

УДК 593.9:577

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МЕТАБОЛИТОВ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕРНОГО МОРСКОГО ЕЖА *Mesocentrotus nudus* (ECHINOIDEA) И МОРСКОЙ ЗВЕЗДЫ АСТЕРИНЫ ГРЕБЕШКОВОЙ *Asterina pectinifera* (ASTEROIDEA) В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИЙНОГО СТРЕССА

© 2021 г. К. А. Дроздов*, А. А. Артюков*, А. Л. Дроздов**, @

*Тихоокеанский институт биоорганической химии моря им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, ул. 100 лет Владивостоку, 159, Владивосток, 690022 Россия

**Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, ул. Пальчевского, 17, Владивосток, 690041 Россия

@E-mail: anatoliyld@mail.ru

Поступила в редакцию 08.11.2020 г.

После доработки 19.11.2020 г.

Принята к публикации 13.12.2020 г.

Методом ЯМР-спектроскопии изучен состав метаболитов в целомической жидкости морской звезды *Asterina pectinifera* и морского ежа *Mesocentrotus nudus* в норме и условиях гипоксии. У морского ежа выявлено наличие анаэробного метаболизма, который интенсифицируется при стрессе в условиях гипоксии. У морской звезды подобный механизм энергетического метаболизма не обнаружен. В условиях гипоксии в составе целомической жидкости морских звезд, в отличие от морских ежей, не наблюдается значительного роста лактата. Ткани астерины в больших количествах содержат смесь каротиноидов, наиболее известным из которых является астаксантин. Морскую звезду *Asterina pectinifera* можно использовать в качестве сырья для получения новых лекарственных, косметических и пищевых продуктов.

DOI: 10.31857/S102634702104007X

Препараты на основе экстрактов из иглокожих пока не получили широкого применения в современной медицине, однако активно используются в китайской медицине для профилактики и лечения широкого спектра заболеваний. Все чаще стали появляться научные работы, показывающие эффективность использования экстрактов из иглокожих при лечении различных заболеваний (Shang *et al.*, 2014; Dai *et al.*, 2016). В связи с этим, любые научные исследования состава метаболитов данного класса животных представляют большой научный интерес. Внутренняя полость иглокожих заполнена целомической жидкостью, омывающей внутренние органы, солевой состав которой близок к составу морской воды (Barrington, 1979), но содержат повышенную концентрацию хлористого калия, липидов, белков, сахаров и целомоцитов (Smith, 1981; Chia, Xing, 1996). Целомическая жидкость выполняет разнообразные функции, включая транспорт веществ, выделение, движение, защиту внутренних органов и гуморальный иммунитет (Chia, Xing, 1996).

Методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса (1H -ЯМР-спектроскопии) была исследована целомическая жидкость шарообразных

морских ежей *Mesocentrotus nudus* и морских звезд *Asterina pectinifera*, находящихся в разных экологических условиях. Этот метод позволяет количественно определять содержание различных метаболитов во внутренних жидкостях животных (Agar *et al.*, 1991, Drozdov *et al.*, 2016).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гребешковые астерины (=патирии) *Asterina* (= *Patiria*) *pectinifera* (Asterinidae, Asteroidea) – неприхотливый вид морских звезд, широко распространенный вдоль западного побережья Тихого океана от о. Сахалин до Желтого моря (рис. 1). Это самый многочисленный вид морских звезд в заливе Петра Великого Японского моря. Нерест астерины при температуре воды на поверхности ~20°C. Нерест проходит с июля до середины ноября и имеет два пика. У японского острова Хонсю нерест может продолжаться с апреля до сентября (Касьянов и др., 1980).

В биотопах с астериной часто встречается черный (невооруженный) морской еж (*Mesocentrotus* (= *Strongylocentrotus*) *nudus*) (семейство Strongylocentrotidae), который свое название получил по



Рис. 1. Внешний вид гребешковой астерины *Asterina pectinifera*.



Рис. 2. Внешний вид черного невооруженного морского ежа *Mesocentrotus nudus*.

черному цвету панциря и игл и из-за отсутствия хватательных педицилярий (рис. 2). Из рода *Strongylocentrotus* был выделен на основании метода молекулярно-генетического и морфологического анализа (Vinnikova, Drozdov, 2011; World Register of Marine Species: *Mesocentrotus*). Встречается в Японском и Желтом морях на глубинах от 0 до 180 м, но обычно держится на глубине до 5 м. В заливе Петра Великого Японского моря черные невооруженные ежи нерестятся с конца июля до конца сентября с небольшим перерывом в конце августа (Касьянов и др., 1980).

Контрольных животных брали непосредственно из моря, собирая в заливе Восток залива Петра Великого Японского моря. Подопытных животных помещали в сосуды с небольшим количеством воды так, чтобы она покрывала менее четверти тела животного и выдерживали при температуре 4°C. Морских звезд выдерживали в течение суток, а морских ежей – в течение 72 ч. Животные оставались живыми (под контролем была подвижность их амбулакральных ножек). Эксперименты проводили в трех повторах, в каждом из которых использовали по 10 контрольных и опытных особей.

Целомическую жидкость для исследований брали из целомической полости морской звезды и морского ежа, фильтровали через фильтровальную бумагу, помещали в пробирки и замораживали в холодильнике до проведения анализа (рис. 3, 4).

Данные, получаемые при проведении протонной 1-D спектроскопии, представляют собой по оси ординат интенсивность сигнала от протонов в различных химических связях и состояниях. Это, в свою очередь, дает информацию о пропорциональном содержании ядер в различных химических состояниях в исследуемом образце. По оси абс-

цисс представлена информация о химическом сдвиге сигнала протонов относительно эталонного поля (сигнал от тетраметилсилана $\text{SiC}_4\text{H}_{12}$), что дает информацию о количестве различных химических соединений. Значение химического сдвига выражается в частях на миллион от базовой частоты или ppm (от англ. parts per million).

Для подавления сигналов воды был использован метод преднасыщения протонов воды перед проведением основного ЯМР исследования (Braun *et al.*, 1998). Удаление из спектра сигналов от белков достигали путем детерминации по разнице времен T_2 -релаксации низкомолекулярных и белковых соединений (Nicholson, Wilson, 1989; Колоколова и др., 2008).



Рис. 3. Целомическая жидкость гребешковой астерины *Asterina pectinifera*. 1 – интактная особь, 2 – через сутки после нахождения в условиях гипоксии.



Рис. 4. Целомическая жидкость черного невооруженного морского ежа *Mesocentrotus nudus*. (а) – интактная особь; (б) – через 48 ч после нахождения в условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что состав метаболитов у животных сильно зависит от характера пищи. Травоядные и плотоядные представители одного отряда насекомых демонстрируют значительные различия в составе метаболитов (Drozdov *et al.*, 2016). Несмотря на то, что морские ежи и морские звезды принадлежат к одному и тому же типу и являются близкими родственниками, они питаются разной пищей: морские звезды – хищники, а морские ежи питаются водорослями.

Сравнительный анализ спектров целомической жидкости контрольных морских звезд и морских ежей, выдержанных при пониженной температуре в условия гипоксии, позволил установить, что в обоих случаях происходит изменение состава целомической жидкости. Животные по-разному реагировали на условия гипоксии. Морские ежи относительно хорошо переносят недостаток кислорода, и после 4 дней содержания в условиях гипоксии у морских ежей не было зарегистрировано ни одной смерти. Морские звезды *A. pectinifera* более чувствительны к стрессу, вызванному гипоксией: мертвые особи были обнаружены уже на второй день.

Состав метаболитов контрольных и подопытных животных значительно различался как у морских звезд, так и у морских ежей, но изменения были

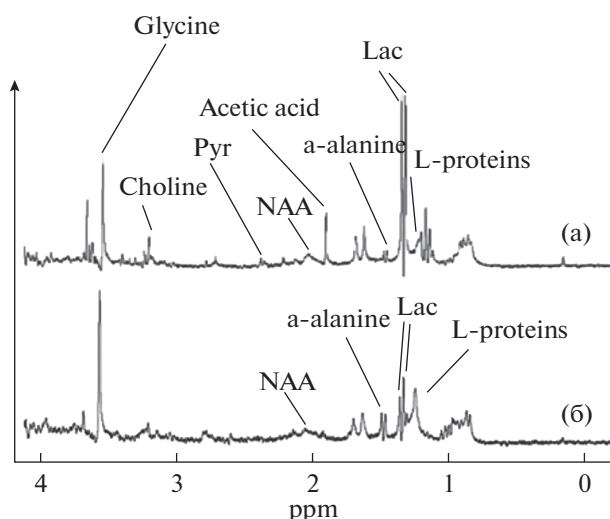


Рис. 5. ^1H ЯМР-спектр целомической жидкости морского ежа *Mesocentrotus nudus*. (а) – находившегося течение 4-х сут в условиях гипоксии при 4°C , (б) – интактного; acetic acid – уксусная кислота, a-alanine – аланин, lac – лактат, L-proteins – липопротеины, NAA – ацетиласпартат. По оси абсцисс – химический сдвиг сигнала (ppm), по оси ординат – интенсивность сигнала.

разными. Из рис. 5 видно, что в целомической жидкости морских ежей, находившихся в условиях гипоксии, происходит существенное возрастание содержания лактата – более чем в три раза. Это свидетельствует об увеличении интенсивности анаэробного расщепления глюкозы. Концентрация лактата в морской звезде не изменилась, но было обнаружено увеличение содержания пирувата и пропионовой кислоты (рис. 6).

Отсутствие значительного роста лактата в условиях гипоксии в составе целомической жидкости морских звезд, который наблюдается у морских ежей, а также у грызунов и людей, может быть связано с тем, что морские звезды не имеют механизма адаптации к отсутствию кислорода, а изменения в составе метаболитов вызваны некрозом тканей. Также возможно, что морские звезды имеют принципиально иной механизм поддержания жизнедеятельности в условиях стресса, вызванного недостатком кислорода. Существенным отличием в биохимии морских звезд и морских ежей является наличие в морских ежах пигментов нафтохинонового ряда – спинохромов, которые отсутствуют у морских звезд.

Присутствие нафтохиноновых пигментов является одной из характерных биохимических синанпоморфий морских ежей, вызванных генами, кодирующими ферменты поликетидсинтазы, которые необходимы для биосинтеза спинохрома (Drozdov *et al.*, 2017; Hou Yakun *et al.*, 2018). У обычных глобулярных морских ежей, например,

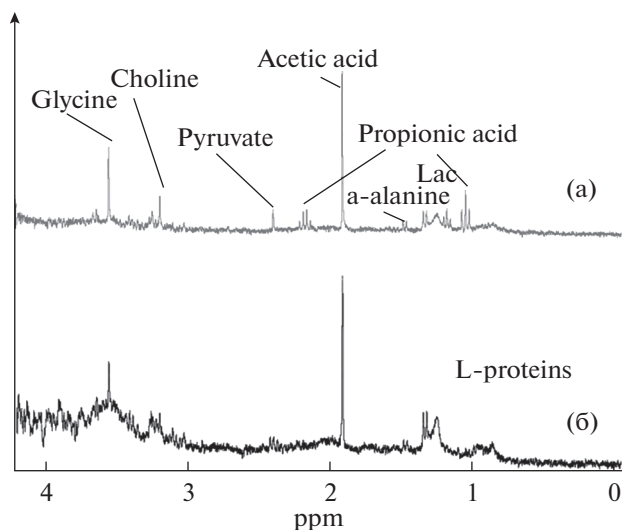


Рис. 6. ^1H ЯМР-спектр целомической жидкости морской звезды *Asterina pectinifera*. (а) – интактной; (б) – находившейся течение суток в условиях гипоксии при 4°C . alanin – аланин, choline – холин, glycine – глицин, lac – лактат, L-proteins – липопротеины, NAA – ацетиласпартат, propionic acid – пропионовая кислота, pyruvate – пируват. По оси абсцисс – химический сдвиг сигнала (ppm), по оси ординат – интенсивность сигнала.

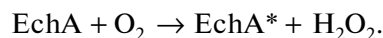
Strongylocentrotus purpuratus, пигменты нафтохинона появляются уже на стадии бластулы.

Изучение выживания различных представителей типа иглокожих в условиях гипоксии и окислительного стресса связано с исследованиями механизмов стресс-устойчивости их клеток, влияющих на фактическое долголетие этих видов. Геномные отличия, различия в содержании и разнообразии антирадикальных и антиоксидантных веществ в тканях, микробиоме и целомических жидкостях иглокожих существенно отражаются на продолжительности жизни и количестве данных гидробионтов на одной территории морского дна. Различия в питании морских ежей и звезд изначально дают основания предполагать, что у морских ежей преобладает путь получения энергии за счет утилизации углеводов (глюкоза как энергетический субстрат), а звезды получают энергию, в основном, за счет утилизации жирных кислот и лишь частично за счет глюкозы.

Геном морского ежа *S. purpuratus* содержит более 400 генов, связанных с защитой этих водных организмов от различных стрессовых факторов, включая гипоксию. Эти гены кодируют детоксифицирующие белки и ферменты, а также факторы транскрипции, белки теплового шока, рецепторы ядерных факторов и т.д. Также в геноме присутствуют гены арильного рецептора (AHR), пероксисомы (PPAR), фактора, индуцирующего гипоксию (HIF) и другие. Антиоксидантную защиту обеспечивают

ферменты супероксиддисмутаза (SOD), каталаза (Cats), пероксидазы (GPX) и тиоредоксины (TRX) (Goldstone *et al.*, 2006).

Полигидроксинафтохиноны, характерные только для морских ежей (Hou Yakun *et al.*, 2018), являются соответствующими лигандами вышеуказанных рецепторов и ядерных факторов, которые запускают их функционирование в клетках. Один из представителей полигидроксинафтохинонов (эхинохром А, EchA) обладает способностью взаимодействовать со всеми типами кислорода (O_2 , супероксид-анион O_2^- и синглетный кислород) и превращать их в пероксид водорода (H_2O_2) (Lebedev *et al.*, 1999; Novikov *et al.*, 2018).

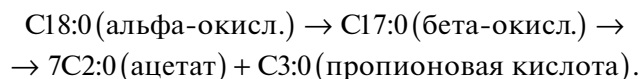


EchA* является окисленной формой эхинохрома А. Как видно из уравнений, эхинохром А выполняет важную функцию дисмутации супероксиданта до H_2O_2 , который катализируется ферментами супероксиддисмутазами (СОД) SOD1, SOD2 и SOD3 в организме. Увеличение количества супероксиддисмутаза и их функциональных миметиков подавляет окислительный стресс в организмах и способствует увеличению продолжительности жизни морских ежей и других животных.

Панцирь и иглы морских ежей *M.s nudus* полностью покрыты клетками, контактирующими с морской водой и содержащими подобный эхинохрому А полигидроксинафтохинон спинохром Е (spin E). Морские ежи имеют поверхностное дыхание, поэтому все виды кислорода, поступающие из морской воды будут превращаться этими клетками в пероксид водорода H_2O_2 . Уменьшение поступления кислорода в организм за счет этого активирует в морских ежах батарею генов, связанных с функционированием фактора HIF. Этот фактор индуцибельной гипоксии, активный в морских ежах, обладает антистрессорным действием и отвечает за жизнеобеспечение и долголетие. Образующаяся из-за полигидроксинафтохинонов перекись водорода H_2O_2 частично поступает в организм морских ежей по аквапориновым каналам, разлагается ферментом каталазой на кислород и воду, контролируется глутатион-пероксидазами и тиоредоксинами, обеспечивая морским ежам анаэробное существование. Так как углеводы являются основными элементами питания морских ежей *M. nudus*, основным процессом энергообеспечения будет являться анаэробный гликолиз, характерный высоким содержанием лактата и небольшим количеством пирувата. Эти соединения в подобном соотношении и обнаруживаются в целомической жидкости морских ежей *M. nudus* до гипоксии.

Морские звезды *A. pectinifera* в своем составе не содержат полигидроксинафтохиноны. Основными антиоксидантами этих гидробионтов являются

каротиноиды (производные астаксантина), главными функциями которых является цитопротекция за счет подавления перекисного окисления липидов плазматических мембран и образования цветных комплексов с определенными белками (цветовая окраска многих морских и наземных организмов). Эти антиоксиданты нейтрализуют только свободные радикалы и частично синглетный кислород. Взаимодействие с обычным кислородом для них нехарактерно и каротиноиды не являются миметиками супроксиддисмутаза. Таким образом, возможно, морские звезды могут тоже функционировать в анаэробных условиях, но их энергообеспечение происходит за счет каких-то других энергосубстратов, нежели у морских ежей. Так как основными энергосубстратами в живой природе являются жирные кислоты, дающими в митохондриях ацетилкоэнзим А, то в целомической жидкости морской звезды *A. pectinifera* нами было обнаружено высокое содержание ацетата и пропионовой кислоты (рис. 6). Эти соединения способны утилизироваться в митохондриях в виде ацетилкоэнзима А и ацилкоэнзима А, образуя в результате АТФ. Пропионовая кислота свободно включается в цикл Кребса и используется как энергетический продукт. При этом она полностью окисляется до углекислого газа и воды с выделением энергии в количестве 4957 кал/г (Прудникова, Росляков, 1994). Происхождение пропионовой кислоты в целомической жидкости морской звезды может быть объяснено окислением жирной кислоты C18:0 (основной энергосубстрат) сначала по механизму альфа-окисления, а затем в процессе бета-окисления:



Другим объяснением наличия пропионовой кислоты в целомической жидкости морской звезды *A. pectinifera* может быть присутствие в ее микробиоме симбионтной грамм-положительной бактерии факультативного анаэроба *Propionibacterium* spp. Эти микроорганизмы в анаэробных условиях производят из различных субстратов (глюкоза, лактат, глицерин) пропионовую кислоту и ацетат. Пропионовая кислота, помимо энергетических свойств, обладает ингибирующим действием по отношению к *Aspergillus flavus*, аэробной *Bacillus*, *Salmonella* и дрожжей (Liu *et al.*, 2012). Это свойство имеет немаловажное значение в симбионтных взаимоотношениях микробиома морской звезды. В отличие от обитающих в Японском море видов морских звезд из семейства Asteriidae (*Asterias amurensis*, *Lysastrosoma anthosticta*, *Distolasterias nipon* и др.), астерины, относящиеся к семейству Asterinidae, приобретают яркую окраску, варьирующую от синей до красной. По-видимому это обусловлено тем, что они питаются не только тканями животных, но и цианобактериями и микроводорослями, обрастаю-

щими твердые субстраты. Скопления богатого каротиноидами микробентоса особенно обильны на марикультурных коллекторах с растущими двустворчатыми моллюсками: гребешками, мидиями и устрицами. Ткани астерины в больших количествах содержат смесь каротиноидов, наиболее известным из которых является астаксантин. Каротиноиды — это натуральные жирорастворимые пигменты. Синтез каротиноидов осуществляется только растениями, в том числе водорослями фитопланктона, в частности микроводорослями *Haematococcus*. Морские звезды получают их из своего рациона питания. Каротиноиды определяют образование цвета от желтого (лютеин, зеаксантин) до розовато-красного (астаксантин, кантаксантин) и действуют как антиоксиданты. Они защищают клетки и ткани от окислительного стресса, предотвращают ишемическую болезнь сердца, укрепляют кровеносные сосуды и иммунную систему организма, препятствуют развитию некоторых опухолей. Наиболее известной физиологической ролью каротиноидов является активность провитамина. Синтетический астаксантин высокотоксичен и нестабилен.

В связи с развитием марикультуры, астерины массово накапливаются возле морских садков. Необходимость сбора и уничтожения этих хищников позволяет одновременно обеспечить достаточные ресурсы для производства каротиноидных препаратов. Разработанная нами ранее технология комплексной переработки морских звезд *A. pectinifera* (Артюков и др., 2012) позволяет получать биологически активные пептиды коллагена и препараты каротиноидов, обогащенные астаксантином, проявляющие иммуномодулирующее, противовоспалительное и антиоксидантное действие. Их можно использовать в качестве сырья для получения новых лекарственных, косметических и пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артюков А.А., Руцкова Т.А., Купера Е.В., Маханьков В.В., Глазунов В.П., Козловская Э.П. Способ получения каротиноидного комплекса из морских звезд // Патент РФ № 2469732(2012 г.)
- Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев С.Н., Яковлев Ю.М. Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков. М. Наука, 1980. 208 с.
- Колоколова Т.Н., Савельев О.Ю., Сергеев Н.М. Метаболический анализ биологических жидкостей с помощью спектроскопии-ЯМР-¹H // Журн. аналитической химии. 2008. Т. 63. № 2. С. 118–136.
- Прудникова Т.Н., Росляков Ю.Ф. Пропионовая кислота в метаболизме живых организмов. Известия Вузов. Пищевая технология. 1994. № 5–6. С. 23–27.
- Agar N.S., Rae C.D., Chapman, B.E., Kuchel P.W. ¹H-NMR spectroscopic survey of plasma and erythrocytes from selected marsupials and domestic animals of Australia // Comp. Biochem. Physiol. 1991. V. 99. P. 575–597.

- Barrington E.J.W.* Invertebrate structure and function. 2-nd edn. London: Nelson. 1979. xiv, 765 p.
- Braun S., Kalinowski H.-O., Berger S.* 150 and More Basic-NMR Experiments: a Practical Course. Weinheim: Wiley-VCH, 1998. 520 p.
- Chia F., Xing J.* Echinoderm coelomocytes // *Zool. Stud.* 1996. V. 35. P. 231–254.
- Dai Y., Prithviraj N., Gan J., Zhang X.A., Yan J.* Tissue Extract Fractions from Starfish Undergoing Regeneration Promote Wound Healing and Lower Jaw Blastema Regeneration of Zebrafish // *Scient. Rep.* 2016. V. 6. Article number: 38693, doi: ; <https://www.nature.com/articles/srep38693>
<https://doi.org/10.1038/srep38693>
- Drozdov K.A., Vshivkova T.S., Kholin S.K., Drozdov A.L.* Comparative analysis of caddisfly (insecta, trichoptera) herbivores and predators metabolites by NMR // 3rd International symposium of Benthological society of Asia, Vladivostok, Russian Federation, Aug. 24–27, 2016: Abstr. book. Vladivostok : Dalnauka, 2016. P. 51. ISBN 978-5-8044-1610-3.
- Drozdov A.L., Artyukov A.A., Elkin Yu.N.* Cells and Epidermis of Sand Dollar *Scaphechinus mirabilis* // *Russian J. Devel. Biol.* 2017. V. 48. № 4. P. 257–262.
- Goldstone J.V., Hamdoun A., Cole B.J., Howard-Asby M., Nebert D.W., Scally M., Dean M., Epel D., Hahn M.E., Stegeman J.J.* The chemical defenses: Environmental sensing and response genes in the *Strongylocentrotus purpuratus* genome // *Dev. Biol.* 2006. V. 300. P. 366–384.
<https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.08.066>
- Hou Yakun, Vasileva E.A., Carne A., McConnell M., Bekhit A., El-Din A., Mishchenko N.P.* Naphthoquinones of the spinochrome class: occurrence, isolation, biosynthesis and biomedical applications // *Royal Society Chemistry Advances.* 2018. V. 8. P. 32637–32650.
- Lebedev A.V., Ivanova M.V., Krasnovid N.L.* Interaction of natural polyhydroxy-1,4-naphthoquinones with superoxide anion-radical // *Biochemistry.* 1999. V. 64. P. 1273–1278.
- Liu L., Zhu Y., Li J., Wang M., Lee P., Du G., Chen J.* Microbial production of propionic acid from propionibacteria: Current state, challenges and perspectives // *Crit. Rev. Biotech.* 2012. V. 32. № 4. P. 374–381.
- Nicholson J.K., Wilson I.D.* High resolution proton NMR spectroscopy of biological fluids // *Prog. NMR Spectrosc.* 1989. V. 21. P. 449–501.
- Novikov V.L., Shestak O.P., Mishchenko N.P., Fedoreev S.A., Vasileva E.A., Glazunov V.P., Artyukov A.A.* Oxidation of 7-ethyl-2,3,5,6,8-pentahydroxy-1,4-naphthoquinone (echinochrome A) by atmospheric oxygen. 1. Structure of dehydroechinochrome // *Rus. Chem. Bulletin.* 2018. V. 67. P. 282–290.
- Shang X.H., Liu X.Y., Zhang J.P., Gao. Y., Jiao B.H., Zheng H., Lu X.L.* Traditional Chinese medicine—sea urchin // *Mini. Rev. Med. Chem.* 2014. V. 14. № 6. P. 537–542.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24873818>
- Smith V.J.* The echinoderms // *Invertebrate Blood Cells.* Mol. 2. Ratcliffe, N.A., Rowley, A.F. (Eds.). London: Academic Press. 1981. P. 513–562.
- Vinnikova V.V., Drozdov A.L.* The Ultrastructure of Spines in Sea Urchins of the Family Strongylocentrotidae // *Biology Bulletin.* 2011. Vol. 38, Issue 9. P. 861–867.
- Original Russian Text © V.V. Vinnikova, A.L. Drozdov, 2011, published in *Zoologicheskii Zhurnal*, 2011. № 5. P. 573–579.
<https://doi.org/10.1134/S1062359011090093>
- World Register of Marine Species: *Mesocentrotus*. <http://www.marinespecies.org>

Changes in the Composition of Celomic Fluid Metabolites of the Black Sea Urchin *Mesocentrotus nudus* (Echinoidea) and Sea Star *Asterina pectinifera* (Asteroidea) Under Conditions Hypoxia Stress

K. A. Drozdov¹, A. A. Artyukov¹, and A. L. Drozdov^{2, #}

¹*Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry FEB RAS, pr. 100 Let Vladivostoku 159, Vladivostok, 690022 Russia*

²*Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology FEB RAS, 17 St. Palchevsky, Vladivostok, 690041 Russia*

#*e-mail: anatoliyld@mail.ru*

The composition of metabolites in the celomic fluid of the starfish *Asterina pectinifera* and sea urchin *Mesocentrotus nudus* was studied under normal and hypoxic conditions using NMR spectroscopy. Their change after keeping animals under hypoxia was shown. Sea urchins revealed the presence of anaerobic metabolism, which intensifies under stress in conditions of hypoxia. A starfish has not found a similar mechanism of energy metabolism. Under conditions of hypoxia, a significant increase in the lactate, which is observed as in sea urchins, is not observed in the composition of the celomic liquid of starfish. *Asterina* tissues in large quantities contain a mixture of carotenoids, the most famous of which is astaxanthin. Starfish *Asterina pectinifera* can be used as a raw material for new medicinal, cosmetic and food products.