и американского омара в единицу времени на 1 кг живой массы при разных температурных режимах воды.

Практическое применение

Полученные количественные показатели выделения аммонийного азота исследуемыми видами ракообразных могут быть использованы для расчета системы биологической очистки воды в УЗВ при их передержке.

Ключевые слова

Камчатский краб, американский омар, аквакультура, ракообразные, биологическая очистка воды, установки замкнутого водопользования, аммонийный азот, аммоний, аммиак.

Все большее развитие в мире, в том числе и в России, приобретает направление аквакультуры, при котором гидробионты содержатся вне границ естественных ареалов их обитания, в непосредственной близости от крупных городов, для последующей реализации потребителям в живом виде. Основная проблема, с которой сталкиваются при этом предприниматели, – это создание и эксплуатация необходимой технической базы для содержания (передержки) гидробионтов. Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*, Tilesius, 1815) и американский омар (*Homarus americanus*) – одни из основных объектов, представляющих коммерческий интерес в данной сфере деятельности. Отработка биотехнических принципов их содержания в искусственных условиях является важнейшим фактором развития этого направления аквакультуры.

Поскольку камчатский краб и американский омар относятся к морским организмам, их содержание в удаленных от морского побережья условиях возможно только в установках с замкнутым водопользованием (УЗВ). Уровень выделения аммонийного азота гидробионтами – наиболее важный показатель для создания УЗВ, от величины которого, в свою очередь, зависит правильное проектирование и дальнейшая эксплуатация системы биологической очистки оборотной воды – основной составляющей любой УЗВ. Изучение видовых особенностей этого процесса



Рис. 1. Установка, применяемая ООО «LaMaree» для предпродажного содержания гидробионтов



А

Б

Рис. 2. Экспериментальный акватрон с объектами исследования



и его динамики в зависимости от тех или иных условий содержания гидробионтов является ключевым моментом проводимых исследований.

При этом необходимо учитывать, что температура воды в местах обитания камчатского краба колеблется от 0 до 12 °С, американского омара – от 0 до 20 °С, что служит ингибирующим фактором в процессе биологической очистки воды, осуществляемой бактериями, населяющими биофильтр УЗВ. Этот показатель обуславливает также и относительно низкую скорость обмена веществ у объектов исследования.

Камчатский краб и американский омар – аммонителеские виды, то есть в качестве основного продукта азотистого обмена они выделяют аммиак. Большая часть аммиака выходит через жаберный эпителий. Аммиак (NH₃) – остротоксичное соединение, технологическая норма его содержания в оборотной воде УЗВ составляет всего 0,05 мг/л. Однако свободный аммиак активно взаимодействует с водой, образуя менее токсичное соединение аммоний (NH₄OH или в иони-

зированной форме NH₄⁺), допустимые концентрации которого для холодноводных морских ракообразных при длительном содержании в УЗВ составляют уже 0,25–0,5 мг/л [1]. Соотношение аммония и аммиака в общем аммонии (свободная и ионизированная формы) зависит от рН и температуры воды. Так, при температуре 5...10 °С и рН 8–8,3 доля аммония достигает 90% и более.

В опубликованных научных работах вопрос выделения аммония промысловыми ракообразными обсуждался с точки зрения биохимического механизма этого процесса, но не касался количественного аспекта, который более важен для производства [2, 4, 5]. В связи с этим в более ранних работах лаборатории воспроизводства и культивирования ракообразных ВНИРО было исследовано выделение аммония у личинок и мальков камчатского краба [3]. Не менее актуальны такие исследования и по отношению к взрослым особям.

Цель данной работы состояла в определении количества выделяемого общего аммония промысловыми самцами камчат-

Таблица 1

Диапазоны и средние значения показателей среды

Показатели (в среднем)	Температурный режим, °С			
	5,9...6,9	6,5*	12...12,5	12,3*
Живая масса, кг				
крабов	1,66–2,68	2,108	1,95–2,74	2,436
омаров	0,58–0,79	0,703	0,66–0,78	0,739
Ширина карапакса крабов, мм	149–171	160	155–174	167
Плотность посадки, экз./м ³	6,7	6,7	6,7	6,7
Биомасса, кг/м ³				
крабов	11,1–17,9	14,1	13–18,3	16,2
омаров	3,9–5,3	4,6	4,4–5,2	4,8
Средний удельный расход воды, л/ч на 1 кг ЖМ при содержании				
крабов	207,47	–	176,03	–
омаров	556,86	–	518,31	–
Содержание растворенного кислорода в воде, мг/л при содержании				
крабов	9,7–12,2	10,6	8,8–9,6	9,2
омаров	10,3–12,4	11,4	8,4–9,6	9
рН воды при содержании				
крабов	7,63–8,02	7,83	7,72–8,29	7,96
омаров	7,42–7,73	7,56	7,64–7,86	7,8
Соленость воды, ‰	33–35	34	32–35	33,5

Примечание: * – средние значения.

ского краба и американского омара в единицу времени на 1 кг живой массы (ЖМ) при разных температурных режимах воды.

Работы проводили на базе передержки гидробионтов ООО «LaMaree» (г. Москва) в 2010 г. Для эксперимента было отобрано по 20 самцов камчатского краба, поставляемых из Норвегии, и американского омара, доставленных из Канады. Исследования по каждому виду проводили в два этапа, которые отличались температурными режимами: условно 6 °С и 12 °С. На каждом этапе использовали по десять особей.

До посадки в экспериментальный акватрон гидробионты содержались в общей рециркуляционной установке с плотностью посадки 50–60 кг/м³ камчатского краба и 60–75 кг/м³ американского омара (рис. 1). При этом за время эксперимента в оборотной воде этой установки среднее содержание аммония достигало 0,155 мг/л при температуре воды 6...7 °С и среднем pH 7,22. Продолжительность содержания камчатских крабов и американских омаров в общей УЗВ после вылова из естественной среды обитания и транспортировки составляла не менее 2 сут.

Исследования проводили в акватроне (рис. 2) без блока очистки воды с проточным холодильником и циркуляционным насосом (средний расход воды 410,3 л/ч). Акватрон перед посадкой каждой особи промывали пресной, а затем заполняли искусственной морской водой в объеме 150 л, приготовленной из водопроводной воды и сухой смеси солей производства ООО «Морской Аквариум». При этом отбирали пробу воды для

определения исходного количества аммонийного азота и некоторых других показателей.

Каждую особь содержали в акватроне без кормления 1 сут. Перед посадкой ее взвешивали, а у камчатского краба также измеряли ширину карапакса. По истечении суток животное возвращали в общую рециркуляционную установку, отбирали пробу воды из экспериментального акватрона, вновь заливали приготовленную искусственную морскую воду и сажали следующую особь.

Определение концентраций общего аммония проводили на фотометре КФК методом Сэджи-Солорзано с использованием фенол-гипохлоритной реакции. Температуру воды и содержание в ней кислорода измеряли многопараметровым зондом YSI-85, соленость – рефрактометром, pH – pH-метром Hanna Instruments pH211, расход циркулирующей воды – инструментальным методом.

Основные условия эксперимента представлены в табл. 1.

Результаты исследований по накоплению общего аммония в оборотной воде экспериментального акватрона представлены в табл. 2 и 3.

В части эксперимента с камчатским крабом при средней температуре воды 12,3 °С разница концентраций аммония была в 4,39 раз выше, чем при температуре 6,5 °С, что свидетельствует о соответствующем увеличении его физиологической активности и интенсивности обмена веществ при двукратном повышении температуры воды.

Таблица 2

Изменения концентраций общего аммония в воде (камчатский краб), мг/л

Образцы	Исходная	Конечная	Величина роста
Температура воды 6,5 °С			
1	0,215	0,271	0,056
2	0,237	0,319	0,082
3	0,31	0,473	0,163
4	0,23	0,371	0,141
5	0,25	0,338	0,088
6	0,168	0,34	0,172
7	0,28	0,335	0,055
8	0,277	0,397	0,12
9	0,258	0,327	0,069
10	0,443	0,58	0,137
Среднее	0,267	0,375	0,108
Температура воды 12,3 °С			
11	0,481	0,821	0,34
12	0,531	0,833	0,302
13	0,506	0,865	0,359
14	0,529	1,028	0,499
15	0,547	1,014	0,467
16	0,496	1,016	0,52
17	0,407	0,787	0,38
18	0,373	0,87	0,497
19	0,307	1,084	0,777
20	0,503	1,098	0,595
Среднее	0,468	0,942	0,474

Таблица 3

Изменения концентраций общего аммония в воде (американский омар), мг/л

Образцы	Исходная	Конечная	Величина роста
Температура воды 6 °С			
1	0,389	0,42	0,031
2	0,419	0,435	0,016
3	0,447	0,454	0,007
4	0,251	0,256	0,005
5	0,223	0,231	0,008
6	0,202	0,213	0,011
7	0,187	0,192	0,005
8	0,129	0,131	0,002
9	0,164	0,21	0,046
10	0,13	0,157	0,027
Среднее	0,25	0,27	0,016
Температура воды 12 °С			
11	0,16	0,234	0,074
12	0,141	0,161	0,02
13	0,115	0,134	0,019
14	0,133	0,143	0,01
15	0,072	0,128	0,056
16	0,097	0,118	0,021
17	0,116	0,12	0,04
18	0,08	0,089	0,09
19	0,068	0,077	0,09
20	0,048	0,058	0,1
Среднее	0,1	0,13	0,023

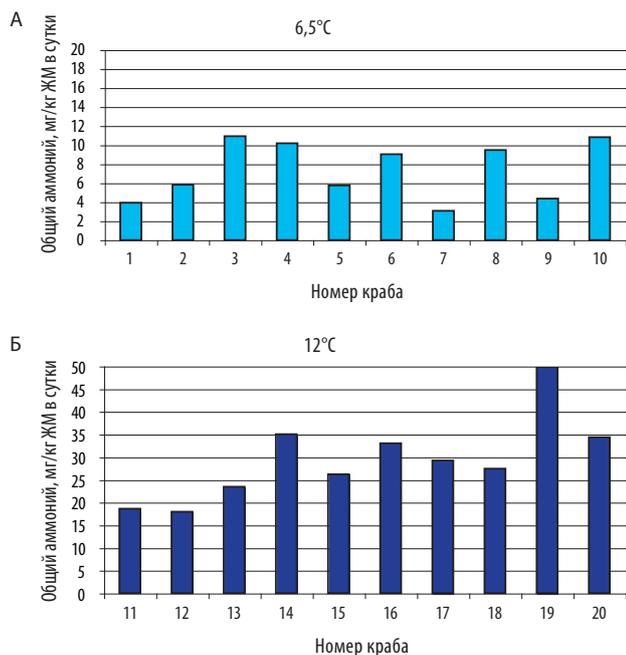


Рис. 3. Суточное выделение общего аммония камчатским крабом в зависимости от температуры воды: А – в среднем 6,5°C; Б – в среднем 12,3°C

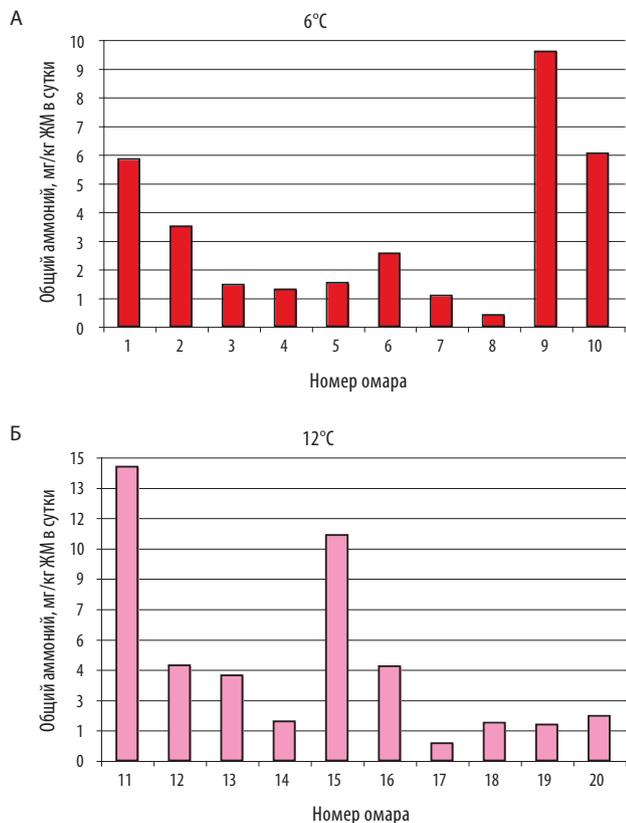


Рис. 4. Суточное выделение аммония американским омаром в зависимости от температуры воды: А – в среднем 6,5°C; Б – в среднем 12,3°C

В части эксперимента с американским омаром при обоих температурных режимах воды средние величины роста концентрации аммония оказались относительно близки. Это свидетельствует о стабильном характере уровня метаболизма в данном диапазоне изменения температур.

Однако величина роста концентраций общего аммония – лишь промежуточный результат. Суточное удельное выделение общего аммония вычислялось путем умножения величины прироста концентрации общего аммония на объем воды и деления полученного результата на ЖМ (рис. 3, 4).

За сутки крабы в среднем выделяли 7,33 мг общего аммония на 1 кг ЖМ при 6 °С и 29,16 мг на 1 кг ЖМ при 12,3 °С. Таким образом, при двукратном увеличении температуры воды выделение общего аммония крабом выросло в 3,04 раза, что может объясняться ускорением метаболизма при температуре воды, близкой к летней в естественной среде обитания. Для справки: средняя температура воды в Нордкапском течении Норвежского моря зимой и летом составляет 4 и 12 °С соответственно.

Американские омары при средней температуре воды 6,5 °С выделяли примерно 3,32 мг аммония на 1 кг ЖМ, а при средней температуре 12,3 °С – 4,63 мг/кг. Менее значимая разница концентраций объясняется более широким естественным температурным диапазоном обитания омара по сравнению с камчатским крабом, в рамках которого размах изучаемого спектра температур не столь значителен.

Пики концентраций выделения общего аммония у некоторых особей, вероятно, связаны с различной степенью голодной выдержки животных после вылова, поскольку выбрать животных с одинаковой степенью наполненности желудочно-кишечного тракта, в абсолютно одинаковом физиологическом состоянии и с одними и теми же этологическими особенностями (подвижность) в условиях промысла невозможно.

Зависимости выделения общего аммония от массы животного в исследуемом диапазоне (табл. 1) не наблюдалось.

Сравнивая полученные результаты у двух исследуемых видов, можно сделать вывод, что камчатский краб более холодолюбив: его обмен веществ при низких температурах воды значительно выше, чем у омара. Вместе с тем американский омар значительно более устойчив к изменению температуры оборотной воды УЗВ, чем камчатский краб, что можно объяснить различиями в их естественных температурных диапазонах обитания.

Полученные количественные показатели выделения аммонийного азота исследуемыми видами ракообразных могут быть использованы для расчета системы биологической очистки воды в УЗВ при их передержке. Кроме того, эти виды рекомендуется содержать в УЗВ отдельно: камчатского краба – при температурном режиме 6...7 °С, а американского омара – при 12...13 °С, что сократит расходы на охлаждение оборотной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковачева Н.П., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б. и др. Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Ч. 1. Особенности раннего онтогенеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – 76 с.
2. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. – М.: Мир, 1967.
3. Шакула Л.А., Ковачева Н.П., Назарцева М.Ю. и др. Выделение аммонийного азота камчатским крабом *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на различных этапах жизненного цикла при культивировании. // Тез. докладов 3-й Междунар. науч.-практич. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – С. 271–272.
4. Gregg A. Kormanik, James N. Cameron. Ammonia excretion in the seawater Blue Crab (*Callinectes sapidus*) occurs by diffusion, and not Na⁺/NH₄⁺ exchange. // Journal of Comparative Physiology, v. 141, 1981, pp. 457–462.
5. Dirk Weihrauch, Andreas Ziegler, Dietrich Siebers, David W. Towle. Active ammonia excretion across the gills of the green shore crab (*Carcinus maenas*): participation of Na⁺/K⁺-ATPase, V-type H⁺-ATPase and functional microtubules. // The Journal of Experimental Biology, v. 205, 2002, pp. 2765–2775.