

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

УДК [597.423-1.05:597-1.044]:577.52/6(262.81)]

Г. Ф. Металлов, П. П. Гераскин, В. П. Аксёнов, О. А. Левина

## МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ КАСПИЙСКИХ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

В исторической ретроспективе большое влияние на экологическую ситуацию Каспийского моря оказывали и оказывают колебания его уровня, в основе которых лежат геологические и климатические факторы, и прежде всего водность рек. Колебания уровня моря сказываются на солёности каспийской воды. Для Северного Каспия солёность является важнейшей и исключительно динамичной константой. Вместе с биогенами солёность воды участвует в формировании количественной и качественной структуры кормовых организмов. В свою очередь, избытие кормов определяет физиологический статус рыб. В многолетнем аспекте, под влиянием химического и биологического загрязнения, заметно изменился физиологический статус многих промысловых рыб, в том числе и осетровых, что отражено в результатах многолетних исследований динамики биохимического статуса производителей русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833), белуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758) и севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) из естественных популяций Каспийского моря. Анализ данных по уровню гемоглобина русского осетра ( $60,20 \pm 1,60$  г/л) до экологического кризиса в 1960–1980 гг.) и данных, характеризующих уровень окислительного обмена у этих рыб после экологического кризиса в 2006–2010 гг. ( $49,45 \pm 0,56$  г/л), свидетельствует о достоверном снижении этого показателя, что является симптомом функциональной напряженности в системе обеспечения организма этих рыб кислородом. Данная направленность динамики этого биохимического субстрата в крови характерна и для других каспийских осетровых. На основе полифункционального метода оценки уровня биохимических преобразований у русского осетра, севрюги и белуги можно говорить о длительном кумулятивном токсикозе на фоне низкого уровня кормовой обеспеченности.

**Ключевые слова:** Каспийское море, осетровые, физиологический статус, экологические условия, кумулятивный политоксикоз.

### Введение

Длительная изолированность Каспийского моря от Мирового океана привела к формированию особых экологических условий и, соответственно, уникального по своему составу животного и растительного мира. В Каспийском море около 400 биологических видов являются эндемиками, особое место среди них занимают осетровые рыбы [1]. В свою очередь, уникальность экосистемы Каспийского моря определила её исключительную уязвимость. На фоне закономерных изменений климата чрезмерная эксплуатация природных ресурсов Каспийского моря привела к значительному биологическому и химическому загрязнению этого водоёма и, соответственно, к постепенному разрушению ареалов обитания представителей флоры и фауны. Многие виды животных и растений, характерные для этого водоёма, находятся под угрозой исчезновения.

В исторической ретроспективе большое влияние на экологическую ситуацию Каспийского моря оказывали и оказывают колебания его уровня, в основе которых лежат геологические и климатические факторы, и прежде всего водность рек [2, 3]. С конца 50-х гг. XX в. снижение водности рек происходит под влиянием безвозвратного изъятия стока на промышленные и сельскохозяйственные нужды [4–7]. Колебания уровня моря сказываются на солёности каспийской воды. Для Северного Каспия солёность является важнейшей и исключительно динамичной константой. Вместе с биогенами солёность воды участвует в формировании количественной и качественной структуры кормовых организмов. В свою очередь, избытие кормов определяет физиологический статус рыб.

В настоящее время, в связи со случайным или целенаправленным завозом в различные регионы множества видов других растений и животных, происходит вытеснение эндемичной флоры и фауны, в том числе и в южных морях России. Значительный ущерб фауне Каспийского моря нанесла случайная интродукция гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1865). В конце XX в. мнемипсис стал одной из главных экологических проблем каспийской и азовской экосистем. Нашествие мнемипсиса значительно сократило разнообразие веслоногих рачков, имеющих исключительно большое значение в питании рыб. Биомасса зоопланктона уменьшилась в 2–3 раза. Аналогичные изменения наблюдались в биомассе фитопланктона и моллюсков [8, 9].

Помимо естественных параметров водной среды, на физиологическое состояние гидробионтов оказывает воздействие химическое загрязнение. Основными загрязняющими веществами в российской акватории Каспийского моря являются нефтяные углеводороды, фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) и аммиачный азот. Качество вод Северного Каспия, наиболее продуктивной его части, из года в год ухудшается [10]. Одновременное исследование проб воды, планктона и тканей органов некоторых каспийских промысловых рыб, в том числе и осетровых, показало, что количество токсичных углеводородов в них значительно превышало их содержание в воде [11].

С 70-х гг. XX в. загрязнение, вызываемое различными источниками, в том числе и добычей нефти, стало оказывать отрицательное воздействие в целом на всю экосистему Каспийского моря, вызвав ответную реакцию гидробионтов. Произошли существенные изменения состояния бактерио-, фито- и зооценозов. Прежде всего это касается фитопланктона первичного компонента всей пищевой цепочки. Начиная с середины 30-х гг. XX в. и к началу 2000-х гг. общая биомасса фитопланктона в Северном Каспии снизилась почти в 3 раза. Выявленная тенденция наблюдается и в экосистемах Среднего и Южного Каспия. Наблюдается не только количественное, но и качественное обеднение видового состава фитопланктона – почти в 3–4 раза, зоопланктона – в 1,4 раза [12–14].

Негативные изменения, произошедшие на уровне продуцентов, не могли не сказаться и на консументах первого порядка – зоопланктоне и моллюсках. Ещё в конце 80-х гг. XX в. Е. П. Сказкина констатировала, что сопоставление пищевых потребностей хамсы, тюльки и килек с запасами корма позволяет сделать вывод об отсутствии резервов зоопланктона в пелагиали Азовского и Каспийского морей [15].

С 1934 по 2006 г. кормовая база полупроходных рыб в Северном Каспии снизилась с 2 млн 679 тыс. т до 1 млн 732 тыс. т. Аналогичные процессы на уровне первичных консументов наблюдаются в Среднем и Южном Каспии, где запасы зоопланктона – главной пищи каспийских килек, также резко уменьшились. Общая тенденция к снижению кормовой продуктивности Каспийского моря коснулась и осетровых рыб. Во всех частях моря, начиная с 60–70-х гг. XX в. по 2000–2006 гг., наблюдалось снижение биомассы кормового бентоса для осетровых рыб: в Северном Каспии – почти в 2 раза, в Среднем Каспии – в 7 раз и в Южном Каспии – в 3 раза [16].

Река Волга также насыщена различного рода токсичными веществами, что неоднократно приводило к массовой гибели рыб. В конце 80-х гг. XX в. у 80 % производителей осетровых рыб, мигрирующих на нерест в р. Волгу, были выявлены различные нарушения обменных процессов и структуры тканей органов [1, 17–19]. В дальнейшем это привело к снижению массовых характеристик этих рыб [20].

В многолетнем аспекте, под влиянием химического и биологического загрязнения, заметно изменился физиологический статус многих промысловых рыб, в том числе и осетровых [21–26]. В 1980–1990 гг. была отмечена гибель осетровых на реках Волга и Урал. Значительное количество обследованных рыб имело расслоение мышечной ткани и нарушение оболочки икринок [27, 28]. Нарастающее освоение углеводородного сырья на всей акватории Каспийского моря вызывает большую тревогу у экологов [29].

Кумулятивный политоксикоз осетровых рыб на фоне снижения продуктивности Каспийского моря проявился в отрицательной динамике уровня транспорта в крови и аккумуляции в тканях важнейших биохимических субстратов [30].

### Материалы и методы исследований

Нами в многолетнем аспекте (1960–2010 гг.) исследовалась динамика биохимического статуса производителей русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833), белуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758) и севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) из естественных популяций Каспийского моря. Функциональное состояние оценивали по содержанию в крови гемоглобина, общего белка, общего холестерина, беталипопротеидов и гликогена в печени.

Гемоглобин в крови определяли унифицированным цианметгемоглобиновым фотометрическим методом и с помощью набора реактивов фирмы PLIVA-Lachema [31, 32]. Концентрацию белка в сыворотке крови определяли на рефрактометрах «ИРФ-22» и «ИРФ-454Б2М».

Содержание беталипопротеидов определяли турбодиметрическим методом и с помощью набора реактивов фирмы Erba Lachema [33, 34]. Концентрацию общего холестерина определяли энзиматическим методом и с помощью набора реактивов фирмы «Ольвекс диагностика» [35, 36]. Концентрацию гликогена в печени определяли по Бренду в модификации Сейфтера [37]. Результаты экспериментов анализировали методами биологической статистики с помощью компьютерных программ.

### Результаты исследований

Одним из элементов биохимической оценки физиологического состояния изучаемого объекта или совокупности особей является характеристика метаболической функции крови, и в частности динамика транспортируемых кровью белков и липидов. Отклонения, выявленные в белковом обмене, свидетельствуют о дефиците сывороточных белков, что может лимитировать их участие в биохимических процессах. Низкий уровень липидов в сыворотке крови может свидетельствовать как об интенсификации их использования на нужды организма, так и ослаблении функциональной активности печени. Гликоген в печени снижается при повышенных энергетических затратах организма и при различных интоксикациях вследствие ослабления процесса его синтеза.

Многолетний анализ (1960–2010 гг.) динамики таких физиологических показателей, как гемоглобин, белок, беталипопротеиды, холестерин в крови и гликоген в печени русского осетра, севрюги и белуги, нагуливающих в Каспийском море, выявил достоверные отклонения в отдельных параметрах на протяжении всего периода исследования.

Аналогичные изменения физиологического статуса осетровых рыб выявлены и у производителей, которые использовались в рыбоводном процессе.

Исключительная роль гемоглобина в оценке интенсивности обменных процессов в организме животного общеизвестна. Гемоглобин в крови, сложный белок класса хромопротеинов, является важнейшим элементом реализации дыхательной функции животных. Он осуществляет транспортную функцию кислорода и углекислого газа к тканям и обратно. Помимо транспортировки кислорода и углекислого газа гемоглобин регулирует работу иммунной системы и щитовидной железы, отвечает за выведение токсинов из организма, принимает участие в процессах регенерации клеток. При дефиците или избытке железосодержащего белка наблюдаются нарушения метаболизма в организме рыб.

Сопоставление данных по уровню гемоглобина в крови у русского осетра до экологического кризиса в 1960–1980 гг. ( $60,20 \pm 1,60$  г/л) с данными, характеризующими уровень окислительного обмена у этих рыб после экологического кризиса в 1996–2000 гг. ( $56,54 \pm 0,94$  г/л) и 2006–2010 гг. ( $49,45 \pm 0,56$  г/л), выявило их достоверное снижение, что является симптомом функциональной напряженности в системе обеспечения организма этих рыб кислородом. Данная направленность динамики этого биохимического субстрата в крови характерна и для других каспийских осетровых. Так, у севрюги и белуги в 1960–1980 гг. уровень гемоглобина находился на уровне  $63,6 \pm 1,8$  и  $61,40 \pm 1,5$  г/л соответственно, в 1996–2000 гг. значение данного показателя составило  $62,20 \pm 0,67$  и  $54,88 \pm 5,42$  г/л, а к 2006–2010 гг. наблюдалось снижение до  $50,80 \pm 5,94$  и  $40,40 \pm 5,51$  г/л. Известно, что под влиянием ядохимикатов различной химической природы, как правило, происходит снижение уровня гемоглобина крови, хотя не исключено его увеличение на первых этапах контакта с ядами как реакция организма на их воздействие [38].

Большинство наиболее тонких биологических функций выполняется белками или при их участии. Важнейшей функцией сывороточных белков является транспорт веществ, обеспечи-

вающих клетки организма животного строительным материалом и энергией. Входя в состав ферментов, белки обеспечивают протекание большинства необходимых для жизнедеятельности организма процессов. Сывороточные белки обладают способностью образовывать комплексы с жирными кислотами и стероидными гормонами. Изменение качественного и количественного соотношения аминокислот значительно снижает качество половых продуктов [39].

Изучение многолетней динамики концентрации сывороточного белка у русского осетра, севрюги и белуги также выявило более высокие значения этого показателя в 1960–1980 гг. –  $34,50 \pm 0,40$ ;  $30,60 \pm 0,38$  и  $28,20 \pm 1,10$  г/л соответственно. Согласно исследованиям В. И. Лукьяненко, различные токсичные вещества (пестициды, нефть, тяжёлые металлы) угнетают синтез белка в печени и почках, что подтверждает влияние экологического кризиса на функциональное состояние осетровых рыб [39]. В период после экологического кризиса в конце 20-го в. (1996–2000 гг.) уровень белка в крови у русского осетра составил  $27,70 \pm 0,45$  г/л, у севрюги и белуги –  $30,50 \pm 0,96$  и  $21,30 \pm 2,10$  г/л соответственно. Таким образом, в конце периода мониторинга (2006–2010 гг.) наблюдалось снижение данного показателя на 27 % у русского осетра ( $25,13 \pm 0,12$  г/л), на 26 % у севрюги ( $22,68 \pm 0,60$  г/л) и на 20 % у белуги ( $22,86 \pm 3,15$  г/л).

Жиры и жироподобные вещества относятся к липидам. Среди них значительный интерес представляют холестерин, триглицериды (или нейтральные жиры) и фосфолипиды. Все упомянутые жиры и жироподобные вещества находятся в плазме крови не в свободном состоянии, а в соединении с белками – в виде так называемых белково-липидных комплексов или липопротеидов. Липопротеиды, в отличие от липидов, хорошо растворимы в воде и служат транспортной формой липидов в организме любого животного.

Беталипопротеиды – самые богатые холестерином частицы (содержат до 45 % холестерина) – это фактически холестерин липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) в комплексе с белком и другими жирами и жироподобными веществами.

Изучение динамики концентрации сывороточных беталипопротеидов у каспийских осетровых выявило неустойчивый характер изменения данного показателя, а именно снижение у севрюги –  $5,12 \pm 0,43$  г/л, у белуги –  $2,44 \pm 0,31$  г/л. После острого экологического кризиса уровень беталипопротеидов у русского осетра и севрюги снизился более чем на 30 % и составил  $2,04 \pm 0,05$  и  $3,27 \pm 0,07$  г/л соответственно. У белуги колебания беталипопротеидов в сыворотке крови были незначительными –  $2,39 \pm 0,22$  г/л. В конце исследуемого периода (2006–2010 гг.) уровень этого показателя возрос у русского осетра до  $3,79 \pm 0,05$  г/л, у севрюги – до  $4,07 \pm 0,35$  г/л, у белуги – до  $3,01 \pm 0,18$  г/л.

Снижение транспорта резервных веществ, в котором участвуют и беталипопротеиды, может свидетельствовать как о нормальном изменении интенсивности и направленности обменных процессов при смене жизненных циклов животных, так и о нарушении липопротеидного обмена под воздействием отрицательных факторов среды. Повышение концентрации беталипопротеидов в крови в конце исследуемого периода может свидетельствовать о том, что хронический стресс, испытываемый каспийскими рыбами, в том числе осетровыми, не является кратковременным явлением, и реакция на него проявляется острой потребностью в жирных кислотах, активизация транспорта которых осуществляется в составе беталипопротеидов. Это и определило увеличение их количества в крови в послекризисный период.

В химическом отношении холестерин – это жировой спирт, т. е. соединение, сочетающее свойства жироподобных веществ и спиртов. Природные воскообразные свойства холестерина позволяют ему выполнять функцию клеточного «скелета» в организме животного. Входя в состав мембраны клеток, холестерин, вместе с фосфолипидами и белками, обеспечивает избирательную проницаемость мембраны для веществ, входящих и выходящих из нее. Из холестерина образуются половые гормоны и гормоны коры надпочечников, а также желчные кислоты. Холестерин необходим для роста организма и деления клеток. Холестерин поступает в организм животного двумя путями: вырабатывается собственными клетками и с пищей. Основная масса холестерина синтезируется в печени.

Динамика концентрации холестерина в сыворотке крови у русского осетра, севрюги и белуги в определённой степени сопоставима как с динамикой сывороточного белка, так и с динамикой беталипопротеидов. Неустойчивая тенденция изменений концентрации этого биохимического субстрата также свидетельствует о длительной нестабильной экологической ситуации на Каспии.

В период до экологического кризиса концентрация холестерина в крови у русского осетра ( $0,70 \pm 0,03$  г/л), севрюги ( $0,95 \pm 0,46$  г/л) и белуги ( $1,06 \pm 0,13$  г/л) была ниже, чем у рыб, исследованных сразу после экологического кризиса ( $0,93 \pm 0,03$ ,  $1,34 \pm 0,07$  и  $1,08 \pm 0,11$  г/л соответственно). В конце исследуемого периода (2006–2010 гг.) уровень холестерина в крови у этих рыб снизился практически до исходных величин (русский осетр –  $0,72 \pm 0,01$  г/л, севрюга –  $0,78 \pm 0,05$  г/л, белуга –  $0,64 \pm 0,08$  г/л).

Общая закономерность в динамике холестерина для всех исследуемых видов осетровых заключается в увеличении его концентрации в крови после кризиса в 1996–2000 гг. Эта закономерность объясняется возросшей потребностью организма рыб в данном биохимическом субстрате. Снижение и повышение уровня холестерина, выявленные в крови этих рыб, являются реакцией на отрицательные экологические факторы, постоянно действующие на осетровых и других гидробионтов в Каспийском море [40]. Известно, что воздействие сублетальных концентраций пестицидов может приводить к снижению холестерина в крови, а при хроническом отравлении некоторыми тяжёлыми металлами его уровень может даже возрастать.

Любая деятельность животного нуждается в обеспечении энергией, и под воздействием адреналина мобилизуются оба источника энергии: из жировых депо – жирные кислоты и из печени – глюкозу (как результат расщепления гликогена). Все это приводит к повышению в крови уровня жирных кислот и глюкозы. Резко увеличивается потребность в кислороде.

Основная роль углеводов определяется их энергетической функцией. Глюкоза крови является непосредственным источником энергии в организме. Быстрота ее распада и окисления, а также возможность быстрого извлечения из депо обеспечивают экстренную мобилизацию энергетических ресурсов при стремительно нарастающих затратах энергии, например в стрессовых ситуациях. Если ситуация, вызвавшая стресс, не кратковременна, как, например, хронический токсикоз, то необходим переход на более мощную энергетическую базу, что и обеспечивается вводом в действие жиромобилизующих гормонов гипофиза кортикотропина, гормона роста, липотропина и пролактина. Эти гормоны стимулируют выделение из жировых запасов жирных кислот, которые обеспечивают организму животного больше энергии, чем глюкоза.

Следует предположить, что при длительном воздействии загрязняющих веществ на каспийских рыб и дефиците кормовых ресурсов биохимические механизмы, используемые для их компенсации, приобретают несколько иную направленность. В частности, под действием кортизола в сочетании с гормоном роста снижается усвоение глюкозы в мышечной ткани, которая усваивается нервными клетками. Мышцы в этот момент хорошо усваивают жирные кислоты. Для получения дополнительной энергии, в период развития хронических процессов, возможна активизация выработки глюкозы из белка, особенно когда поступление пищи в организм ограничено. Именно это могло стать одной из причин снижения массовых характеристик осетровых рыб в результате дефицита кормовых ресурсов.

Важнейший показатель углеводного обмена – уровень гликогена в печени у русского осетра и севрюги, исследованных в докризисный период (1960–1980-е гг. XX в.), был достоверно выше, чем у рыб в кризисный и послекризисный периоды (1996–2010 гг.) и составлял соответственно  $46,87 \pm 5,04$  и  $28,92 \pm 0,63$  г/кг у русского осетра и  $34,14 \pm 1,27$  и  $23,64 \pm 0,48$  г/кг у севрюги. Исследования белуги в начале 2000-х гг. выявили аналогично низкий уровень гликогена –  $20,20 \pm 3,30$  г/кг.

Известно, что при хроническом воздействии некоторых веществ органического ряда и тяжёлых металлов запасы гликогена в печени и мышцах истощаются и развивается гипогликемия. Именно эти процессы в многолетнем аспекте наблюдались у каспийских осетровых в период после экологического кризиса на р. Волге и в Каспийском море [41].

Таким образом, вещества, поступающие в организм животного, в норме используются для формирования тканей и накапливаются в виде запасных источников энергии. Токсическое поражение и снижение трофики водоёма приводят к изменению нормальных процессов трансформации веществ в организме рыб и, соответственно, определяют своевременность их нерестовых миграционных циклов [42].

### **Заключение**

Полифункциональный метод оценки уровня биохимических преобразований у осетра, севрюги и белуги, исследовавшихся в течение длительного периода (1960–2010 гг.), даёт основания говорить о некотором ухудшении физиологического состояния каспийских осетровых на период адаптации к меняющимся условиям в морской период жизни. Примерно от 20 до

40 % исследованных рыб имели значимые отклонения в тех или иных биохимических системах, связанных с длительным кумулятивным токсикозом на фоне низкого уровня кормовой обеспеченности. Отрицательная динамика концентрации важнейших биохимических субстратов отразилась на темпе наращивания массы и на процессе формирования гонад у рыб в морской период жизни. Например, у 30–40 % осетра, выловленного в Северном и Среднем Каспии в 2006 г., помимо патологии белкового и жирового обмена выявлены нарушения морфогенеза ооцитов и семенников. У осетра с нарушениями обменных процессов снизилась масса тела. Аналогичные негативные тенденции выявлены у севрюги и белуги.

Патологические изменения направленности биохимических процессов у современных осетровых рыб в море не могли не сказаться на рыболовном качестве производителей, мигрирующих в реки, и не стать причиной снижения их воспроизводительной способности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходоревская Р. П. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна / Р. П. Ходоревская, Г. И. Рубан, Д. С. Павлов. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. 242 с.
2. Игнатов Е. И. Дельта Волги в условиях нестабильности уровня Каспийского моря / Е. И. Игнатов, Г. И. Рычагов, Г. А. Сафьянов // Каспий – настоящее и будущее: тез. докл. Междунар. конф., 16–17 ноября 1995 г. Астрахань: Волга, 1995. С. 11–13.
3. Серебряков О. И. Изменения уровня Каспийского моря и эволюционное состояние человечества / О. И. Серебряков, Ю. И. Круглов // Каспий – настоящее и будущее: тез. докл. Междунар. конф., 16–17 ноября 1995 г. Астрахань: Волга, 1995. С. 38–40.
4. Металлов Г. Ф. Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб / Г. Ф. Металлов, С. В. Пономарёв, В. П. Аксёнов, П. П. Гераскин. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. 192 с.
5. Малинин В. Н. Проблема прогноза уровня Каспийского моря / В. Н. Малинин. СПб.: Изд-во РГГМИ, 1994. 160 с.
6. Клиге Р. К. Современные методы прогноза уровня Каспийского моря / Р. К. Клиге // Каспий – настоящее и будущее: тез. докл. Междунар. конф., 16–17 ноября 1995 г. Астрахань: Волга, 1995. С. 23–24.
7. Русаков Г. В. Гидролого-геоморфологические процессы в низовьях дельты Волги и авандельты в условиях подъема уровня моря / Г. В. Русаков, В. С. Рыбак // Каспий – настоящее и будущее: тез. докл. Междунар. конф., 16–17 ноября 1995 г. Астрахань: Волга, 1995. С. 36–38.
8. Катунин Д. Н. Особенности гидролого-гидрохимического режима Каспийского моря / Д. Н. Катунин, Н. П. Беспарточный, И. А. Хрипунов // Научные основы устойчивого рыболовства и регионального распределения промысловых объектов Каспийского моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 9–25.
9. Ручьевская И. Каспийское море: состояние окружающей среды / И. Ручьевская, И. Митрофанов, О. Гучгельдиев, В. Емелин, А. Крутов // Докл. временного Секретариата Рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря и бюро управления и координации проекта «КАСПЭКО». 2011. 110 с.
10. Абдурахманов Г. М. Влияние загрязнения на биологическое разнообразие Волжско-Каспийского бассейна / Г. М. Абдурахманов, Г. А. Ахмедова // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (16–18 февраля 2005 г., Астрахань). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 11–13.
11. Korshenko A. Pollution of the Caspian Sea / A. Korshenko, A. G. Gul // Hdb. Env. Chm. 2005. Vol. 5, part P. P. 109–142.
12. Lebedev A. Contamination of the Caspian sea ecosystem with organic pollutants / A. Lebedev, O. Poliakova, G. Metallov, I. Dianova // 48<sup>th</sup> ASMS Conference on mass spectrometry (2000, June 11–15). Long Beach, California. 2000. 219 p.
13. Ардабьева А. Г. Фитопланктон Северного Каспия в период стабилизации уровня моря / А. Г. Ардабьева // Вопросы промысловой океанологии. 2010. Вып. 7, № 2. С. 229–239.
14. Умербаева Р. И. Динамика планктонных и бентосных сообществ в районе месторождения им. Ю. Корчагина на Северном Каспии / Р. И. Умербаева, Н. А. Саркисян, С. А. Зубанов, А. Л. Исмагулов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. № 10. С. 48–54.
15. Сказкина Е. П. Энергетический и пластический обмен короткоциклового сельдёвых и их роль в пелагиали Азовского и Каспийского морей // Экологическая физиология и биохимия рыб: тез. докл. IV Всесоюз. конф. (Астрахань, сентябрь 1979 г.). Волгоград, Волгоград. правда, 1979. Т. II. С. 236–237.
16. Сокольский А. Ф. Состояние кормовой базы и условий нагула осетровых рыб в Каспийском море / А. Ф. Сокольский, А. А. Полянинова, А. И. Молодцова, Е. А. Сокольская, Р. И. Умербаева, Г. М. Абдурахманов // Юг России: экология, развитие. 2012. № 1. С. 126–131.
17. Розенберг Г. С. Волжский бассейн: Экологическая ситуация и пути рационального природопользования / Г. С. Розенберг, Г. П. Краснощёков. Тольятти: Изд-во ИЭВБ РАН, 1996. 249 с.

18. Лукьяненко В. И. Физиолого-биохимический статус волго-каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз) / В. И. Лукьяненко. Рыбинск: Изд-во ИБВВ им. И. Д. Папанина, 1990. 262 с.
19. Евгеньева Т. П. Патология мышечной ткани осетровых рыб / Т. П. Евгеньева. М.: Изд-во ИПЭЭ РАН, 2000. 102 с.
20. Металлов Г. Ф. Физиологическое благополучие осетровых в море как основа успеха современной аквакультуры этих видов рыб / Г. Ф. Металлов, С. В. Пономарёв, В. П. Аксенов, А. В. Дубовская // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата (международ. симпоз.). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. С. 481–484.
21. Журавлёва О. Л. Характеристика линейного и весового роста производителей русского осетра р. Волги при современном уровне загрязнения среды обитания / О. Л. Журавлёва // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы I Международ. науч.-практ. конф. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 80–83.
22. Гераскин П. П. Влияние загрязнения на физиологическое состояние осетровых рыб / П. П. Гераскин // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2006. Т. 8, № 3. С. 273–282.
23. Гераскин П. П. Нефтяное загрязнение Каспийского моря как один из факторов инициирования оксидативного стресса у осетровых / П. П. Гераскин, Е. Н. Пономарёва, Г. Ф. Металлов, М. Л. Галактионова // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2012. Т. 12, № 1 (10). С. 2658–2665.
24. Металлов Г. Ф. Некоторые аспекты жирового и белкового обмена у каспийских килек в современных экологических условиях / Г. Ф. Металлов, С. В. Пономарёв, С. И. Седов, В. П. Аксенов, А. В. Дубовская, Д. Р. Файзулина // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата (международный симпозиум). Астрахань. 2007. С. 479–481.
25. Металлов Г. Ф. Эколого-биохимические проблемы роста и созревания осетра / Г. Ф. Металлов // Экосистемы морей России в условиях антропогенного пресса: тез. докл. Всерос. конф. Астрахань, 1994. С. 159–161.
26. Металлов Г. Ф. Физиолого-биохимические показатели русского осетра при современном состоянии экосистемы Волго-Каспия / Г. Ф. Металлов, П. П. Гераскин, В. П. Аксёнов, А. В. Шигапова, Т. А. Синицына, Г. Ш. Исакова // Естественные науки. 2005. № 2 (11). С. 48–51.
27. Металлов Г. Ф. Физиолого-биохимические аспекты формирования нерестовой части популяции воibly в современных условиях Волго-Каспия / Г. Ф. Металлов, Е. Н. Пономарёва, П. П. Гераскин, А. В. Ковалёва // Вопросы рыболовства. 2014. Т. 15, № 1. С. 104–110.
28. Иванов В. П. Биологические ресурсы Каспийского моря / В. П. Иванов. Астрахань. Изд-во КаспНИРХ, 2000. 100 с.
29. Павельева Л. Г. Некоторые аспекты влияния антропогенных загрязнений на осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна / Л. Г. Павельева, И. Е. Зимаков, А. В. Комарова, Е. М. Голик // Физиолого-биохимический статус волго-каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). Рыбинск: Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина, 1990. С. 45–52.
30. Карпюк М. И. Проблемы сохранения экосистемы Северного Каспия в условиях масштабного развития нефтедобычи / М. И. Карпюк, Д. Н. Катунин // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы I Международ. науч.-практ. конф. (16–18 февраля 2005 г., Астрахань). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 93–98.
31. Лукьяненко В. И. Влияние многофакторного антропогенного пресса на условия обитания, воспроизводство, численность и уловы осетровых рыб / В. И. Лукьяненко // Физиолого-биохимический статус волго-каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). Рыбинск: Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина, 1990. С. 25–44.
32. Van Kampen E. J. Standardization of hemoglobinometry. II. The hemoglobincyanide method / E. J. Van Kampen, W. G. Zijlstra // Clin. Chim. Acta. 1961. Vol. 6. P. 538–545.
33. Crome V., Valickova M., Hule V., Babjuk J. S. // Z. Med. Labor.-Diagn. 1977. 18. 106 p.
34. Zolner N. Über die quantitative Bestimmung von Lipoiden (micromethode mittels die vieles natürlichen Lipoiden allen Bekannten plasmolipoiden) gemeinsamen sulfophosphovanilin-reaction / N. Zolner, K. Z. Kirch // Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin. 1962. Vol. 135, no. 6. P. 545–561.
35. Knight J. Chemical basis of the sulfo-phospho-vanillin reaction for estimating total serum lipids / J. Knight, S. Anderson, J. Rawle // Clin. Chem. 1972. Vol. 18. P. 199–202.
36. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor / P. Trinder // Ann. Clin. Biochem. 1969. Vol. 6. P. 24–27.
37. Fishbach F. A manual of laboratory diagnostic tests / F. Fishbach, M. Dunning. Lppincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
38. Аббасов Р. Ю. Влияние различных концентраций нефти на общий белок, белковые фракции сыворотки и концентрацию гемоглобина в крови у рыб / Р. Ю. Аббасов, А. Г. Талыбова // Тез. докл. 1-го Всесоюз. симпоз. по методам ихтиотоксикол. исслед. Л., 1987. С. 13–14.
39. Лукьяненко В. И. Общая ихтиотоксикология / В. И. Лукьяненко. М.: Лёгкая и пищ. пром-сть, 1983. 320 с.

40. Жукинский В. Н. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе / В. Н. Жукинский. М.: Агропромиздат, 1986. 248 с.

41. Катунин Д. Н. Токсикологический мониторинг экосистемы Каспия / Д. Н. Катунин, С. Н. Егоров, О. Н. Рылина, В. И. Хорошко, Р. И. Эмирова, Н. М. Дудкина, Т. Н. Репина // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 2003 год. Астрахань: КаспНИРХ, 2004. С. 81–87.

42. Шелухин Г. К. Некоторые результаты эколого-биохимического мониторинга осетровых в Каспийском море / Г. К. Шелухин, А. В. Шигапова // Тез. докл. IX Всерос. конф. по экол. физиологии и биохимии рыб. Ярославль, 2000. Т. 2. С. 199–200.

Статья поступила в редакцию 14.01.2016

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Металлов Геннадий Фёдорович** – Россия, 344006, Ростов-на-Дону; Южный научный центр Российской академии наук; г-р биол. наук, профессор; ведущий научный сотрудник отдела «Водные биологические ресурсы бассейнов южных морей»; aquagroup@yandex.ru.

**Гераскин Пётр Петрович** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р биол. наук; ведущий научный сотрудник лаборатории «Криотехнологии в аквакультуре»; PPG46@mail.ru.

**Аксёнов Владимир Петрович** – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории физиологии и генетики; kaspiy@astanet.ru.

**Левина Ольга Александровна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы»; levina90@inbox.ru.



*G. F. Metallov, P. P. Geraskin, V. P. Aksenov, O. A. Levina*

### LONG-TERM MONITORING OF THE PHYSIOLOGICAL STATE OF THE MAIN SPECIES OF THE CASPIAN STURGEON

**Abstract.** In historical retrospect, a great influence the ecological situation of the Caspian Sea has been always influenced by the fluctuation of its level, based on geological and climatic factors and primarily the water content of the rivers. The fluctuations of the sea level affect the salinity of the Caspian water. For the Northern Caspian Sea salinity is a critical and highly dynamic constant. Together with the nutrients the salinity of the water is involved in the formation of quantitative and qualitative patterns of food organisms. In turn, the abundance of feed determines the physiological status of fish. In the multi-year aspect, under the influence of chemical and biological pollution the physiological status of many commercial fish, including sturgeon has significantly changed. It is reflected in the results of long-term researches of dynamics of biochemical status of breeders of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833), Beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758) and stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) from natural populations of the Caspian Sea. The analysis of data on the level of hemoglobin of Russian sturgeon (of  $60.20 \pm 1.60$  g/l) to the environmental crisis (1960–1980) and data characterizing the level of oxidative metabolism in these fish after an environmental crisis in 2006–2010 ( $49.45 \pm 0.56$  g/l) indicates a significant decrease in this indicator, which is a symptom of functional tension of the body oxygen supply system of these fish. The focus of the dynamics of this biochemical substrate in the blood is typical for other Caspian sturgeon. On the basis of the polyfunctional assessment method of the level of biochemical transformations of Russian sturgeon, stellate sturgeon and Beluga, you can talk about a long-term cumulative toxicity due to low level of feed security.

**Key words:** Caspian Sea, sturgeon, physiological status, ecological conditions, cumulative toxicity.



## REFERENCES

1. Khodorevskaia R. P., Ruban G. I., Pavlov D. S. *Povedenie, migratsii, raspredelenie i zapasy osetrovyykh ryb Volgo-Kaspiiskogo basseina* [Behavior, migration, allocation and stocks of sturgeon in the Volga-Caspian basin]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2007. 242 p.
2. Ignatov E. I., Rychagov G. I., Saf'ianov G. A. *Del'ta Volgi v usloviakh nestabil'nosti urovnia Kaspiiskogo moria* [Delta of the Volga in conditions of instability of the level of the Caspian Sea]. *Kaspii – nastoiashchee i budushchee. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii (16–17 noiabria 1995 g., Astrakhan')*. Astrakhan, Volga Publ., 1995. P. 11–13.
3. Serebriakov O. I., Kruglov Iu. I. *Izmeneniia urovnia Kaspiiskogo moria i evoliusticheskoe sostoianie chelovechestva* [Changes in the level of the Caspian Sea and evolutionary state of humanity]. *Kaspii – nastoiashchee i budushchee. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii (16–17 noiabria 1995 g., Astrakhan')*. Astrakhan, Volga Publ., 1995. P. 38–40.
4. Metallov G. F., Ponomarev S. V., Aksenov V. P., Geraskin P. P. *Fiziologo-biokhimicheskie mekhanizmy ekologo-adaptatsionnoi plastichnosti osmoreguliiruiushchei sistemy osetrovyykh ryb* [Physiological and biochemical mechanisms of ecologically adaptive plasticity of osmoregulatory system of sturgeon]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2010. 192 p.
5. Malinin V. N. *Problema prognoza urovnia Kaspiiskogo moria* [Problem of forecasting the level of the Caspian Sea]. Saint-Petersburg, Izd-vo RGGMI, 1994. 160 p.
6. Klige R. K. *Sovremennyye metody prognoza urovnia Kaspiiskogo moria* [Present methods of forecasting the level of the Caspian Sea]. *Kaspii – nastoiashchee i budushchee. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii (16–17 noiabria 1995 g., Astrakhan')*. Astrakhan, Volga Publ., 1995. P. 23–24.
7. Rusakov G. V., Rybak V. S. *Gidrologo-geomorfologicheskie protsessy v nizov'nykh del'ty Volgi i avandel'ty v usloviakh pod'ema urovnia moria* [Hydrological and geomorphological processes in the lowers of the Delta of the Volga and the Delta front in conditions of uprising of the level of the sea]. *Kaspii – nastoiashchee i budushchee. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii (16–17 noiabria 1995 g., Astrakhan')*. Astrakhan, 1995. P. 36–38.
8. Katunin D. N., Bespartochnyi N. P., Khripunov I. A. *Osobennosti gidrologo-gidrokhimicheskogo rezhima Kaspiiskogo moria* [Peculiarities of hydrological and hydrochemical regime of the Caspian Sea]. *Nauchnye osnovy ustoiчивого rybolovstva i regional'nogo raspredeleniia promyslovyykh ob'ektov Kaspiiskogo moria*. Moscow, Izd-vo VNIRO. P. 9–25.
9. Ruch'evskaia I., Mitrofanov I., Guchgel'diev O., Emelin V., Krutov A. *Kaspiiskoe more: sostoianie okruzhaiushchei sredy. Doklad vremennogo Sekretariata Ramochnoi konventsii po zashchite morskoi sredy Kaspiiskogo moria i biuro upravleniia i koordinatsii proekta «KASPEKO»*. 2011. 110 p.
10. Abdurakhmanov G. M., Akhmedova G. A. *Vliianie zagriazneniia na biologicheskoe raznoobrazie Volzhsko-Kaspiiskogo basseina* [Influence of pollution on biological diversity of the Volga-Caspian basin]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspii v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (16–18 fevralia 2005 g., Astrakhan')*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2005. P. 11–13.
11. Korshenko A., Gul. A. G. *Pollution of the Caspian Sea. Hdb. Env. Chm.*, 2005, vol. 5, part P., pp. 2005, 109–142.
12. Lebedev A., Poliakova O., Metallov G., Dianova I. *Contamination of the Caspian sea ecosystem with organic pollutants. 48th ASMS Conference on mass spectrometry (2000, June 11–15)*. Long Beach, California, 2000. 219 p.
13. Ardab'eva A. G. *Fitoplankton Severnogo Kaspii v period stabilizatsii urovnia moria* [Phytoplankton of the Northern Caspian during the period of stabilization of the level of the sea]. *Voprosy promyslovoi okeanologii*, 2010, iss. 7, no. 2, pp. 229–239.
14. Umerbaeva R. I., Sarkisian N. A., Zubanov S. A., Ismagulov A. L. *Dinamika planktonnykh i bentosnykh soobshchestv v raione mestorozhdeniia imeni Iu. Korchagina na Severnom Kaspii* [Dynamics of plankton and benthic communities in the area of the field named after Yu. Rorchagin in the Northern Caspian]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2011, no. 10, pp. 48–54.
15. Skazkina E. P. *Energeticheskii i plasticheskii obmen korotkotsiklovyykh sel'devyykh i ikh rol' v pelagialii Azovskogo i Kaspiiskogo morei* [Energy and plastic exchange of short-cycle herring and their role in the pelagic zone of the Azov and Caspian Seas]. *Ekologicheskaya fiziologiya i biokhimiya ryb. Tezisy dokladov IV Vsesoiuznoi konferentsii (Astrakhan', sentyabr' 1979 g.)*. Volgograd, Volgogradskaya pravda, 1979. Vol. II, pp. 236–237.
16. Sokol'skii A. F., Polianinova A. A., Molodtsova A. I., Sokol'skaia E. A., Umerbaeva R. I., Abdurakhmanov G. M. *Sostoianie kormovoi bazy i uslovii nagula osetrovyykh ryb v Kaspiiskom more* [State of forage base and conditions of spawning of sturgeon in the Caspian Sea]. *Iug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2012, no. 1, pp. 126–131.
17. Rozenberg G. S., Krasnoshchekov G. P. *Volzhskii bassein: Ekologicheskaya situatsiia i puti ratsional'nogo prirodopol'zovaniia* [Volga basin: Ecological situation and ways of rational nature management]. Tolyatti, Izd-vo IEVB RAN, 1996. 249 p.
18. Luk'ianenko V. I. *Fiziologo-biokhimicheskii status volgo-kaspiiskikh osetrovyykh v norme i pri rassloenii myshechnoi tkani (kumuliativnyi politoksikoz)* [Physiological and biochemical status of the Volga-Caspian sturgeon when in the norm and dissection of the muscular tissue (cumulative polytoxicosis)]. Rybinsk, Izd-vo IBVV imeni I. D. Papanina, 1990. 262 p.

19. Evgen'eva T. P. *Patologiya myshechnoi tkani osetrovyykh ryb* [Pathology of muscular tissue of sturgeon]. Moscow, Izd-vo IPEE RAN, 2000. 102 p.
20. Metallov G. F., Ponomarev S. V., Aksenov V. P., Dubovskaia A. V. Fiziologicheskoe blagopoluchie osetrovyykh v more kak osnova uspekha sovremennoi akvakul'tury etikh vidov ryb [Physiological safety of sturgeon in the sea as a basis of success of present aquaculture of these fish species]. *Teplovodnaia akvakul'tura i biologicheskaya produktivnost' vodoemov aridnogo klimata (Mezhdunarodnyi simpozium)*. Astrakhan, 2007. P. 481–484.
21. Zhuravleva O. L. Kharakteristika lineinogo i vesovogo rosta proizvoditelei russkogo osetra r. Volgi pri sovremennom urovne zagriazneniia srede obitaniia [Characteristics of linear and weight growth of breeders of sturgeon in the river Volga at the present level of environmental pollution]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspiia v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2005. P. 80–83.
22. Geraskin P. P. Vliianie zagriazneniia na fiziologicheskoe sostoianie osetrovyykh ryb [Influence of pollution on physiological state of sturgeon]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2006, vol. 8, no. 3, pp. 273–282.
23. Geraskin P. P., Ponomareva E. N., Metallov G. F., Galaktionova M. L. Neftianoe zagriaznenie Kaspiiskogo moria kak odin iz faktorov initsirovaniia oksidativnogo stressa u osetrovyykh [Oil pollution of the Caspian Sea as a factor of initiating the oxidative stress of sturgeon]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2012, vol. 12, no. (10), pp. 2658–2665.
24. Metallov G. F., Ponomarev S. V., Sedov S. I., Aksenov V. P., Dubovskaia A. V., Faizulina D. R. Nekotorye aspekty zhirovogo i belkovogo obmena u kaspiiskikh kilek v sovremennykh ekologicheskikh usloviakh [Some aspects of fat and protein metabolism of the Caspian sprat in the present ecological conditions]. *Teplovodnaia akvakul'tura i biologicheskaya produktivnost' vodoemov aridnogo klimata (Mezhdunarodnyi simpozium)*. Astrakhan, 2007. P. 479–481.
25. Metallov G. F. Ekologo-biokhimicheskie problemy rosta i sozrevaniia osetra [Ecologo-biochemical issues of growth and maturing of sturgeon]. *Ekosistemy morei Rossii v usloviakh antropogennogo pressa [Ecosystems of the seas in Russia in conditions of human stress]*. *Tezisy dokladov Vserossiiskoi konferentsii*. Astrakhan, 1994. P. 159–161.
26. Metallov G. F., Geraskin P. P., Aksenov V. P., Shigapova A. V., Sinitsyna T. A., Iskakova G. Sh. Fiziologo-biokhimicheskie pokazateli russkogo osetra pri sovremennom sostoianii ekosistemy Volgo-Kaspiia [Physiological and biochemical parameters of Russian sturgeon at present state of the Volga-Caspian ecosystem]. *Estestvennye nauki*, 2005, no. 2, pp. 48–51.
27. Metallov G. F., Ponomareva E. N., Geraskin P. P., Kovaleva A. V. Fiziologo-biokhimicheskie aspekty formirovaniia nerestovoi chasti populiatsii vobly v sovremennykh usloviakh Volgo-Kaspiia [Physiological and biochemical aspects of development of the spawning part of vobla population in the present conditions of the Volga-Caspian]. *Voprosy rybolovstva*, 2014, vol. 15, no. 1, pp. 104–110.
28. Ivanov V. P. *Biologicheskie resursy Kaspiiskogo moria* [Biological resources of the Caspian Sea]. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2000. 100 p.
29. Pavel'eva L. G., Zimakov I. E., Komarova A. V., Golik E. M. Nekotorye aspekty vliianiia antropogennykh zagriaznenii na osetrovyykh ryb Volgo-Kaspiiskogo basseina [Some aspects of influence of human pollution on the sturgeon of the Volga-Caspian basin]. *Fiziologo-biokhimicheskii status volgo-kaspiiskikh osetrovyykh v norme i pri rassloenii myshechnoi tkani (kumulativnyi politoksikoz)*. Rybinsk, Institut biologii vnutrennikh vod imeni I. D. Papanina, 1990. P. 45–52.
30. Karpiuk M. I., Katunin D. N. Problemy sokhraneniia ekosistemy Severnogo Kaspiia v usloviakh masshtabnogo razvitiia neftedobychi [Problems of conservation of ecosystem of the Northern Caspian in conditions of large scale development of oil extraction]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspiia, v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (16–18 fevralia 2005 g., Astrakhan')*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2005. P. 93–98.
31. Luk'ianenko V. I. Vliianie mnogofaktornogo antropogennogo pressa na uslovia obitaniia, vosproizvodstvo, chislennost' i ulovy osetrovyykh ryb [Influence of multifactorial human impact on the conditions of the habitat, reproduction, number and catches of sturgeon]. *Fiziologo-biokhimicheskii status volgo-kaspiiskikh osetrovyykh v norme i pri rassloenii myshechnoi tkani (kumulativnyi politoksikoz)*. Rybinsk, Institut biologii vnutrennikh vod imeni I. D. Papanina, 1990. P. 25–44.
32. Van Kampen E. J., Zijlstra W. G. Standardization of hemoglobinometry. II. The hemoglobincyanide method. *Clin. Chim. Acta*, 1961, vol. 6, pp. 538–545.
33. Cromy V., Valickova M., Hule V., Babjuk J. S. *Z. Med.-Diagn.*, 1977, 18. 106 p.
34. Zolner N., Kirch K. Z. Über die quantitative Bestimmung von Lipoiden (micromethode mittels die vieles natürlichen Lipoiden allen Bekannten plasmolipoiden) gemeinsamen sulfophosphovanillin-reaction. *Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin*, 1962, vol. 135, no. 6, pp. 545–561.
35. Knight J., Anderson S., Rawle J. Chemical basis of the sulfo-phospho-vanillin reaction for estimating total serum lipids. *J. Clin. Chem.*, 1972, vol. 18, pp. 199–202.

36. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.*, 1969, vol. 6, pp. 24–27.
37. Fishbach F., Dunning M. *A manual of laboratory diagnostic tests*. Lppincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
38. Abbasov R. Iu., Talybova A. G. Vliianie razlichnykh kontsentratsii nefi na obshchii belok, belkovye fraktsii syvorotki i kontsentratsiiu gemoglobina v krovi u ryb [Influence of different concentrations of oil on total protein, protein fractions of serum and hemoglobin concentration in fish blood]. *Tezisy dokladov I-go Vsesoiuznogo simpoziuma po metodam ikhtiotoksikologicheskikh issledovaniy*. Leningrad, 1987. P. 13–14.
39. Luk'ianenko V. I. *Obshchaia ikhtiotoksikologiya* [General fish toxicology]. Moscow, Legkaia promyshlennost' Publ., 1983. 320 p.
40. Zhukinskii V. N. Vliianie abioticheskikh faktorov na raznokachestvennost' i zhiznesposobnost' ryb v rannem ontogeneze [Influence of abiotic factors on variability and life ability of fish at the early ontogenesis]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 248 p.
41. Katunin D. N., Egorov S. N., Rylyina O. N., Khoroshko V. I., Emirova R. I., Dudkina N. M., Repina T. N. Toksikologicheskii monitoring ekosistemy Kaspiia [Toxicological monitoring of the Caspian ecosystem]. *Rybnokhoziaistvennye issledovaniia na Kaspii. Rezul'taty NIR za 2003 god*. Astrakhan, KaspNIRKh, 2004. P. 81–87.
42. Shelukhin G. K., Shigapova A. V. Nekotorye rezul'taty ekologo-biokhimicheskogo monitoringa osetrovykh v Kaspiiskom more [Some results of ecologo-biochemical monitoring of sturgeon in the Caspian Sea]. *Tezisy dokladov IX Vserossiiskoi konferentsii po ekologicheskoi fiziologii i biokhimii ryb*. Yaroslavl, 2000. Vol. 2, pp. 199–200.

The article submitted to the editors 14.01.2016

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Metallov Gennadiy Fedorovich** – Russia, 344006, Rostov-on-Don; Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don; Doctor of Biology, Professor; Leading Researcher of the Department "Aquatic Biological Resources of the Southern Seas Basins"; aqua-group@yandex.ru.

**Geraskin Peter Petrovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Biology; Leading Researcher of the Laboratory "Cryotechnology in Aquaculture"; PPG46@mail.ru.

**Aksenov Vladimir Petrovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fishery; Senior Researcher of the Laboratory of Physiology and Genetics; kaspiy@astanet.ru.

**Levina Olga Aleksandrovna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Aquaculture and Water Bioresources"; levina90@inbox.ru.

