

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ABRA SEGMENTUM* В ЧЕРНОМ МОРЕ

© 2025 г. А. В. Бородина<sup>1, \*</sup>, П. А. Задорожный<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный Исследовательский Центр Институт Биологии Южных Морей РАН, Севастополь, Россия

<sup>2</sup>Институт химии Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

\*e-mail: borodinaav@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.11.2024 г.

После доработки 09.01.2025 г.

Принята к публикации 11.01.2025 г.

Двустворчатый моллюск *Abra segmentum* широко распространен на побережье Крыма в песчано-иловых грунтах. Его массовое развитие в прибрежной зоне происходит весной. Несмотря на перепады солености, температуры и частые заморы в этой зоне, моллюск адаптируется и устойчиво развивается в сублиторальной зоне Севастопольского побережья. В такой процесс адаптации, как правило, вовлечены и каротиноиды. В работе приводятся исследования каротиноидов этого моллюска в прибрежной зоне на глубине 0–0.2 м. В период с февраля по апрель в тканях моллюска уровень суммарных каротиноидов колебался от  $0.40 \pm 0.09$  до  $1.68 \pm 0.12$  мг/100 г сырого веса тканей. Исследование состава каротиноидов моллюсков *A. segmentum*, взятых в прибрежных зонах, показало наличие 11 каротиноидов, включая изомеры и эфиры 3-х каротиноидов. Среди доминирующих каротиноидов:  $\beta$ -каротин (15.2%), диатоксантин (7.3%), фукоксантин (5.8%), галоцинтиаксантин (9.3%), галоцинтиаксантин-цис (7.6%), пектенол А (13.6%), пектенол-цис (7.9%). Абра накапливала как растительные каротиноиды, так и подвергала некоторые метаболической трансформации: фукоксантин фукоксантинол галоцинтиаксантин (цис- транс); диатоксантин пектенол А (цис- транс-). Обсуждается возможная роль каротиноидов *A. segmentum* при заморах.

**Ключевые слова:** каротиноиды, двустворчатые моллюски, *Abra segmentum*,  $\beta$ -каротин, галоцинтиаксантин, пектенол, цис-изомеры

DOI: 10.31857/S0044452925010039, EDN: CGWOQT

### ВВЕДЕНИЕ

Двустворчатый моллюск *Abra segmentum* (Récluz, 1843) (= *Abra ovata* (R.A. Philippi, 1836)) (источник <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=141438>), также известный иногда как *Syndosmya segmentum*, широко распространен по Европейскому побережью Атлантического океана от берегов Англии до Средиземного моря, а также в Черном и Каспийском морях [1]. *A. segmentum* — небольшой моллюск (до 25 мм) с тонкостенной треугольно-овальной раковинкой, обитающий на песчано-илистых грунтах, где своим подвижным сифоном собирает осадок со дна и перерабатывает его [2]. В Азово-Черноморском регионе *A. segmentum* может образовывать поселения плотностью более 2000 экз/м<sup>2</sup>, с биомассой около 80 г/м<sup>2</sup> [3]. Является кормовой базой для многих придонных рыб, в том числе осетровых. Этот моллюск выдерживает сильные понижения солености (2–5‰), а также краткие заморные состояния до

полной аноксии [3, 4]. Несмотря на широкую распространенность и популярность в качестве корма для разведения рыб, состав биологически ценных соединений, к которым относятся каротиноиды, у этого вида не изучался. В прошлом веке был установлен состав каротиноидов некоторых представителей семейства Semelidae, у них были обнаружены  $\beta$ -каротин и группа ксантофиллов [5].

Как известно, каротиноиды играют важную роль в адаптациях гидробионтов, в том числе моллюсков, при различных экологических нагрузках, таких как загрязнение, сероводородная гипоксия, вплоть до различных экстремальных условий [6–9]. Ранее Карнауховым была высказана гипотеза, что каротиноиды аналогично функциям миоглобина могут создавать внутри клетки депо кислорода, позволяя животным переносить кратковременную гипоксию [6, 7]. Такое внутриклеточное депо кислорода локализовано, например, в гигантских нейронах легочных моллюсков в специальных вну-

триклеточных гранулах цитосомах, имеющих характерную структуру, меняющуюся при переходе от нормоксии к гипоксии. Аналогичного типа гранулы были описаны в клетках многих животных под разнообразными названиями: пигментные гранулы, хлорagosомы, липофусцин, микротельца, липохондри и т. д. [6, 7]. В серии исследований была показана существенная корреляция между способностью животных выдерживать гипоксию и загрязнение среды обитания и содержанием каротиноидов в их тканях [7]. С этой способностью связан интерес к каротиноидам с точки зрения лечебно-профилактического действия для человека при различных патологических состояниях, где задействуется инактивация активных форм кислорода и свободных радикалов. Устраняя явления и последствия окислительного стресса, каротиноиды эффективны в коррекции метаболических нарушений ряда заболеваний, включая сахарный диабет и сердечно-сосудистые [10]. Между каротиноидами и антиоксидантным ферментативным комплексом была также выявлена корреляция на примере *Anadara kagoshimensis* [11]. Этот моллюск выдерживал длительную гипоксию, а также 3-дневную экспериментальную аноксию [8]. Продолжительные исследования его каротиноидов в природных и экспериментальных условиях показали, что в условиях полной аноксии происходит снижение уровня алло- и диатоксантинового комплекса каротиноидов (включая их эфиры) на фоне высокого содержания пектенолонового комплекса каротиноидов (пектенол, пектенолон (цис- и транс-изомеры), эфиры пектенолона) [8]. Подобные исследования двустворчатых моллюсков с точки зрения участия каротиноидов в их адаптации редки и представляют интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения.

В связи с этим представляют интерес популяции *Abra segmentum*, обитающие у уреза воды, на глубине до 0.2 м, где они подвергаются наиболее сильным перепадам солености, температуры, а также гипоксии и, несмотря на такие условия, активно развивающиеся. Целью работы являлось исследование состава каротиноидов двустворчатого моллюска *Abra segmentum*, обитающего в естественных условиях, в зоне заплеска воды, на глубине 0–0.2 м на песчано-иловом грунте бухты Казачья г. Севастополя, в период массового развития этого вида в весенний период.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись двустворчатые моллюски *Abra segmentum* (Récluz, 1843), обитающие в момент сбора в составе смешанного донного сообщества двустворчатых моллюсков на глубине 0–0.2 м в песчано-иловом грунте бухты Казачья

г. Севастополя. Исследования вели в течение 2 лет (2022–2023 гг.) в весенний период. Всего за этот период было собрано и проанализировано 60 особей.

Определение суммарного содержания каротиноидов (ССК) проводили спектрофотометрическим методом, аналогично описанному ранее [7]. Мягкие ткани гомогенизировали в фарфоровой ступке с пестиком, затем проводили экстракцию 100%-ным ацетоном. После определения ССК каротиноиды из экстракта реэкстрагировали хлороформом, концентрировали на роторном испарителе, герметично упаковывали в атмосфере азота и транспортировали при низкой температуре в Институт химии ДВО РАН для дальнейшей идентификации методами ВЭЖХ и масс-спектрометрии (MS).

ВЭЖХ проводили на хроматографе Shimadzu LC-20 с диодно-матричным детектором SPD-M20A; колонка Zorbax Sil 4.6 × 250 мм, скорость потока 1 мл/мин, в градиенте гексан-ацетон (0–20 мин — гексан-ацетон 8 : 2 изократические условия; с 20 до 25 мин линейный градиент от 20 до 80% ацетона, 25–35 мин изократический режим гексан-ацетон 2 : 8). Фракции каротиноидов собирали после разделения (~10–15 разделений), объединяли, упаривали досуха на роторном испарителе при 40°C, перерастворяли в метаноле и хроматографировали на колонке Zorbax ODS 4.6 × 250 мм, скорость потока 1 мл/мин, элюент метанол, детектор масс-спектрометрический низкого разрешения Shimadzu LCMS-2010EV, источник АРСІ, в режиме регистрации положительных ионов. Омыление каротиноидов проводили повторным растворением их в 5%-ном растворе КОН в метаноле.

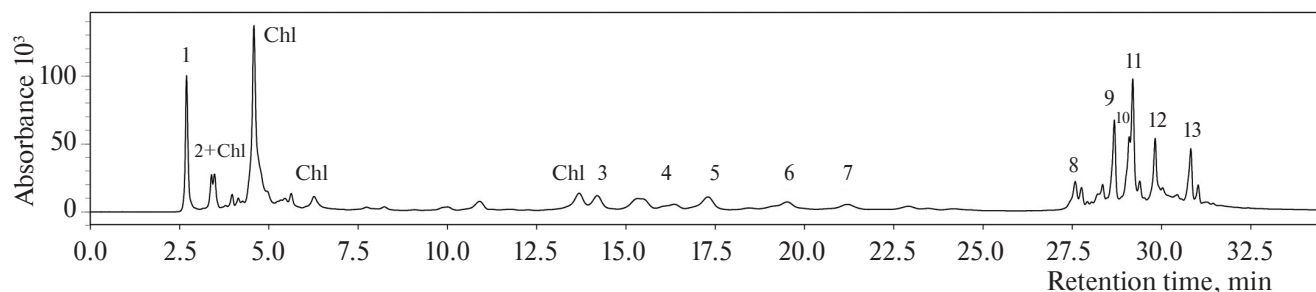
Статистический анализ. Результаты расчета суммарных каротиноидов представлены как среднее и стандартная ошибка среднего ( $M \pm SEM$ ). Качественный состав каротиноидов был исследован для усредненной выборки, отобранной в мае 2023 года. Результаты представлены в таблице (табл. 2), где процент — это доля от суммарного содержания каротиноидов, расхождения площадей пиков каротиноидов между параллелями анализа общей выборки не превышало 8%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Массовое развитие *A. segmentum* наблюдалось в период с февраля по май включительно, что также отмечено в более ранних работах [4, 10]. В этот период в тканях моллюска уровень суммарных кароти-

**Таблица 1.** Содержание ССК в тканях *A. Segmentum* в исследуемый период

ССК, мг/100 г с.в.	Февраль	Март	Апрель
		0.40 ± 0.09	1.68 ± 0.12



**Рис. 1.** ВЭЖХ каротиноидов *A. segmentum* (длина волны 450 нм): 1 —  $\beta$ -каротин, 2 — эфиры каротиноидов, Chl — хлорофиллы и продукты их распада, 3 — лютеин, 4 — диадинохром, 5 — диадиноксантин, 6 — диатоксантин, 7 — аллоксантин, 8 — фукоксантин, 9 — галоцинтиаксантин, 10 — галоцинтиаксантин, цис-изомер, 11 — пектенол, 12 — пектенол, цис-изомер, 13 — фукоксантинол. По оси абсцисс — время удерживания (мин), по оси ординат — оптическая плотность на 450 нм.

**Таблица 2.** Состав и содержание каротиноидов в тканях *A. segmentum*

Каротиноиды	Доля, % от ССК	Rt, мин	$\lambda$ max, нм	Отн. макс. III/II, %	m/z иона [M + H] <sup>+</sup>
$\beta$ -каротин	15.2	2.69	425, 450, 475	17	537
Эфиры каротиноидов (лютеин, лютеин, аллоксантин, диатоксантин)	5.9	2.9–5.6	—	—	—
Лютеин	2.9	14.06	424, 446, 474	58	569
Диадиноксантин	7.3*	17.29	425, 446, 475	36	583
Диатоксантин	4.5	19.52	425, 451, 477	20	567
Аллоксантин	1.7	21.20	430, 454, 481	48	565
Фукоксантин	5.8	27.59	448, (469)	0	659
Галоцинтиаксантин	9.3	28.69	450, (470)	0	599
Галоцинтиаксантин, цис-изомер	7.6	29.10	341, 445, (466)	0	599
Пектенол А	13.6	29.20	425, 449, 476	38	583
Пектенол, цис-изомер	7.9	29.82	341, 420, 443, 473	46	583
Фукоксантинол	2.8	30.82**	449, (470)	0	617
Неизвестный	4.2	30.82**	420, 444, 473	80	—
Неидентифицированные	11.3	—	—	—	—

Примечания: Rt — время удерживания, мин;  $\lambda$  max — максимумы поглощения в элюенте, нм; отн. макс. III/II, % — отношение третьего и второго максимумов в спектрах поглощения; m/z — отношение массы иона к его заряду; [M + H]<sup>+</sup> — протонированный молекулярный ион;

\* Приведена суммарная концентрация диадиноксантина и продукта его изомеризации — диадинохрома. (Rt 16,36 мин, 405, 430, 457 нм, III/II, % — 72)

\*\* Фракция была разделена на обращенной фазе на две (фукоксантинол и неизвестный).

ноидов колебался от  $0.4 \pm 0.09$  до  $1.68 \pm 0.12$  мг/100 г сырого веса ткани.

Результаты качественного и количественного анализа каротиноидов в суммарном экстракте представлены на рис. 1 и в табл. 2.

Общий экстракт содержал как каротиноиды самого моллюска, так и примеси тетрапиррольных пигментов, имеющих поглощение в области 660–670 нм (они отмечены на рис. 1 как Chl — хлорофиллы и продукты их деградации).

Основной каротиноид экстракта — это  $\beta$ -каротин, поступающий в организм моллюска из пищи. Его содержание составило 15.2 % от общего количества ССК (табл. 2). На хроматограмме в области 2.7–6.8 мин (рис. 1) происходит значительное перекрытие пиков каротиноидов, прежде всего их эфиров и тетрапиррольных пигментов. Элюат в этой области собирали, объединяли и после перерастворения

в метаноле подвергали щелочному гидролизу. На хроматограмме омыленной фракции были идентифицированы лютеин, диатоксантин и аллоксантин. Возможно, в этерифицированном виде содержится также некоторое количество фукоксантина и диатиноксантина, но ввиду лабильности этих пигментов в щелочной среде установить это таким методом не представляется возможным. Среди ксантофиллов, находящихся в свободном состоянии, идентифицированы лютеин, диатиноксантин, включая продукт его дегградации — диатинохром (пик 4 на рис. 1), диатоксантин, аллоксантин, фукоксантин, галоцинтиаксантин (включая цис-изомер), пектенол А (включая цис-изомер) и фукоксантинол. Пик 13 (рис. 1), как было установлено после разделения на обращеннофазной колонке, помимо фукоксантинола содержал еще один полярный каротиноид. Судя по высокому отношению оптической плотности третьего и второго максимумов, он, вероятно, не содержит кето-групп. Суммарное содержание минорных (менее 1% от ССК) неидентифицированных каротиноидов составило около 11 % (табл. 2).

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования каротиноидов *A. segmentum* крайне ограничены, в литературе встречаются встречаются данные лишь для некоторых видов семейства Semelidae [5]. Существуют также трудности в видовой идентификации в литературных источниках в связи с разными названиями одного и того же вида у отечественных и зарубежных авторов в разный период времени, что часто можно увидеть по изменениям в WoRMS taxon details (<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=141438>). По сравнению с другими двустворчатыми моллюсками, обитающими в том же экотопе, уровень ССК вес-

ной у *A. segmentum* сопоставим с *Chamelea galina* и *Polittitapis aureus* [13].

*A. segmentum* является сестенофагом, в спектре питания которого имеются кокколитофорида, диатомовые и др. [12]. Поэтому в составе каротиноидов изучаемого моллюска мы видим эти соединения как растительного происхождения, так и производные собственного, животного метаболизма. Среди первых:  $\beta$ -каротин, диатиноксантин, диатоксантин, фукоксантин, характерные для диатомовых и динофитовых микроводорослей [14], лютеин у жгутиконосцев, аллоксантин маркер криптофитовых микроводорослей [15]. Метаболизм каротиноидов у двустворчатых моллюсков хорошо изучен на примере разных регионов Мирового океана [16–18]. Состав каротиноидов одних и тех же видов или близкородственных видов может отличаться между собой в зависимости от региона, места обитания, что связано с разными экологическими и трофическими факторами. Однако эти отличия не затрагивают направленности процесса метаболической трансформации каротиноидов, а могут отражаться на укорачивании или удлинении тех же, характерных для вида путей трансформации [18]. У *A. segmentum* мы наблюдаем характерную последовательность трансформации растительного фукоксантина и диатоксантина до галоциантиаксантина и его изомеров, а также до изомеров пектенола А соответственно (рис. 2).

Процесс цис- транс-изомеризации протекает в присутствии акцепторов или доноров электронов через стадию одноэлектронного переноса [19], что делает каротиноиды пектенол А и галоцинтиаксантин более реакционноспособными и вовлеченными в разные механизмы антиоксидантной защиты. Интересно отметить, что в экспериментальной анокии у другого двустворчатого моллюска,

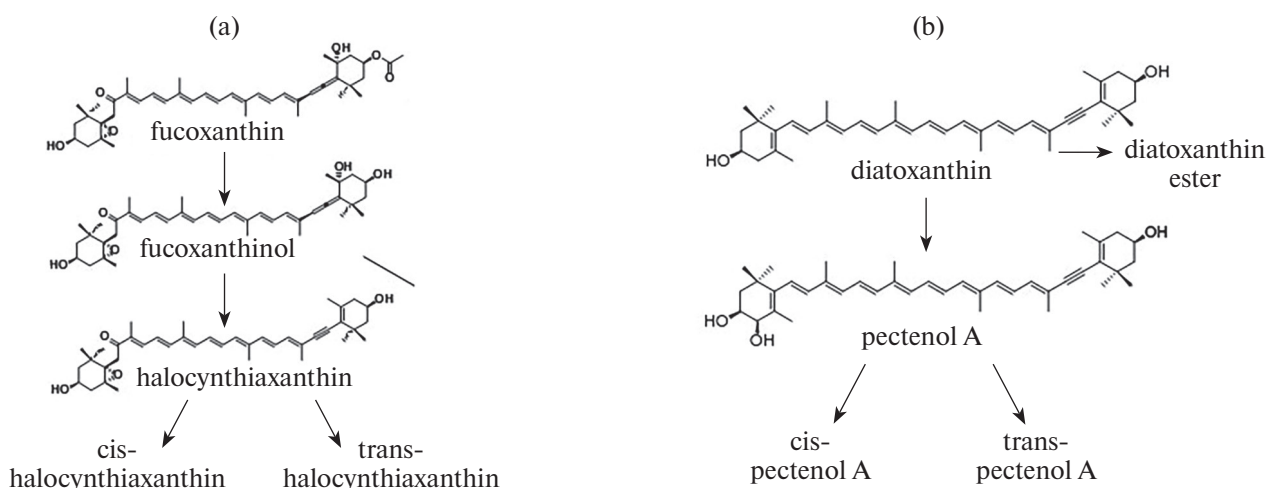


Рис. 2. Метаболическая трансформация каротиноидов фукоксантина (а) и диатоксантина (б) в тканях двустворчатого моллюска *A. Segmentum*.



*Anadara kagoshimensis*, одним из компенсаторных механизмов в адаптации был процесс изомеризации пектенолона, предшественником которого является пектенол *A* [8]. Вероятно, адаптационные механизмы *A. segmentum*, позволяющие переживать краткосрочные заморные состояния, связаны прежде всего с изомерами галоцинтиаксантина и пектенола *A*, которые в сумме составляют 38.4%.

Таким образом, в составе каротиноидов *A. segmentum* в период массового развития в составе смешанного донного сообщества, весной, идентифицированы β-каротин, диациноксантин, фукоксантин, фукоксантинол, галоцинтиаксантин (цис- и транс-изомеры), пектенол *A* (цис- и транс-изомеры), диатоксантин, лютеин, аллоксантин и эфиры последних трех каротиноидов. Количество идентифицированных каротиноидов составляет 84.5% от ССК. В составе количественно доминировали β-каротин, диациноксантин, фукоксантин, галоцинтиаксантин (сумма изомеров) и пектенол *A* (сумма изомеров), что составляло 66.7% от суммы. Сумма изомеров галоцинтиаксантина и пектенола составила 38.4%.

#### ВКЛАДЫ АВТОРОВ

Идея работы и планирование эксперимента — Б.А.В., сбор данных — Б.А.В., обработка данных — Б.А.В., З.П.А., написание и редактирование манускрипта — Б.А.В., З.П.А. Одобрение финальной версии статьи — Б.А.В., З.П.А. Оба автора несут ответственность за все аспекты работы, а также гарантируют, что все вопросы по достоверности и надежности любой работы надлежащим образом проанализированы и решены.

#### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации и рекомендациям. Протокол комиссии по биоэтике ИнБЮМ им. Ковалевского РАН № 1/23 от 09.06.2023 г.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках гос задания ФИЦ ИнБЮМ РАН “Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Черного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана.” (№ 124030100137-6). Часть работы выполнялась по гос. заданию ИХ ДВО РАН № 0265-2019-0002.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Latypov YY* (2015) The Bivalve Mollusc *Abra ovata*: Role in Succession of Soft Bottom Communities on Newly Flooded Area of the Caspian Sea. *American Journal of Climate Change* 4: 239–247. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2015.43019>
2. *Maire O, Duchêne JC, Rosenberg R, de Mendonça JB Jr, Grémare A* (2006) Effects of food availability on sediment reworking in *Abra ovata* and *A. nitida*. *Marine Ecology Progress Series* 319: 135–153. <https://doi.org/10.3354/meps319135>
3. *Анистратенко ВВ, Халиман ИА, Анистратенко ОЮ* (2011) Моллюски Азовского моря. Киев: Наукова думка.
4. *Revkov NK, Boltachova NA* (2021) Benthic fauna of the south-western part of the Sea of Azov: transformation of macrozoobenthos biocoenosis at the beginning of the XXI century. *Ekosistemy*. 26: 51–66. (In Russ). <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2021-26-51-66>
5. *Goodwin TW* (1984) The biochemistry of the carotenoids: animals. London; New York: Chapman and Hall.
6. *Карнаухов ВН* (1988) Биологические функции каротиноидов. Москва: Наука.
7. *Karnaukhov VN, Milovidova NY, Kargopolova IN* (1977) On a role of carotenoids in tolerance of sea molluscs to environment pollution. *Comp Biochem Physiol A Comp Physiol* 56 (2): 189–199. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(77\)90183-9](https://doi.org/10.1016/0300-9629(77)90183-9)
8. *Borodina AV, Soldatov AA* (2019) The Effect of Anoxia on the Content and Composition of Carotenoids in the Tissues of the Bivalve Invader *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906). *Russ J Biol Invasions* 10(4): 307–314. <https://doi.org/10.1134/S2075111719040027>
9. *Mandelli F, Miranda VS, Rodrigues E, Mercadante AZ* (2012) Identification of carotenoids with high antioxidant capacity produced by extremophile microorganisms. *World J Microbiol Biotechnol* 4: 1781–1790. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0993-y>
10. *Koldaev VM, Kropotov AV* (2022) Carotenoids in practical medicine. *Pacific Medical Journal* 1: 65–71. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2022-1-65-71>
11. *Soldatov AA, Gostyukhina OL, Borodina AV, Golovina IV* (2017) Glutathione antioxidant complex and carotenoid composition in tissues of the bivalve mollusk *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906). *J Evol Biochem Physiol* 53(4): 289–297. <https://doi.org/10.1134/S0022093017040056>
12. *Киселева МИ* (1981) Бентос рыхлых грунтов Черного моря. Киев: Наукова думка. [*Kiseleva MI* (1981) Benthos of loose soils of the Black Sea. Kyiv: Naukova Dumka. (In Russ)]. <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/8133>
13. *Borodina A, Zadorozhny P* (2021) Ecological features of the accumulation of carotenoids in the Black Sea molluscs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 937: 022077. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022077>

14. Coesel S, Obornik M, Varela J, Falciatore A, Bowler C (2008) Evolutionary origins and functions of the carotenoid biosynthetic pathway in marine diatoms. PLoS One 3(8): e2896. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002896>
15. Barkhatov YV, Zykov VV, Khromechek EB, Prokopkin IG, Rogozin DY (2021) Measuring alloxanthin as a proxy approach in a study of trophic relationships between zooplankton and cryptophyte algae in Lake Shira. J Sib Fed Univ Biol 14(2): 154–167. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0345>
16. Partali V, Tangen K, Liaaen-Jensen S (1989) Carotenoids in food chain studies — III. Resorption and metabolic transformation of carotenoids in *Mytilus edulis* (Edible mussel). Comp Biochem Physiol Part B: Comp Biochem 92 (2): 239–246. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(89\)90272-1](https://doi.org/10.1016/0305-0491(89)90272-1)
17. Maoka T (2011) Carotenoids in Marine Animals. Mar Drugs 9: 278–293. <https://doi.org/10.3390/md9020278>
18. Borodina AV (2022) Features of Carotenoid Profile in Black Sea Bivalve Mollusks. J Evol Biochem Physiol 58 (4): 943–954. <https://doi.org/10.1134/S0022093022040019>
19. Polyakov NE, Leshina TV (2006) Certain aspects of the reactivity of carotenoids. Redox processes and complexation. Russ Chem Rev 75 (12): 1049–1064. <https://doi.org/10.1070/RC2006v075n12ABEH003640>

## FEATURES OF CAROTENOID ACCUMULATION IN THE BIVALVE *ABRA SEGMENTUM* IN THE BLACK SEA

A. V. Borodina<sup>a, \*</sup> and P. A. Zadorozhny<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Biology of Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol*

<sup>b</sup>*Institute of Chemistry FEB RAS, Russian Federation, Vladivostok*

\*e-mail: borodinaav@ibss-ras.ru

The bivalve mollusk *Abra segmentum* is widespread on the Crimean coast in sandy-silty soils. Its adaptive capabilities to changes in salinity, temperature and hypoxia are interesting from the point of view of the participation of carotenoids in them. The aim of the work was to study the carotenoids of this mollusk in the coastal zone at a depth of 0–0.2 m. In the period from February to April, the level of total carotenoids in the mollusk tissues fluctuated from  $1.7 \pm 0.2$  mg / 100 g dry matter to  $0.4 \pm 0.1$  mg / 100 g dry matter. The study of the carotenoid composition of *A. segmentum* mollusks taken in coastal zones showed the presence of 11 carotenoids, including isomers and esters of 3 carotenoids. Among the dominant carotenoids are:  $\beta$ -carotene (15.2%), diadinoxanthin (7.3%), fucoxanthin (5.8%), trans-halocynthiaxanthin (9.3%), cis-halocynthiaxanthin (7.6%), trans-pectenol A (13.6%), cis-pectenol A (7.9%). *A. segmentum* accumulated both plant carotenoids and subjected some to metabolic transformation: fucoxanthin → fucoxanthinol → halocynthiaxanthin (cis- trans); diatoxanthin → pectenol A (cis- trans-). The possible role of *A. segmentum* carotenoids in death of fish due to hypoxia discussed.

*Keywords:* carotenoids, bivalves, *Abra segmentum*,  $\beta$ -carotene, halocynthiaxanthin, pectenol, cis-isomers