

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARK, 1819) В КУРОРТНЫХ ЗОНАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Н. В. Панасюк

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: nikita@ssc-ras.ru

Определены концентрации металлов Cu, Ni, Zn, Fe, Pb в мягких тканях мидий *Mytilus galloprovincialis* Lamark, 1819 Черного моря, обитающие в прибрежных водах Сочи, Мацесты и Гагры. Установлено, что мидии из прибрежных вод Мацесты накапливали более высокие концентрации исследуемых металлов. В условиях безводной среды эти моллюски отличались более низкими показателями выживаемости. Можно предположить, наличие взаимосвязи между ослаблением мидий данной популяции и повышенным содержанием тяжелых металлов в воде этой части Черного моря, которые накапливаются в тканях моллюсков.

Введение

Черное море, являясь крупнейшей курортной зоной России, ежемесячно посещается миллионами отдыхающих. В то же время, являясь объектом постоянного антропогенного влияния, Черное море подвержено воздействию промышленных и бытовых стоков, техногенных катастроф и угрозе деградации экосистемы. Все это делает необходимым проведение объективной и своевременной оценки степени поражения, основанной на фундаментальных исследованиях с использованием современных подходов и методов. Одними из важнейших загрязнителей, аккумулирующихся в морских организмах, являются тяжелые металлы (Phillips, Rainbow, 1994).

Тяжелые металлы, в большинстве своем – потенциально токсичны, а некоторые из них, в том числе изучаемый нами свинец, ядовиты даже в относительно низких концентрациях. Двустворчатые моллюски действующие подобно закрепленному фильтру, в первую очередь подвержены накоплению токсических веществ, в том числе тяжелых металлов, попадающих в мо-

ре. Мидия является хорошим биоиндикатором состояния черноморских вод, удовлетворяя всем критериям биоиндикатора (Оскольская и др. 1999, Ugru, 2006). Изучения содержания токсических веществ в мидиях представляется актуальным также из-за участия этого моллюска в пищевой цепи (ракообразные, рыбы, птицы), а так же из-за потребления его в пищу человеком, как в местах отдыха туристов, так и в пищевой промышленности (Александрова и др., 2001).

С целью изучения степени антропогенного воздействия на водные экосистемы Черного моря было исследовано влияние тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Fe, Pb) на мидий. Определение валового содержания металлов в тканях зачастую не дает представления о степени их биологической опасности для данного вида. В настоящей работе использован двусторонний подход, включающий оценку степени загрязнения по содержанию металлов в тканях мидий, а также оценку степени антропогенного воздействия на организмы – по физиологической устойчивости к стрессу отдельных особей.

Материал и методы

Мы исследовали локальные популяции моллюсков, обитающих в прибрежных водах Сочи (43°35'с.ш. 39°43' в.д.), Мацесты (39°08'с.ш. 43°55' в.д.), Гагры (43°17'с.ш. 40°16' в.д.) в 2007–2009 гг.

Исследовались совокупные пробы мягких тканей мидий, которые накапливают большее количество тяжелых металлов, чем створки (Zeri 2000, Челядина и др. 2005).

Анализы выполнены с помощью атомной поглощательной спектрофотометрии («Квант-ЗЭТА») в Междисциплинарной аналитической лаборатории Южного Научного Центра РАН

(Панасюк, Лебедева, 2008). Величины концентраций металлов выражены в мкг/г сух. в. Пределы обнаружения металлов составляли: Fe – 0,05 мкг/г; Ni – 0,05 мкг/г; Cu – 0,01 мкг/г; Zn – 1 мкг/г; Pb – 0,01 мкг/г (для навески 5 г). Статистические гипотезы отклоняли на уровне 0,05.

В качестве физиологического маркера влияния загрязнителя на организм мидии мы выбрали физиологическую устойчивость моллюсков в безводной среде (Панасюк, Лебедева, 2008). Данная методика («Stress on stress») успешно используется зарубежными исследователями (Viarengo et. al., 1995), и представляется нам более легко воспроизводимой, чем схожая методика (воздействия анаэробным и аэробным стрессом), описанная в отечественной литературе (Никифоров, Будник, 2004). С каждого участка отобрали по 100 живых мидий равного размера. Их раковины были тщательно очищены и ополоснуты в дистиллированной воде. Моллюски были обложены и накрыты мокрой бумагой, увлажняющейся водой по мере высыхания, и затем помещены в пластиковые кюветы. В течение всего эксперимента моллюсков держали в темном проветриваемом помещении при постоянной температуре 20 °С. Продолжительность жизни моллюсков в безводной среде регистрировали, осматривая и удаляя погибших особей дважды в сутки до гибели последнего животного. По результатам наблюдений для каждой выборки были построены графики.

Результаты и обсуждение

Содержание тяжелых металлов в моллюсках.

Для корректности сравнения мы сравнивали выборки мидий взятых осенью.

Ряды абсолютных величин накопления исследованных химических элементов в мягких тканях исследуемых моллюсков выглядели следующим образом: Fe>Zn > Cu > Pb, Ni. Такое соотношение является характерным для двусторчатых (Денисов и др., 2007 и др.). Соотношение абсолютных величин отличалось в сильно загрязненных участках, например в заливе Сараникос, где преобладало накопление цинка: Zn > Fe>Cu, Ni (Viarengo et. al., 1995; Catsiki et. al., 2003). Следует отметить, однако, что речь шла скорее не о нарушении пропорции накопления, а о повышенном содержании данного металла в тканях (абсолютная величина в несколько раз превышала содержание цинка у российских моллюсков) и, соответственно, в окружающей среде.

Мидии, собранные вблизи Мацесты, показали тенденцию к накоплению максимального, по отношению к остальным станциям, количества всех исследуемых металлов.

У мидий, собранных в прибрежных водах в окрестностях Сочи и Гагры, наблюдались сходные показатели в накоплении 4-х из 5 исследуемых металлов.

Для удобства изложения, данные о содержании металлов, приведены отдельно для каждого элемента (единицы измерения мкг/г).

Железо. Содержание Fe было максимальным в тканях мидий, собранных в прибрежных водах вблизи Мацесты (295,7±8,6). На фактически одинаково низком уровне Fe содержалось в тканях мидий собранных в прибрежных водах Сочи и Гагры (рис. 1 А).

Цинк. Содержание Zn было максимальным в тканях мидий, собранных в прибрежных водах вблизи Мацесты (55,5±5,4). Среднее содержание металла было ниже у мидий собранных в районе Гагры, по сравнению с моллюсками Сочи, однако отличие не было достоверным (рис. 1 Б).

Медь. Содержание Cu было максимальным в тканях мидий, собранных в прибрежных водах вблизи Мацесты (2,8±0,3). В районах Гагры содержание Cu в моллюсках было минимально, показатель в Сочи был несколько выше, но достоверно не отличался (рис. 1 В).

Свинец. Содержание Pb было максимальным у мидий собранных в прибрежных водах вблизи Мацесты (0,3±0,01). На одинаково низком уровне Pb содержался в тканях мидий собранных в прибрежных водах Сочи и Гагры (рис. 1 Г).

Никель. Содержание Ni было максимальным у мидий собранных в прибрежных водах вблизи Мацесты (1,3±0,04). Содержание металла в тканях мидий собранных в прибрежных водах Сочи и Гагры фактически не отличалось (рис. 1 Д).

Выживаемость в безводной среде. Минимальное время жизни на суше составляло 3 дня у мидий из Мацесты, 5 дней у мидий отобранных возле Гагры и 4 дня у мидий отобранных вблизи Сочи. Время гибели 50% тестируемых особей (LD50) варьировало от 4,5 дней для популяции мидии близ Мацесты до 8,9 дней у группы из прибрежных вод в районе Гагры. Для Сочи LD50 – 5,8. Максимальное время жизни на суше для особей из Мацесты, Сочи и Гагры составляло 8, 9 и 13 дней и соответственно (рис. 2). Таким образом, мидии, обитающие вблизи Гагры, демонстрировали более высокую жизнеспособность вне водной среды, в то время как моллюски, добытые в водах возле Мацесты,

оказались более ослабленными. Как было показано выше, в тканях этих мидий наблюдалось повышенное содержание исследуемых металлов. Следует отметить, что мидии, собранные в прибрежных водах Сочи, показали достаточно низкую выживаемость в безводной среде, несмотря на сравнительно низкое содержание тяжелых металлов. Короткое время жизни, на наш

взгляд, могло быть вызвано воздействием других загрязнителей, определение которых не входило в задачи наших исследований (мидии были отловлены недалеко от городского порта). Показатель LD50 этих моллюсков, однако, значительно превышал аналогичный показатель мидий Мацеста, содержащих высокие концентрации исследуемых металлов.

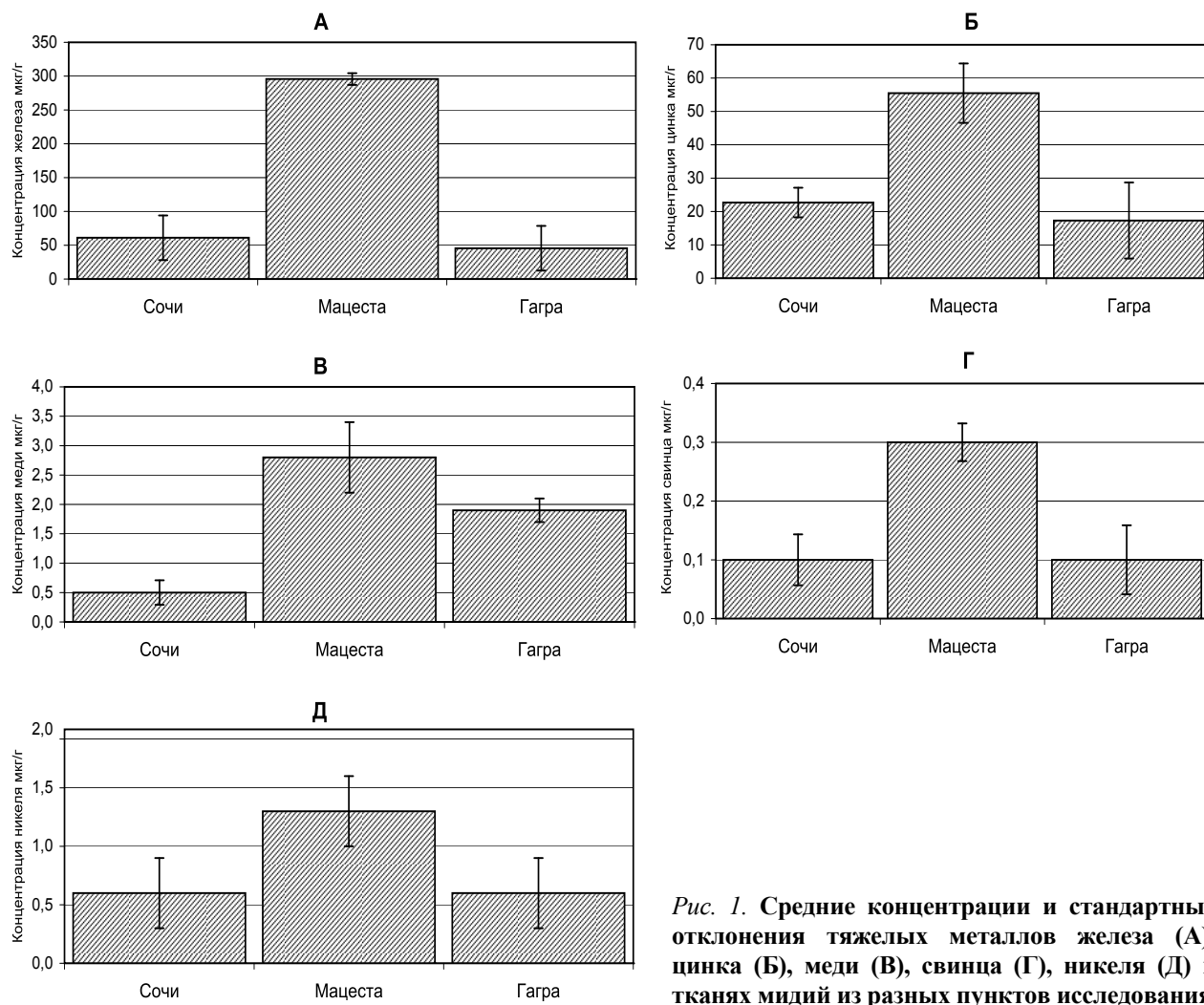


Рис. 1. Средние концентрации и стандартные отклонения тяжелых металлов железа (А), цинка (Б), меди (В), свинца (Г), никеля (Д) в тканях мидий из разных пунктов исследования

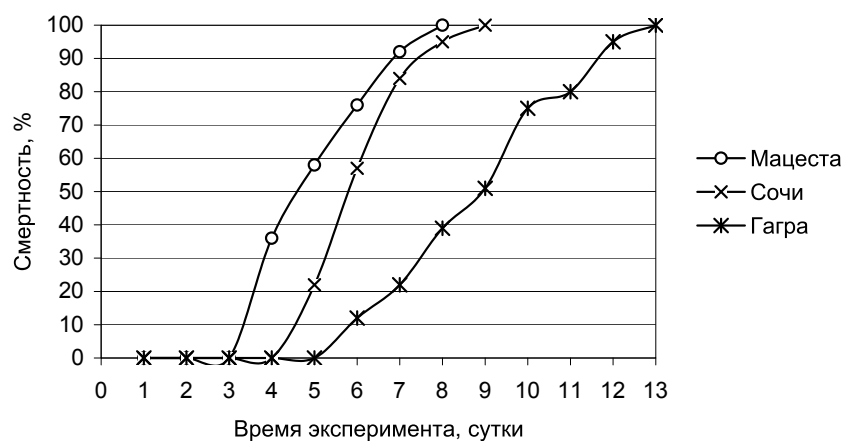


Рис. 2. Выживаемость мидий из разных пунктов исследования в безводной среде

Наблюдаемая нами картина физиологического стресса у черноморских мидий во многом оказалась сходной с результатами, полученными для этого вида двустворчатых на Средиземном море (Viarengo et. al., 1995, Catsiki et. al., 2003). Показатель LD50 мидий, собранных в заливе Сароникос Эгейского моря, варьировал от 2,9 до 8,5 дней (нижний показатель был характерен для сильно загрязненного района). Таким образом, показатели LD50 для черноморских мидий перекрывались в максимальном значении с показателями, характерными для наиболее устойчивых к обезвоживанию средиземноморских мидий (Catsiki et. al., 2003).

Максимально устойчивые к стрессу мидии, собранные в водах около Гагры, показали достаточно высокие содержания меди, сопоставимые с концентрациями этого металла у моллюсков Мацесты. Следует однако учитывать, что медь очень быстро выводится из организма (Viarengo et. al., 1995), в то время как скорость выведения из организма металлов, таких как цинк и свинец достаточно невысока (Regoli., Orlando, 1994), что усиливает их токсический эффект. Полученные нами результаты и сравнение с данными других авторов по Средиземноморью, свидетельствуют о влиянии загрязнения тяжелыми металлами, отражающемся на особенностях их концентрирования, на жизнеспособность мидий.

Таким образом, особенности загрязнения конкретного района моря могут проявляться в специфическом спектре распределения тяжелых металлов, по-разному аккумулирующихся в одном и том же виде бентосных животных. Следует отметить, что содержание тяжелых металлов в мидиях

Гагры, Сочи и Мацесты не превышало установленного ПДК (Ермаченко 1997).

Заключение

На основе полученных данных мы можем сделать вывод о неоднородности распределения тяжелых металлов в водах у черноморского побережья. Наибольшее количество металлов накапливалось в мидиях, собранных в прибрежных водах около Мацесты. Накопление металлов у мидий проходило неоднородно, могло наблюдаться повышенное содержание одного металла на фоне снижения содержания других. Выживаемость в безводной среде отличалась у мидий с разным содержанием тяжелых металлов. Используемый нами биомаркер позволяет определить степень воздействия загрязнения на бентосные организмы, в частности на мидию. Наши данные свидетельствуют о более низком показателе устойчивости в условиях стресса вызванного помещением в безводную среду мидий из прибрежных вод Мацесты. Можно предположить, что одним из факторов стресса является высокое содержание в воде этой части Черного моря свинца, цинка и никеля, которые накапливаются в тканях моллюсков. Данные металлы характеризуются медленным выведением из организма и обладают токсическим и мутагенным действием.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотруднице Междисциплинарной аналитической лаборатории Южного Научного Центра РАН Алешиной Е. Г. за помощь в определении содержания тяжелых металлов в тканях моллюсков, использованных в данном исследовании.

Литература

Александрова О. Л., Солдатов А. А., Головина И. В. Особенности глутатионпероксидной системы в тканях двух цветовых морф черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam // Экология моря. 2001. № 58. С. 22–26.

Ермаченко, Л. А. Атомно-абсорбционный анализ в санитарно-гигиенических исследованиях (методическое пособие). // М.: Наука. 1997. 207 с.

Козинцев А. Ф. Сезонная динамика содержания тяжёлых металлов в мидии (*Mytilus Galloprovincialis*) из бухты Казачья Чёрного моря // Морський екологічний журнал. № 4, Т. V. 2006. С. 41–46.

Никифоров С. М., Будник А. А. Отбор по аллозимным локусам у тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* в условиях стресса // Биология моря. 2004. Т. 30. № 1. С. 54–59.

Оскольская О. И., Тимофеев В. А., Бондаренко Л. В. Влияние загрязнения шельфовой зоны Черного

моря на морфобиологические характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam // Экология моря. 1999. Т. 49. С. 84–89.

Панасюк Н. В., Лебедева Н. В. Мидия (*Mytilus Galloprovincialis* Lamark, 1819) В биоиндикации загрязнения Черного моря // Вестник ЮНЦ РАН. 2008. Т. 4. № 4. С. 68–74.

Челядина Н. С., Вялова О. Ю., Л. Л. Смирнова Содержание Zn, Cu, Pb, Cd в гонадах культивируемых *Mytilus Galloprovincialis* Lam. // Морський екологічний журнал 2005. Т. 4. № 1. С. 119–125.

Catsiki V.A., Kozanoglou C., Strogyloudi E. Monitoring of the effects of pollution along the Saronikos gulf. Report 2001–2002. NCMR. 2003. 51 Pp.

Machado L. M., Bebianno M. J., Boski T. and Moura D. M. Trace metals on the Algarve coast, II: Bioaccumulation in mussels *Mytilus galloprovincialis*

(Lamarck, 1819)// Bol. Inst. Esp. Oceanogr. V. 15. № 1–4. 1999. P. 465–471.

Phillips D.J.H., Rainbow P.S. Biomonitoring of trace aquatic contaminants // Environmental Management Series. Chapman & Hall. London. 1994. P. 47–51.

Regoli F., Orlando, E. Accumulation and subcellular distribution of metals (Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* during a field transplant experiment // Mar. Pollut. Bull. 1994. V. 28. P. 592–600.

Ugur S. Trace metal levels in mussels (*Mytilus galloprovincialis* L. 1758) from Turkish Aegean Sea

coast //Environmental Monitoring & Assessment. 2006. V. 114. № 1–3. P. 273–286.

Viarengo A., Canesi L., Petrica M., Mancinelli G., Accomando R., Smaal A. C., Orunesu M. Stress on stress response: a simple monitoring tool in the assessment of a general stress syndrome in mussels // Marine environmental Research. 1995. V. 39. P. 245–248.

Zeri C., Voutsinou-Taliadouri F., Romanov A. S., Ovsjany E., Moriki A. F. Comparative approach of dissolved trace element exchange in two interconnected basins: Black Sea and Aegean Sea // Mar. Poll. Bull. 2000. V. 40. № 8. P. 666 –673.

THE INFLUENCE OF THE MAN-CAUSED POLLUTION ON VIABILITY OF MUSSEL MYTILUS GALLOPROVINCIALIS (LAMARK, 1819) IN RESORT AREAS OF THE BLACK SEA

N.V. Pansyuk

South Research Centre of RAS, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: nikita@ssc-ras.ru

The data on the contents of heavy metals (copper, nickel, zinc, iron and lead) in tissues of mussels *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 of the Black sea are resulted in this publication. Three populations of mollusks living in coastal waters of the Sochi, Macesta and Gagra are investigated. Population from more polluted site

(concentration of all metals in mollusk tissues were higher) characterized by lower stability under stress (the waterless environment). Authors assume that the stress (biomarker of pollution) could be determinate by water pollution by heavy metals that was accumulated in tissues of mussels.