

Департамент образования города Севастополя
Государственное бюджетное образовательное учреждение
Центр дополнительного образования
«Малая академия наук»

**ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА КАК ИНДИКАТОРЫ
СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ В РАЗЛИЧНЫХ
УСЛОВИЯХ ОБИТАНИЯ**

Работу выполнила:
Шилова Юлия
учащаяся творческого объединения
«Экотоксикология»
ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»

Научный руководитель:
Скуратовская Е.Н.,
педагог дополнительного образования,
творческого объединения
«Экотоксикология» МАН,
к.б.н., с.н.с. ФГБУН ИМБИ

г. Севастополь

2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
РАЗДЕЛ 2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ	8
2.1. Характеристика объектов исследования	8
2.2. Материал и методы исследований.....	10
2.3. Статистическая обработка данных.....	11
РАЗДЕЛ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
3.1. Видовые особенности показателей белкового обмена сыворотки крови рыб.....	12
3.2. Сравнительный анализ показателей белкового обмена крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения.....	16
3.2.1. Характеристика районов исследований.....	16
3.2.2. Показатели белкового обмена крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения.....	17
ВЫВОДЫ	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	22

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Рыбы имеют важнейшее промысловое значение, являются удобными и легко доступными объектами экологического мониторинга, в связи с чем представляют несомненный интерес для ученых. В настоящее время для оценки состояния рыб и среды их обитания используют различные показатели: популяционные, морфофизиологические, гистологические, цитологические, биохимические. Последние, в свою очередь, являются наиболее точными и чувствительными биомаркерами [8, 12].

Кровь осуществляет многочисленные функции, поэтому гематологические показатели могут быть тонкими индикаторами, определяющими состояние рыб и среды их обитания. Кровь вместе с лимфой и межклеточной жидкостью составляет внутреннюю среду организма, в которой функционируют клетки, ткани и органы. Чем стабильнее окружающая среда, тем эффективнее действуют внутренние структуры организма, так как в основе их функционирования лежат биохимические процессы, контролируемые ферментами, нервной и эндокринной системами посредством внутренней среды.

Основными компонентами крови являются белки, выполняющие в организме важнейшие функции. Белки рыб занимают особое положение ввиду высочайшего уровня структурного разнообразия. Показатели белкового обмена отражают состояние рыб в разных условиях обитания, характеризуют их адаптивные способности, интенсивность действия антропогенных факторов [2, 5].

Цель работы заключалась в исследовании показателей белкового обмена крови массовых прибрежных видов черноморских рыб разных экологических групп.

На основании цели были поставлены следующие задачи:

Изучить видовые особенности показателей белкового обмена в сыворотке крови рыб.

Провести сравнительный анализ исследуемых параметров в сыворотке

крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения.

Объекты исследования – морской ерш *Scorpaena porcus*, спикара *Spicara flexuosa*, ставрида *Trachurus mediterraneus*.

Методы исследования – ихтиологические, спектрофотометрические, статистический анализ.

Научная новизна. Впервые проведен комплексный анализ показателей белкового обмена в крови массовых прибрежных видов рыб разных систематических и экологических групп. Установлены видовые отличия в содержании общего белка и альбумина, уровне окислительной модификации белков, активности аминотрансфераз, связанные с особенностями биологии и экологии рыб, а также условиями обитания.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов. Сравнительный анализ показателей белкового обмена крови разных видов рыб и выявление связи этих параметров с особенностями биологии и экологии организма представляет несомненный интерес для понимания их эволюции и механизмов адаптаций к разнообразным условиям существования. Критерии анализа состояния рыб, основанные на измерении показателей белкового обмена, дают возможность получить информацию о здоровье популяций в условиях хронического загрязнения морских акваторий и оценить степень риска, прогнозировать и корректировать хозяйственную деятельность, разрабатывать мероприятия по их оздоровлению. Полученные результаты могут представлять интерес для решения многих задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной природы, а также использоваться в экологическом мониторинге морских прибрежных акваторий.

РАЗДЕЛ 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Белки крови представляют важнейшую физиолого-биохимическую систему, благодаря которой кровь из сложного раствора многих веществ превращается в специализированную ткань. Морфологическая и биохимическая характеристика крови отличается у разных видов в связи с образом жизни, особенностями среды обитания и систематическим положением. У особей одного вида эти показатели колеблются в зависимости от сезона года и условий обитания.

Содержание общего белка в сыворотке крови рыб отражает особенности их функционального состояния и изменяется под влиянием внешних и внутренних факторов, причем амплитуда этой изменчивости может быть достаточно велика.

Количество белка в сыворотке крови рыб изменяется под влиянием различных факторов, причем амплитуда этой изменчивости может быть достаточно велика. На примере черноморской ставриды показано, что концентрация белков в сыворотке находится в прямой зависимости от накормленности рыбы. Установлено изменение концентрации белков у рыб в зависимости от пониженного содержания кислорода в воде и солености.

Концентрация общего белка в сыворотке крови определяется также уровнем организации и особенностями экологии той или иной группы рыб [5, 11].

Основным белком плазмы крови является альбумин. Его содержание колеблется от 5 до 60% от общего количества белка в плазме рыб. Основная роль альбумина заключается в поддержании коллоидно-осмотического (онкотического) давления плазмы и объема циркулирующей крови, а также в транспорте и депонировании различных веществ. Он связывает неполярные вещества, такие как билирубин и жирные кислоты, холестерин, является переносчиком ряда. Гормоны, связанные с альбумином, находятся в неактивной, но легко мобилизуемой форме. Около 40% кальция плазмы обратимо связывается с альбумином, находясь в подвижном равновесии с физиологически активным

ионизированным кальцием плазмы. Многие лекарственные вещества, токсиканты, поступающие в организм, связываются альбумином, благодаря чему этот белок играет значительную роль в осуществлении процессов детоксикации организма. Альбумин крови является эндогенным резервом аминокислот и при длительном голодании расходуется в первую очередь [5].

Важно отметить, что альбумин обладает уникальными антиоксидантными свойствами благодаря наличию сульфгидрильной группы. Альбумин, являясь тиолсодержащим белком, проявляет нейтрализующее действие по отношению к свободным радикалам. Восстановленные тиолы обладают высокой антиокислительной активностью, они имеют как антирадикальные, так и антиперекисные свойства и способны защищать от повреждения нуклеиновые кислоты, липиды, ферменты и другие биологически активные вещества [9].

Сывороточный альбумин рыб по своей функциональной значимости во многом подобен альбумину высших позвоночных. Содержание альбумина в крови рыб имеет выраженные видовые особенности и зависит от многих факторов внешней и внутренней среды. Среди биомаркеров, позволяющих оценить состояние рыб и среды их обитания, уровень сывороточного альбумина является важным диагностическим показателем, широко применяемым для выявления интоксикаций, вызванных различными загрязнителями [4].

В процессе функционирования в организме белки подвергаются свободнорадикальному окислению. В то же время процессы окислительной модификации белков (ОМБ) играют важную роль в обмене веществ. Окисление белков происходит постоянно во всех живых организмах. Накопление окисленных белков рассматривается как один из факторов регуляции их синтеза и распада, активации протеолитических ферментов, избирательно разрушающих окисленные белки. Однако при многих патологиях и воздействии неблагоприятных факторов содержание окисленных компонентов повышается, что приводит к нарушению метаболизма и ухудшению состояния организма. Окислительная модификация белков, с учетом их многообразной функциональной нагрузки, в тканях в отличие от пероксидации липидов, может носить избирательный и специфический

характер. Окислительная модификация белков сопровождается нарушением не только вторичной и третичной, но и первичной структуры белков, что, в зависимости от аминокислотного состава, приводит к агрегации или фрагментации белковой молекулы. На организменном уровне усиление процессов окислительной модификации компонентов клеточной мембраны может являться причиной изменений основных свойств клеток как единых функциональных систем [6, 12].

Аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспартатаминотрансфераза (АСТ) – ферменты печени, участвующие в обмене аминокислот. Высвобождение АЛТ в кровь происходит при нарушениях внутренней структуры гепатоцитов и повышении проницаемости клеточных мембран. В связи с этим АЛТ рассматривается как биомаркер нарушений функций печени любой природы. 80% активности АСТ обнаруживается в митохондриях, 20% – в цитозольной фракции [2].

Таким образом, по показателям белкового обмена и активности аминотрансфераз сыворотки крови можно судить о состоянии организма рыб и среды их обитания.

РАЗДЕЛ 2

ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика объектов исследования

Объектами исследования служили 3 массовых прибрежных вида рыб разных систематических и экологических групп (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Экологические группы черноморских рыб

Донная	Придонно-пелагическая	Пелагическая
Морской ёрш <i>Scorpaena porcus</i> Сем. <i>Scorpaenidae</i>	Спикара <i>Spicara flexuosa</i> Сем. <i>Centranchidae</i>	Ставрида <i>Trachurus mediterraneus</i> Сем. <i>Carangidae</i>

Морской ёрш (скорпена) *Scorpaena porcus* обитает в Восточной Атлантике от Британских островов до Марокко, Азорских, Канарских островов и в Средиземноморском бассейне. В Черном море широко распространен по всему побережью. Встречается также в Керченском проливе, иногда – в Азовском море.

Морской донный вид, большую часть времени проводит неподвижно, прячась среди камней или в зарослях морских трав и водорослей, часто встречается на песке и ракушечнике на глубинах от 0,5-1 до 30-40 м. Размножается с апреля до середины сентября, нерест порционный, самки одновременно выметывают две порции икры, заключенной в прозрачные слизистые капсулы, в каждой из которых находятся от 1700 до 3000 икринок при общей индивидуальной плодовитости до 178 тыс. икринок. После попадания в воду капсулы значительно набухают и всплывают к поверхности воды, где и происходит развитие икры и личинок до превращения последних в мальков, которые при достижении длины 12-15 мм переходят к донному образу жизни. Самки достигают половой зрелости на третьем году жизни, самцы – на втором.

Скорпена является типичным хищником-засадчиком, подстерегает движущую добычу, определяя ее нахождение с помощью зрения и восприятия

колебаний воды, на неподвижные объекты не реагирует. Питается в основном придонными и донными рыбами, креветками, крупными ракообразными.

В связи с относительно небольшой численностью морской ерш не имеет промыслового значения.

Спикара (*Spicara flexuosa*). Обитает в Восточной Атлантике у берегов Португалии, в морях Средиземноморского бассейна. В Черном море обычна у всех берегов, иногда встречается и в Азовском море. Обитает в прибрежной зоне, к берегу подходит весной, и осенью, при похолодании воды до 12-16°C, летом и зимой отходит на большие глубины. Протогинический гермафродит, достигает половой зрелости в возрасте одного года, но при этом в основном формируется самки, которые обычно к третьему году жизни превращаются в самцов.

Нерест в Черном море с конца мая до середины июля. В это время самец оборудует на дне на глубине от 5 до 30 м продолговатое гнездо в виде углубления в песчано-глинном грунте размером 20-40 см и 15-20 см. Имеет небольшое промысловое значение как прилов в прибрежном рыболовстве.

Ставрида (*Trachurus mediterraneus ponticus*). Морская стайная рыба, по мере прогревания воды поднимается к поверхности и подходит к берегам, происходит это обычно начиная с апреля. К началу нереста, длящегося с мая по август, ставрида держится разряжено в небольших косяках. Икрометание происходит вдоль всех берегов Черного моря, за исключением опресненных районов. Икра пелагическая, держится от поверхности до слоя термоклина, но основная масса сосредоточена в верхнем пятиметровом слое. В поисках пищи мигрирует на значительные расстояния. Питается молодью мелких стайных рыб, в основном хамсы, зоопланктоном передвигаясь к северным частям ареала. В конце лета черноморская ставрида начинает отходить южнее и с похолоданием опускается на большие глубины (от 40 м и более). Имеет большое промысловое значение [1].

2.2. Материал и методы исследований

Рыб отлавливали с помощью донных ставников в акватории г. Севастополя в июне 2018 г. Материалом для исследования служила сыворотка крови рыб.

Кровь отбирали из хвостовой артерии. Выдерживали сутки при температуре 4°C в холодильнике, затем получали сыворотку. В сыворотке определяли содержание общего белка, альбумина и уровень окислительной модификации белков, активность aminотрансфераз (АЛТ, АСТ). Все измерения проводили на спектрофотометре СФ-2000 (Россия).

Определение содержания общего белка. Содержание общего белка определяли с использованием стандартного набора реактивов «Общий белок-РФ-ОЛЬВЕКС». Принцип метода основан на том, что белки реагируют с серноокислой медью в щелочной среде с образованием соединений фиолетовой окраски (биуретовая реакция). Интенсивность окрашивания реакционного раствора прямопропорциональна концентрации белков в анализируемой пробе. Содержание общего белка определяли на спектрофотометре при длине волны 540 нм. Расчёт концентрации общего белка проводили по формуле (1):

$$C = \frac{E_{оп}}{E_{кал}} \times 50, \quad (1)$$

где C – концентрация общего белка в анализируемой пробе, г/л; 50 – концентрация общего белка в калибровочном растворе, г/л; $E_{оп}$ – оптическая плотность опытной пробы, ед. опт. плотности; $E_{кал}$ – оптическая плотность калибровочной пробы, ед. опт. плотности.

Определение содержания альбумина. Содержание альбумина определяли с использованием стандартного набора реактивов «Альбумин-РФ-ОЛЬВЕКС». Альбумин образует в слабокислой среде с индикатором бромкрезоловым зелёным в присутствии детергента окрашенное соединение, интенсивность окраски которого пропорциональна концентрации альбумина в сыворотке крови. Содержание альбумина определяли на спектрофотометре при длине волны 630 нм. Расчёт концентрации альбумина проводили по формуле (2):

$$C = \frac{E_{\text{оп}}}{E_{\text{кал}}} \times 50 \quad (2)$$

где C – концентрация альбумина в анализируемой пробе, г/л; 50 – концентрация альбумина в калибровочном растворе, г/л; $E_{\text{оп}}$ – оптическая плотность опытной пробы, ед. опт. плотности; $E_{\text{кал}}$ – оптическая плотность калибровочной пробы, ед. опт. плотности.

Определение уровня окислительной модификации белков. Уровень окислительной модификации белков анализировали на основе реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белка с 2,4-динитрофенилгидразином с образованием 2,4-динитрофенил-гидразонов. Оптическую плотность образовавшихся 2,4-динитрофенил-гидразонов регистрировали при следующих длинах волн: 346 нм и 370 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации нейтрального характера), а также при 430 нм и 530 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации основного характера). Содержание продуктов окисления белков выражали в оптических единицах (опт. ед.) на 1 мл сыворотки [3].

Активность аминотрансфераз в сыворотке рыб определяли методом Райтмана-Френкеля с использованием стандартных наборов реактивов «АЛТ-РФ-ОЛЬВЕКС», «АСТ-РФ-ОЛЬВЕКС».

2.3. Статистическая обработка данных

Статистическую обработку данных проводили путем вычисления среднего арифметического (M), стандартного отклонения (σ), ошибки среднего арифметического (m). Сравнительный анализ данных осуществляли с использованием t -критерия Стьюдента. Различия между сравниваемыми рядами считали достоверными и статистически значимыми при $p \geq 0,05$.

РАЗДЕЛ 3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Видовые особенности показателей белкового обмена сыворотки крови рыб

Изучение параметров белкового обмена рыб разных систематических и экологических групп имеет важное значение для понимания механизмов их адаптаций к определенным условиям существования. В связи с вышеизложенным проведен сравнительный анализ содержания белков и их окисленных форм, активности АЛТ, АСТ в крови исследуемых рыб.

Выявлены видовые особенности содержания общего белка и альбумина в сыворотке крови рыб. Концентрация белка увеличивается в ряду: морской ерш → спикара → ставрида (рис. 3.1).

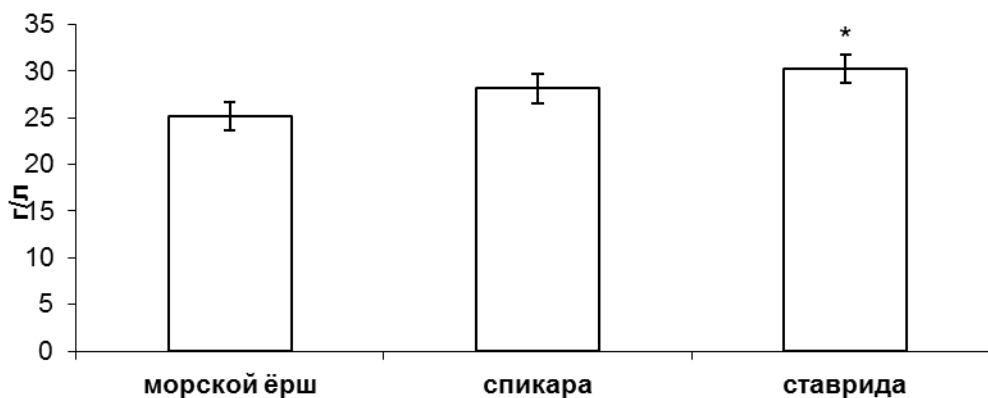


Рис. 3.1 Содержание общего белка в сыворотке крови рыб ($M \pm m$)

Примечание: * - различия достоверны по сравнению со значениями морского ерша ($p < 0,05$)

Аналогичная динамика выявлена для альбумина. Концентрация альбумина в крови активных мигрантов спикары и ставриды превышает соответствующие значения представителя донной группы - морского ерша (рис. 3.2).

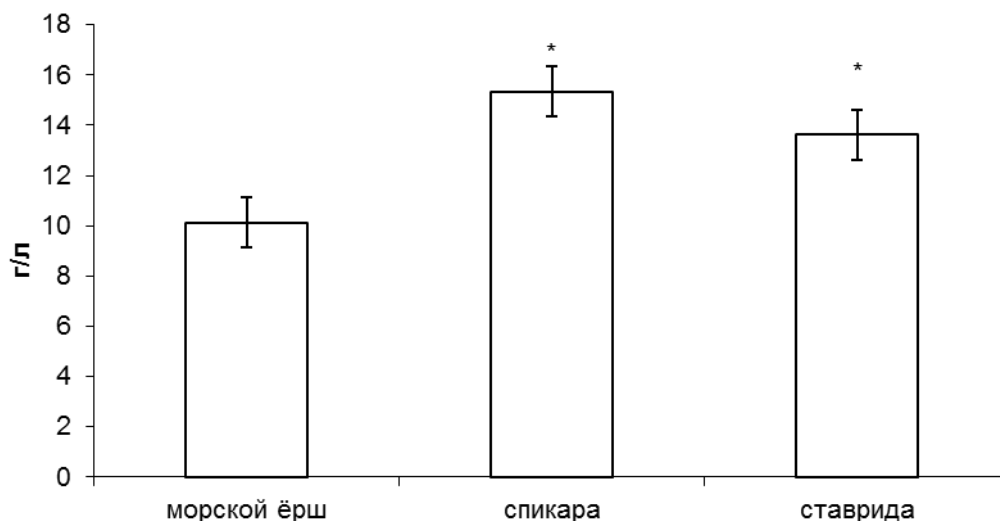


Рис. 3.2 Содержание альбумина в сыворотке крови рыб (M ± m)

Примечание: * - различия достоверны по сравнению со значениями морского ерша ($p < 0,05$)

Согласно многочисленным данным, концентрация общего белка и альбумина в сыворотке крови костистых рыб широко варьирует у представителей различных отрядов, а также подотрядов и семейств внутри одного отряда [5]. В сыворотке крови донного ерша содержание общего белка и альбумина ниже, чем у представителей придонно-пелагического комплекса (спикара и ставрида), что может быть связано с их естественной подвижностью, особенностями биологии и питания.

Уровень окислительной модификации белков в сыворотке крови спикары значительно превышает соответствующие значения морского ерша и ставриды (рис. 3.3 (a,b,c,d)).

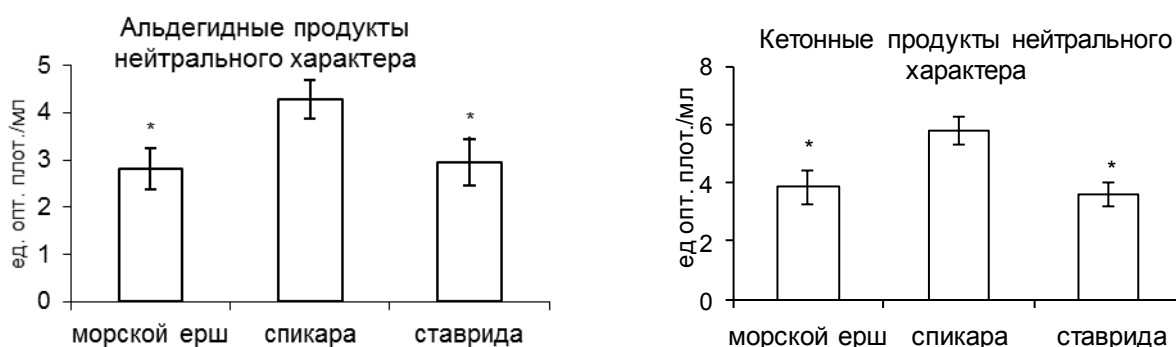


Рис. 3.3 (a, b).

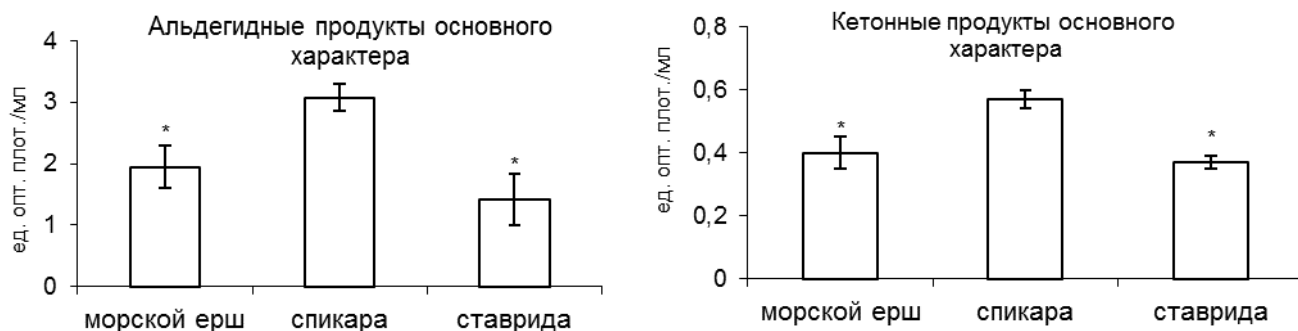


Рис. 3.3 (с, d)

Рис. 3.3(a, b, c, d) Содержание продуктов окислительной модификации белков в сыворотке крови исследуемых видов рыб ($M \pm m$)

Примечание: * - различия достоверны по сравнению со значениями спикары

На содержание окисленных белков существенное влияние оказывают условия обитания, а также токсиканты, содержащиеся в среде и в организме. Избыточное количество ксенобиотиков в воде и накопление их в организме стимулирует свободнорадикальные процессы, приводящие к повреждению белковых молекул. Среди токсикантов наибольшую опасность представляют тяжелые металлы. Их токсическая роль обусловлена способностью связываться с SH-группами белков. В результате угнетается синтез белков, активность ферментов, происходит повреждение молекул, которые уже не могут выполнять свою функцию. В результате – уровень окислительной модификации белков в организме повышается [10].

Согласно литературным данным, содержание тяжелых металлов и мышьяка в тканях рыб увеличивается в следующей последовательности [10]:

Cu: ставрида → спикара → морской ерш

Pb: ставрида, спикара → морской ерш

Cd: ставрида → → морской ерш → спикара

Zn: спикара → морской ерш → ставрида

As: ставрида → морской ерш → спикара

Hg: ставрида → морской ерш → спикара.

Минимальное содержание окисленных белков в сыворотке крови ставриды, вероятно, обусловлено как экологическими особенностями, видовой специфичностью, а также особенностями накопления токсичных элементов в тканях.

Ставрида - пелагический, быстро перемещающийся вид, способный уйти из акваторий с повышенным загрязнением в более чистые районы. Как известно, у подвижных рыб выше уровень обменных процессов, в связи с чем в организме ставриды происходит более быстрое расщепление и удаление продуктов окисления. Следует также отметить, что содержание токсичных элементов (Cu, Pb, Cd, As, Hg) в тканях ставриды незначительно по сравнению с другими видами. Максимальный уровень окисленных белков в сыворотке крови спикары, вероятно, обусловлен высоким содержанием наиболее опасных токсичных элементов Cd, As, Hg в тканях [10].

Минимальная активность аминотрансфераз выявлена в сыворотке крови морского ерша, максимальная – у ставриды, что связано с особенностями биологии и естественной подвижностью рыб (рис. 3.4).

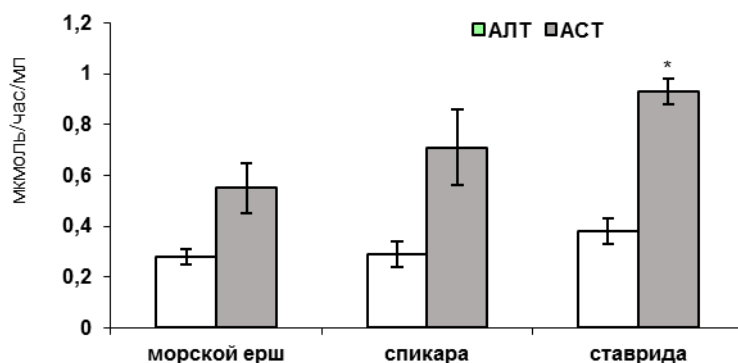


Рис. 3.4 Активность аминотрансфераз в сыворотке крови исследуемых видов рыб
($M \pm m$)

3.2. Сравнительный анализ показателей белкового обмена крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения

Проведен сравнительный анализ показателей белкового обмена крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения. В качестве объекта исследований был выбран морской ерш – биомониторный вид, широко используемый в экотоксикологических исследованиях.

3.2.1. Характеристика районов исследований

Исследования проводили в 2 севастопольских бухтах с разным уровнем загрязнения – Казачья и Стрелецкая (рис. 3.5).



Рис. 3.5 Расположение бухт Севастополя

Севастопольские морские акватории относятся к районам активного хозяйственного использования и служат коллектором различных загрязнителей. В прибрежных районах сформировались зоны с высокими концентрациями токсикантов в донных осадках: тяжелых металлов, хлорорганических соединений (ХОС), нефтяных углеводородов. В то же время бухты Севастополя различаются по уровню загрязнения, гидрохимическим и гидрологическим характеристикам и поэтому могут служить моделью для сравнения процессов, происходящих под влиянием природных и антропогенных факторов в популяциях рыб.

Стрелецкая бухта является одним из наиболее загрязненных районов г.

Севастополя. Вдоль восточного побережья базируются корабли Черноморского флота. Западное побережье занято городскими жилыми застройками (Осадчая, 2013). В последние годы в донных отложениях бухты концентрация ΣПХБ6 и ΣДДТ в среднем составляла 100 и 51 нг/г сухой массы соответственно, нефтяных углеводородов - 705 мг/100 г сырой массы, ртути - 304 нг/г сухой массы [7].

Б. Казачья расположена в 15 км от центра города и является одной из наиболее чистых в системе севастопольских бухт. Несмотря на то, что б. Казачья является популярным местом отдыха и испытывает значительную антропогенную нагрузку за счет жилых застроек и дельфинария, процессы самоочищения в ней протекают достаточно интенсивно. В донных осадках акватории концентрация углеводородов нефти в среднем составляла 36 мг/100 г сырой массы ртути - 33,7 нг/г сухой массы [7].

Таким образом, на основании данных о загрязнении исследуемых районов можно сделать вывод, что Стрелецкая бухта наиболее загрязнена, б. Казачья является относительно чистой акваторией.

3.2.2. Показатели белкового обмена крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения

Содержание общего белка и альбумина в сыворотке крови являются информативными биохимическими показателями. Определение их концентрации имеет важнейшее диагностическое значение для оценки функционального состояния печени, метаболического статуса, стрессового состояния, а также качества окружающей среды. Сывороточные белки рыб принимают участие в пластическом метаболизме и играют важную роль в транспорте эндогенных метаболитов и экзогенных веществ.

В результате исследований установлена обратная зависимость между содержанием общего белка и альбумина в сыворотке крови морского ерша и уровнем загрязнения морских акваторий. Минимальные значения обнаружены у рыб из Стрелецкой бухты (рис. 3.6). Причиной данного факта, вероятно, является

высокий уровень загрязнения Стрелецкой бухты. Поступление в организм в большом количестве токсикантов приводит к нарушению протеосинтетических функций печени, повреждению белковых молекул в результате окислительной модификации и способствует перераспределению альбумина во внесосудистый сектор. В результате патологических изменений уровень общего белка и альбумина в сыворотке крови снижается.

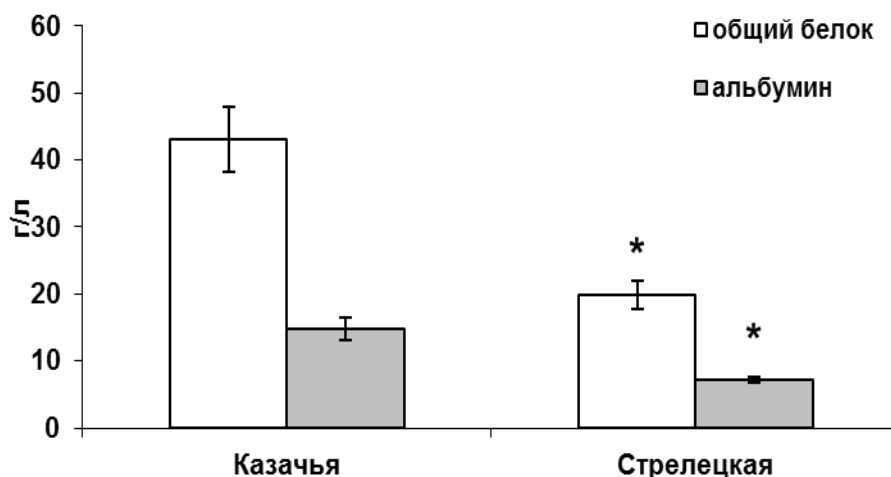


Рис. 3.6 Концентрация общего белка и альбумина в сыворотке крови морского ерша из бухт с разным уровнем загрязнения

Примечание: * - различия достоверны по сравнению со значениями рыб из Казачьей бухты при $p \leq 0,05$

Высокий уровень окислительной модификации белков в сыворотке крови морского ерша из Стрелецкой бухты является следствием интенсификации процессов окислительной модификации белков, в том числе альбумина, в результате поступления в организм избыточных концентраций экзотоксинов (рис. 3.7).

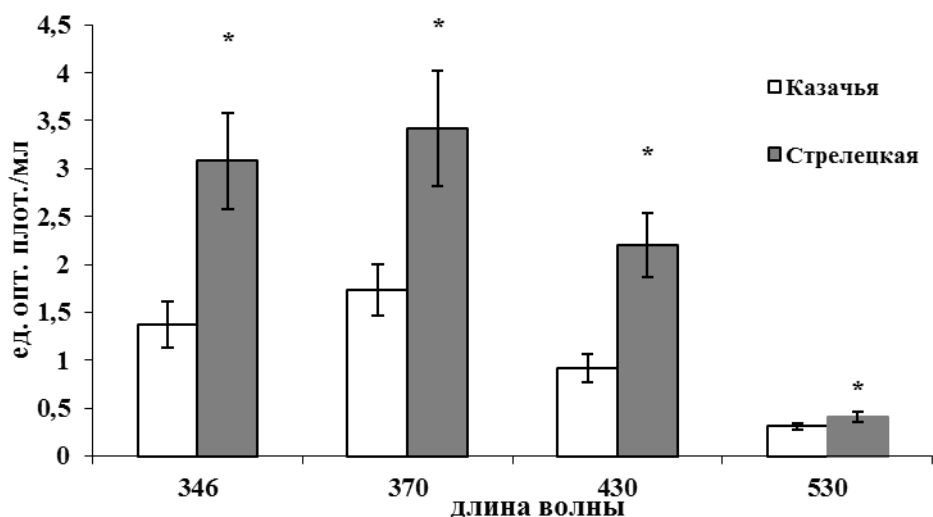


Рис. 3.7 Содержание продуктов окислительной модификации белков в сыворотке крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения ($M \pm m$)

Примечание: * - различия достоверны по сравнению со значениями рыб из Казачьей бухты при $p \leq 0,05$

В результате сравнительного анализа активности аминотрансфераз установлено повышение активности АЛТ в сыворотке крови морского ерша, обитающего в Стрелецкой бухте (рис. 3.8). Повышение ферментативной активности может быть обусловлено усилением функциональной нагрузки на печень в результате интенсивной детоксикации ксенобиотиков.

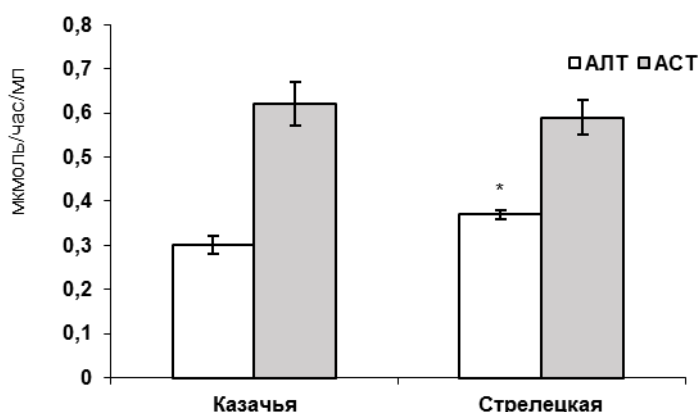


Рис. 3.8 Активность аминотрансфераз в сыворотке крови рыб из бухт с разным уровнем загрязнения ($M \pm m$)

Примечание: * - различия достоверны по сравнению со значениями рыб из Казачьей бухты при $p \leq 0,05$

Таким образом, результаты исследований позволили заключить, что содержание общего белка и альбумина, уровень ОМБ, активность АЛТ могут служить удобными и информативными биомаркерами оценки состояния рыб, их адаптивных возможностей и условий обитания.

ВЫВОДЫ

1. Содержание общего белка и альбумина, активность аминотрансфераз в сыворотке крови спикары и ставриды превышает соответствующие значения морского ерша.
2. Уровень окислительной модификации белков увеличивается в ряду: ставрида → морской ерш → спикара.
3. В акватории с высоким уровнем загрязнения содержание общего белка и альбумина в сыворотке крови рыб снижается, тогда как активность АЛТ и уровень ОМБ возрастает.
4. Исследованные показатели могут служить удобными и информативными биомаркерами оценки состояния рыб и среды их обитания и использоваться в экологическом мониторинге прибрежных акваторий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болтачев А.Р., Карпова Е.П. Морские рыбы Крымского полуострова. – Симферопль: Бизнес-Информ, 2017. – 376 с.
2. Гулиев Р.Н., Мелякина Э.И. Некоторые биохимические показатели крови рыб дельты Волги // Вестник АГТУ: сер. Рыбное хозяйство. - 2014. - № 2. - С. 85 – 91.
3. Дубинина Е.Е. Шугалей И.В. Окислительная модификация белков // Усп. совр. биологии. – 1993. – Т. 113, вып. 1. – С. 71 – 81.
4. Ковыршина Т.Б. Сравнительный анализ содержания сывороточного альбумина в крови бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus*) из Черного и Азовского морей // Материалы Всероссийской конф. с международ. участием «Физиологические, биохимические и молекулярно-генетические механизмы адаптаций гидробионтов» (Борок, 22-27 ноября 2012 г.). – Борок, 2012 г. – С. 180 – 184.
5. Лукьяненко В.И., Хабаров М.В. Альбуминовая система сыворотки крови разных по экологии видов осетровых рыб. – Ярославль, 2005. – 205 с.
6. Луцак В.И. Свободнорадикальное окисление белков и его связь с функциональным состоянием организма // Биохимия. – 2007. – Т. 72, вып. 8. – С. 995 – 1017.
7. Малахова Л. В. и др. Хлорорганические соединения в черноморском ерше *Scorpaena porcus* LINNAEUS, 1758 в акватории Севастополя: пространственное распределение и биологический отклик на уровень накопления загрязнителей // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, №4. С. 51–63.
8. Моисеенко Т. И., Гашев С. Н., Селюков А. Г. и др. 2010. Биологические методы оценки качества вод: часть 1. Биоиндикация // Вестник Тюменского государственного университета. №7. С. 20–40.
9. Пашина Е.В., Золотавина М.Л. Альбумин в оценке эндогенной интоксикации // Наука и современность. Сер.: Биологические науки. – 2014. – 23 – 28.

10. Руднева И.И., Скуратовская Е.Н., Дорохова И.И., Граб Ю.А., Залевская И.Н., Омельченко С.О. Биоиндикация экологического состояния морских акваторий с помощью биомаркеров рыб // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38, № 1. – С. 92 – 97.
11. Холод В.М. Белки сыворотки крови в клинической и экспериментальной ветеринарии / В. М. Холод. – Минск: «Ураджай», 1983. – 76 с.
12. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. Из-во «ГЕОС», Москва. - 360 с.