

## ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МЕДИ НА КЛЕТОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ МОРСКИХ ЗВЕЗД *ASTERIAS RUBENS* L.

© 2020 г. В. А. Федюнин<sup>1</sup>\*, А. А. Поромов<sup>1</sup>, А. В. Смуров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, 119234 Россия

\*E-mail: v-fedyunin@mail.ru

Поступила в редакцию 19.08.2019 г.

После доработки 17.10.2019 г.

Принята к публикации 18.10.2019 г.

Работа посвящена изучению действия ионов меди на количество и соотношение различных субпопуляций и функциональные показатели клеток целомической жидкости морских звезд *Asterias rubens*. Эксперименты проводили на базе Беломорской Биологической станции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Воздействие на морских звезд хлоридом меди(II) (концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  составляла 0.78, 1.95 или 3.91 мкМ) проводили в аквариумах в течение 96 ч после добавления соли. У морских звезд, содержащихся в аквариумах с максимальной концентрацией ионов меди, наблюдали значительное увеличение числа целомоцитов. Изменялось также и распределение субпопуляций клеток: доля мелких клеток увеличивалась с 9 до 15.5%, агранулоцитов — с 61 до 75%, доля гранулоцитов соответственно уменьшалась с 30 до 8.5%. Уровень экспрессии стресс-индуцируемых белков 70 (Hsc70/Hsp70), определяемого методом Вестерн-блот-анализа, увеличивался у морских звезд во всех экспериментальных аквариумах. Жизнеспособность выделенных целомоцитов, оцениваемая по поглощению красителя нейтрального красного (НК), возрастала у морских звезд в экспериментальных аквариумах с концентрациями ионов меди 0.78 и 1.95 мкМ по сравнению с контролем, однако при концентрации 3.91 мкМ поглощение НК резко снижалось. Таким образом, показано, что ответ *A. rubens* на воздействие ионами меди(II) выражается в увеличении количества циркулирующих целомоцитов и увеличении доли субпопуляции фагоцитов, что, предположительно, может служить компенсаторным механизмом в ответ на токсическое действие меди(II).

**Ключевые слова:** целомическая жидкость, *Asterias rubens*, летальная концентрация меди

DOI: 10.31857/S0041377120010046

Загрязнение морской среды токсическими веществами антропогенного происхождения приводит к существенным нарушениям физико-химического состава природных вод, оказывающим отрицательное воздействие, как на отдельные организмы, так и на морские экосистемы в целом. Вопросы, связанные с изучением особенностей развития токсических эффектов загрязняющих веществ на живые организмы в условиях морской среды, адаптация к их воздействию, в том числе и на клеточном уровне, остаются актуальными. Белое море (внутреннее море на севере европейской части России) имеет важное экономическое значение за счет интенсивного промышленного рыболовства и хозяйственной деятельности в прибрежной зоне. Горнодобывающая промышленность оказывает значительное влияние на экосистему Белого моря, что связано с загрязнением различными металлами (Коршенко, 2015; Чер-

ногаева, 2017), среди которых медь является одним из наиболее токсичных. Медь представляет особый интерес с точки зрения токсикологии не только в связи с ее высокой токсичностью, но также и с ее высокой биологической активностью и многообразием присущих ей функций в организме животных: от участия в регуляции функциональной активности некоторых ферментов до влияния на обменные процессы, рост и развитие целого организма.

Перспективным объектом токсикологических исследований являются представители типа Иглокожие (Echinodermata). Иглокожие, древнейшие представители группы Deuterostomia, представляют интерес в связи с их высокой экологической значимостью и широким ареалом распространения. Взрослые животные — бентосные организмы, распространённые по всей акватории мирового океана, они заселяют морское дно от литорали до почти максимальных глубин. Ввиду того, что представители типа Иглокожие ведут в основном малоподвижный образ жизни и являются одним из конечных звеньев многих пи-

**Принятые сокращения:** АФК — активные формы кислорода; ЛК<sub>50</sub> — полумлетальная концентрация; НК — нейтральный красный; ЦЖ — целомическая жидкость.