

УДК 639.371.053.4.001.57:556.114.5

ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЛОДИ ГИБРИДА РУССКО-ЛЕНСКОГО ОСЕТРА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

© 2012 г. *Е.Н. Пономарёва, Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, А.В. Ковалёва, С.В. Пономарёв, О.А. Левина*

Пономарёва Елена Николаевна – доктор биологических наук, профессор, заведующая отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей, Южный научный центр РАН, ул. Татищева, 16, корп. 5, г. Астрахань, 414025, e-mail: aqua-group@yandex.ru.

Металлов Геннадий Фёдорович – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, лаборатория водных биоресурсов и аквакультуры, Южный научный центр РАН, ул. Татищева, 16, корп. 5, г. Астрахань, 414025, e-mail: genmet@mail.ru.

Григорьев Вадим Алексеевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория водных биоресурсов и аквакультуры, Южный научный центр РАН, ул. Татищева, 16, корп. 5, каб. 215, г. Астрахань, 414025.

Ковалёва Анжелика Вячеславовна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория водных биоресурсов и аквакультуры, Южный научный центр РАН, ул. Татищева, 16, корп. 5, г. Астрахань, 414025, e-mail: anhranova@yandex.ru.

Ponomareva Elena Nikolaevna – Doctor of Biological Science, Professor, Head of the Department of Aquatic Biological Resources of the Basin of the Southern Seas, Southern Science Center RAS, Tatischev St., 16, build. 5, Astrakhan, 414025, e-mail: aqua-group@yandex.ru.

Metallov Gennadiy Fedorovich – Doctor of Biological Science, Professor, Leading Researcher, Laboratory of Water Bioresources and Aquaculture, Southern Science Center RAS, Tatischev St., 16, build. 5, Astrakhan, 414025, e-mail: genmet@mail.ru.

Grigoriev Vadim Alekseevich – Candidate of Biological Science, Researcher, Laboratory of Water Bioresources and Aquaculture, Southern Science Center RAS, Tatischev St., 16, build. 5, Astrakhan, 414025.

Kovaleva Angelika Vyachislavovna – Candidate of Biological Sciences, Researcher, Laboratory of Water Bioresources and Aquaculture, Southern Science Center RAS, Tatischev St., 16, building 5, Astrakhan, 414025, e-mail: anhranova@yandex.ru.

Пономарёв Сергей Владимирович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры, Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, 16, корп. 5, г. Астрахань, 414025, e-mail: kafavb@yandex.ru.

Ponomarev Sergey Vladimirovich – Doctor of Biological Science, Professor, Head of the Department of Water Biore-sources and Aquaculture, Astrakhan State Technical Univer-sity, Tatischev St., 16, build. 5, Astrakhan, 414025, e-mail: kafavb@yandex.ru.

Левина Ольга Александровна – магистр, Астраханский госу-дарственный технический университет, ул. Татищева, 16, корп. 5, г. Астрахань, 414025, e-mail: levina90@inbox.ru.

Levina Olga Aleksandrovna – Master, Astrakhan State Tech-nical University, Tatischev St., 16, build. 5, Astrakhan, 414025, e-mail: levina90@inbox.ru.

Анализируется динамика рыбоводно-биологических и физиолого-биохимических параметров при выращивании молоди гибрида русско-ленского осетра в солёной и пресной воде. Показано, что оптимальная солевая среда не только стабилизирует физиологическое состояние этих рыб, но и стимулирует темп прироста их массы. Полученные результаты могут быть использованы для моделирования оптимальных условий при выращивании осетровых и их гибридов.

Ключевые слова: аквакультура, гибрид русского и ленского осетров, установка замкнутого водоснабжения, рыбоводные показатели, физиология, солёность.

In this article dynamics of fish breeding and biological, physiological and biochemical parameters were analyzed during the growth of juveniles' hybrid of Russian and Lena sturgeons in saltwater and freshwater. It was shown that the optimum salt environment does not only stabilize the physiological condition of these fish, but also stimulates the growth rate of their mass. The obtained results can be used to simulate the optimal conditions for growing sturgeon and their hybrids.

Keywords: aquaculture, hybrid of Russian and Lena sturgeon, recircular system, piscicultural figures, physiology, salinity.

На фоне повсеместно нарастающего уровня антропогенных воздействий на морские, озёрные и речные экосистемы значительно сократилась численность практически всех промысловых видов рыб. Это делает актуальным решение двух важнейших задач: воспроизводства жизнестойкой молоди и товарного выращивания ценных видов рыб [1].

В связи с этим стало вполне очевидным, что процесс создания современных технологий, моделирующих оптимальные условия при выращивании различных видов рыб, в том числе осетровых и их гибридов, предполагает изучение особенностей реакции физиологических систем культивируемых видов на различные параметры среды.

Среди большого многообразия абиотических факторов, влияющих на функциональное состояние рыб, определяющее значение, особенно для таких проходных видов, как осетровые, имеет солёность среды обитания. По данным многочисленных исследований, эти рыбы обладают исключительно эффективной системой регуляции водно-солевого обмена [2, 3].

Общеизвестно, что самая многочисленная группа осетровых рыб, в состав которой входят белуга, русский осётр и севрюга, освоила солоноватые водоёмы Азовского и Каспийского морей. При этом распределение их в море происходило и происходит в соответствии с оптимальными солевыми и температурными границами. По темпу роста молодь проходных осетровых, обитающая в этих зонах, значительно опережает рыб, выращиваемых в условиях рыбоводных хозяйств [3–6].

По данным экспериментальных исследований, для молоди и производителей русского осетра в летний период является оптимальной среда с солёностью 4–7 ‰ и температурой воды 20–24 °С [1]. Выявленная феноменально высокая выживаемость молоди осетра в 5‰-й воде с солевой формулой Каспийского моря даже при экстремально высоких температурах объясняется её (воды) стабилизирующим влиянием на уро-

вень и направленность обменных процессов. Этого нельзя сказать про выживаемость молоди русского осетра в пресной воде при тех же температурных параметрах. Проведенные эксперименты показали, что молодь атлантического осетра, выращенная в морской воде, также по темпу роста обгоняет молодь, содержащуюся в пресной воде [7].

Установлен факт, что на интенсивность транспортных процессов мономеров в кишечнике рыб оказывает влияние уровень концентрации ионов натрия [8].

Анализируя многочисленные данные по гидрохимическому и гидрологическому режимам вод, в которых обитают осетровые в естественных условиях, некоторые авторы дают оптимальные параметры по температуре (22–25 °С) в системах оборотного водоснабжения [1]. Солёность воды для замкнутых систем не определена, и это явилось предметом дальнейших исследований, так как ранее выявлена стимулирующая роль оптимальной солёности на обменные процессы осетровых рыб [3].

Значительная часть экспериментальных работ по адаптивным возможностям осетровых в основном проведена на осетре, белуге, севрюге и стерляди. Между тем более перспективными для рыбоводного освоения оказались их гибриды, в частности, бестер, наиболее эффективно сочетающий в себе высокий темп роста белуги и пресноводность стерляди [9].

Как было установлено ранее в проведённых нами экспериментах, вода с солёностью 3÷5 ‰ в условиях оптимальной температуры 19,8–21 °С и pH 6,7÷7,5 действительно оказывала стимулирующее влияние на рост молоди гибрида стерлядь × белуга при выращивании в установке замкнутого цикла научно-экспедиционной базы ЮНЦ РАН «Кагальник» [10].

В начале эксперимента средняя масса гибрида составляла 72,5 г. В конце она достигла в пресной воде 114,9±6,45 г, в 3 ‰ – 130,5±7,97, в 5 ‰ – 127,67±6,61 г. Среднесуточная скорость роста в опыте также выше (0,93±1,0 %), чем в контроле (0,86±0,92 %).

Аналогичные эксперименты проведены в модульной установке на особях гибрида русский осётр × ленский осётр в возрасте 4 мес. Молодь гибрида содержалась в 2 пластиковых бассейнах с пресной (контроль) и солёной (опыт) водой в диапазоне оптимальных параметров водной среды. Солевая среда – раствор поваренной соли (NaCl), по осмотической силе равный каспийской воде с солёностью 5 ‰. Рыб кормили гранулированным кормом 2 раза в день.

Наблюдение за темпом роста массы и длины рыбы проводили, согласно рекомендациям И.Ф. Правдина [11], один раз в 7 дней. При этом рассчитывали коэффициент упитанности по Фультону, абсолютный и среднесуточный приросты массы, среднесуточную скорость роста, коэффициент массонакопления.

Анализ физиологического состояния рыб проводили после адаптации молоди к условиям эксперимента. Для определения физиологических параметров готовили сборные пробы крови, которую брали прижизненным способом из хвостовой вены. Кроме осмоляльности сыворотки крови, функциональное состояние молоди гибрида оценивали по содержанию в крови гемоглобина, сывороточного белка, общих липидов и холестерина.

При интерпретации полученных результатов эксперимента принимались во внимание солевые, температурные и иные экологические предпочтения родительских форм при обитании их в естественной среде. Например, русский осётр, обитая в солоноватых водах южных морей России, может выдерживать их пре-

дельные солёности. Ленский осётр предпочитает обитать в пресных водах [3].

При оценке физиологического состояния опытных рыб учитывались полученные ранее данные о том, что при длительной задержке (свыше 2 мес.) молоди проходных осетровых в прудах в пресной воде их солеустойчивость может заметно снижаться [12]. Предполагалось, что в этом случае им потребуется более длительный период адаптации к солевой среде.

Помимо солёности, интенсивность роста рыб зависит от температурного и гидрохимического режимов, качества и количества корма. За весь период исследования гидрохимические показатели практически находились в пределах нормы. Кислородный режим в среднем изменялся в опытном и контрольном бассейнах в пределах от 60 до 90 %, температура – от 19 до 21 °С, рН – от 7,0 до 7,6 ед. Расчетная норма кормления составила 90 г в сут.

В течение первой недели экспериментальная рыба в опытном и контрольном бассейнах находилась в пресной воде. Изучение рыбоводно-биологических показателей гибрида в этот период выявило одинаковый прирост массы от исходной величины. В течение последующих 2 недель после помещения рыбы в солевую среду рост её массы не только приостановился, но и снизился. Об этом свидетельствует динамика таких показателей, как абсолютный и среднесуточный прирост, среднесуточная скорость роста, коэффициенты массонакопления и упитанности (табл. 1).

Таблица 1

Рыбоводно-биологические показатели гибрида русско-ленского осетра в солёной (числитель) и пресной (знаменатель) среде (2011 г.)

| Рыбоводно-биологические показатели | Дата проведения наблюдений | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 22.09 | 29.09 | 6.10 | 13.10 | 20.10 |
| Средняя масса, г | $46,14 \pm 1,99$ $51,73 \pm 1,89$ | $56,29 \pm 1,82$ $62,34 \pm 2,23$ | $52,14 \pm 1,74$ $63,11 \pm 2,25$ | $50,93 \pm 1,70$ $71,27 \pm 2,55$ | $64,17 \pm 2,21$ $79,35 \pm 3,05$ |
| Абсолютный прирост, г | | $10,15$ 10,61 | $-4,15$ 0,77 | $-1,21$ 8,16 | $13,26$ 8,09 |
| Среднесуточный прирост, г | | $1,45$ 1,52 | $-0,59$ 0,11 | $-0,17$ 1,17 | $1,89$ 1,16 |
| Среднесуточная скорость роста, % | | $2,88$ 2,7 | $-1,09$ 0,18 | $-0,34$ 1,75 | $3,36$ 1,55 |
| Коэффициент массонакопления, ед. | | $0,11$ 0,10 | $-0,04$ 0,01 | $-0,01$ 0,07 | $0,13$ 0,06 |
| Коэффициент упитанности по Фультону, ед. | $0,27 \pm 0,01$ 0,27 | $0,31 \pm 0,01$ 0,30 ± 0,01 | $0,26 \pm 0,01$ 0,27 ± 0,01 | $0,26 \pm 0,01$ 0,28 ± 0,01 | $0,29 \pm 0,01$ 0,20 ± 0,01 |

Аналогичные, но значительно менее рельефные процессы выявлены и в контрольном бассейне. Вероятно, в этот период особи гибрида адаптировались к новым условиям среды, т.е. к замкнутому циклу водоснабжения, в случае с опытной рыбой – к солёности. Недостаточно эффективная система нейтрализации азотистых соединений при выращивании рыб в замкнутом цикле и предполагаемое снижение объема выделяемой мочи в солевой среде значительно усложнили процесс адаптации рыб в опытном бассейне.

Следует отметить, что процесс адаптации имел ступенчатый характер, поскольку темп снижения мас-

сы накопления к концу недели содержания в солёной воде замедлился. Через 2 недели после помещения в солевую среду прирост массы значительно ускорился и превысил его первоначальный темп по всем параметрам. В отличие от результатов анализа рыбоводно-биологических показателей рыб в опытном бассейне, в контрольном положительный прирост массы сохранился на протяжении всего эксперимента.

Между тем через неделю после начала эксперимента в контрольном бассейне также наблюдалось замедление темпа роста по всем параметрам более чем в 10 раз – это также результат адаптационного

процесса гибрида к условиям выращивания в замкнутом цикле при недостаточно эффективной системе нейтрализации метаболитов.

Следует ещё раз подчеркнуть, что более глубокие изменения в динамике рыбоводно-биологических показателей у гибрида в опытном бассейне – это результат адаптации его функциональных систем как к условиям выращивания в замкнутом цикле, так и к солёности. Солёность в данном случае является ведущим фактором, усложняющим процесс адаптации. Это обусловлено как нарастанием пресноводности молоди осетровых при длительной задержке в условиях рыбоводного завода, так и самым низким уровнем адаптивности ленского осетра к солёности среди рыб этого семейства [12, 13].

Анализ показателей крови (СОЭ и гемоглобина) у рыб в начале эксперимента выявил их высокую гете-

рогенность как в контрольном, так и в опытном бассейне (табл. 2). Возможно, это связано с нестабильными условиями выращивания этих рыб на самых ранних этапах. В то же время у рыб в контрольном бассейне уровень этих показателей был ближе к уровню, наблюдаемому в естественных условиях. В морской период жизни у разновозрастных осетровых СОЭ соответствует в среднем 2,5 мм/ч, гемоглобин – 50–80 г/л.

У опытных рыб, поступивших в эксперимент с несколько более низкими весовыми характеристиками, выявлен и более низкий уровень гемоглобина, чем в опыте, при равном состоянии гидрохимических показателей. Аналогичную закономерность установили другие исследователи при выращивании молоди осетровых в условиях рыбоводных заводов [12].

Таблица 2

Физиологические показатели крови гибрида русско-ленского осетра (22.09.2011 г. – начало эксперимента)

| № пробы | СОЭ, мм/ч | Гемоглобин, г/л | Общий белок, г/л | Общие липиды, г/л | Холестерин, г/л |
|-------------------------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Опыт – пресная вода, n=15 | | | | | |
| M±m | 1,5±0,27 | 38,82±5,87 | 19,93±1,34 | 2,98±0,32 | 1,31±0,17 |
| σ | 0,61 | 11,73 | 2,69 | 0,72 | 0,38 |
| CV, % | 40,82 | 30,22 | 13,49 | 24,24 | 28,75 |
| Контроль – пресная вода, n=15 | | | | | |
| M±m | 2,9±0,87 | 66,33±5,63 | 17,31±0,82 | 3,82±0,22 | 1,45±0,13 |
| σ | 1,95 | 12,6 | 1,82 | 0,49 | 0,29 |
| CV, % | 67,22 | 18,99 | 10,53 | 12,88 | 19,81 |

Уровень таких биохимических показателей, как общий сывороточный белок и общие липиды в крови, на начальном этапе эксперимента был относительно однороден. Вариабельность показателей не превышала 10÷25 %. Концентрация сывороточного белка как в контроле, так и в опыте колебалась в пределах нижней границы нормы, характерной для рыб из естественных водоёмов (25÷40 г/л). Относительно низкий уровень сывороточного белка часто наблюдается у молоди осетровых при выращивании в условиях рыбоводных заводов. Возможно, это связано как со спецификой питания, так и с уровнем стрессовой нагрузки. Для её преодоления используется дополнительная энергия. Наличие стрессовой ситуации подтверждается повышенным уровнем холестерина (1,3 г/л) в крови у рыб как в контроле, так и в опыте. По данным Г.К. Шелухина [14], у разновозрастных осетровых рыб в море уровень холестерина редко превышает 1,0 г/л.

Концентрация общих липидов в этот период у экспериментальных рыб как в контроле, так и в опыте соответствовала норме (3÷5 г/л). Вариабельность индивидуальных значений не превышала 25 %. Это позволяет сделать вывод о том, что направленность жирового обмена у этих рыб способствовала нормальному процессу накопления энергетических ресурсов. Таким образом, на начальных этапах эксперимента физиологическое состояние рыб соответствовало норме.

В наиболее критический период адаптации, когда у рыб в солёной воде все параметры, характеризую-

щие темп прироста массы, снизились до отрицательных величин, такие физиологические показатели, как гемоглобин, сывороточный белок, общие липиды и холестерин, с высокой достоверностью ($p < 0,05$) возросли на 30÷45 % (табл. 3). Аналогичная тенденция по динамике физиологических показателей выявлена у рыб в пресной воде. Однако глубина этих изменений была менее рельефна. Ни один из показателей темпа роста в контрольном бассейне не достиг отрицательных величин.

Такая направленность динамики физиологических показателей у рыб в опытном бассейне является, скорее всего, результатом одновременной адаптации опытных рыб к солёности и к условиям содержания в замкнутом цикле. Необходимостью выработки дополнительной энергии для преодоления стрессовой ситуации объясняется повышенный уровень гемоглобина, белка, липидов и холестерина.

Адаптационный процесс завершается у экспериментальных рыб возвращением уровня обмена рыб к исходному состоянию. Однако несравнимо более высокий темп прироста массы в послеадаптационный период у рыб в солевой среде и процесс его некоторого торможения в пресной воде при прочих равных условиях содержания (температура, pH, содержание O_2) позволяют предположить стимулирующее влияние солевой среды на рост опытных рыб. Между тем этот вопрос требует дальнейшей экспериментальной проработки.

**Физиологические показатели крови гибрида русско-ленского осетра 06.10.2011 г. (числитель),
20.10.2011 (знаменатель)**

| № пробы | СОЭ, мм/ч | Гемоглобин, г/л | Общий белок, г/л | Общие липиды, г/л | Холестерин, г/л |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Опыт – соленость 5 ‰, n=12 | | | | | |
| M±m | <u>1,17±0,2</u> 2,5±0,5 | <u>59,47±4,57</u> 41±2,65 | <u>28,57±3,03</u> 20,67±0,67 | <u>5,37±0,1</u> – | <u>2,07±0,69</u> 1,3±0 |
| σ | <u>0,29</u> 0,87 | <u>7,91</u> 4,58 | <u>5,25</u> 1,15 | <u>0,29</u> – | <u>1,2</u> 0 |
| CV, % | <u>24,74</u> 34,64 | <u>13,3</u> 11,18 | <u>18,37</u> 5,59 | <u>5,38</u> – | <u>57,74</u> 0 |
| Контроль – пресная вода, n=12 | | | | | |
| M±m | <u>1,33±0,17</u> 1,83±0,17 | <u>48,1±5,18</u> 40,0±1,0 | <u>22,57±0,3</u> 19,0±1,0 | <u>5,77±0,1</u> – | <u>1,39±0,36</u> 1,4±0,08 |
| σ | <u>0,29</u> 0,29 | <u>8,98</u> 1,73 | <u>0,46</u> 1,73 | <u>0,12</u> – | <u>0,62</u> 0,17 |
| CV, % | <u>21,65</u> 15,75 | <u>18,66</u> 4,33 | <u>2,05</u> 9,12 | <u>2,00</u> – | <u>44,55</u> 12 |

Таким образом, за весь период выращивания как в солевой, так и в пресной воде выявлено увеличение массы гибрида в процессе адаптации рыб к условиям выращивания в установке замкнутого водоснабжения. В опытном бассейне, где вероятно были более сложные экологические условия, адаптация была более длительной, а дополнительные энергетические затраты значительно повлияли на темп прироста массы. Однако после адаптационного периода темп прироста массы гибрида в опытном варианте значительно превысил его параметры у рыб в пресной воде.

Полученные результаты подтверждают существующие данные о том, что оптимальная солевая среда после адаптации к ней вначале стабилизирует функциональное состояние рыб, уменьшая последствия воздействия на них условий замкнутого цикла, а в дальнейшем стимулирует темп прироста массы [3, 10]. Выявленное в эксперименте наличие периода адаптации и задержка темпа роста диктуют необходимость продолжать исследования по моделированию в установках замкнутого водоснабжения условий, более адекватных для функционального состояния рыб.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках ГК 16.518.11.7061 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-исследовательского комплекса России на 2007–2012 гг.»

Литература

1. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.М., Лужняк В.А., Читинов В.Г., Коваленко М.В., Казарникова А.В. Опыт выращивания осетровых в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств. Ростов н/Д, 2006. 72 с.
2. Наточин Ю.В., Лукьяненко В.И., Шахматова Е.И., Лаврова Е.А., Металлов Г.Ф. Двадцатилетний мониторинг (70–90-е гг.) физико-химических параметров сыворотки крови у русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* // Вопросы ихтиологии. 1995. Т. 35, вып. 2. С. 253–257.

3. Металлов Г.Ф., Пономарёв С.В., Аксёнов В.П., Гераскин П.П. Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб. Астрахань, 2010. 191 с.
4. Левин А.В. Поведение и распределение молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) в западной части Северного Каспия на первом году жизни : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1984. 12 с.
5. Шелухин Г.К., Металлов Г.Ф., Гераскин П.П. Влияние температурно-солевого режима каспийской воды на молодь русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* // Вопросы ихтиологии. 1990. Т. 30, вып. 2. С. 296–304.
6. Ходоревская Р.П., Рубан Г.И., Павлов Д.С. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна. М., 2007. 242 с.
7. Нинуа Н.Ш. Атлантический осётр реки Риони. Тбилиси, 1976. 122 с.
8. Груздков А.А., Гусев В.М., Егорова В.В., Иезутова Н.Н., Никитина А.А., Тимофеева Н.М., Токгаев Н.Т., Уголев А.М. Адаптационно-компенсаторные процессы на примере мембранного гидролиза и транспорта. Л., 1991. 288 с.
9. Пономарёв С.В., Иванов Д.И. Осетроводство на интенсивной основе. М., 2009. 311 с.
10. Григорьев В.А., Ковалёва А.В., Корчунов А.А. Влияние солёности воды на рост и развитие гибридных форм осетровых рыб // Осетровые рыбы и их будущее: сб. ст. междунар. конф. Бердянск, Украина, 7–10 июня 2011 г. Бердянск, 2011. С. 109–112.
11. Правдин П.Ф. Руководство по изучению рыб. М., 1966. 250 с.
12. Лукьяненко В.И., Касимов Р.Ю., Кокоза А.А. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых. Волгоград, 1984. 229 с.
13. Краюшкина (Чусовитина) Л.С. Развитие эвригалинности на ранних этапах онтогенеза у осетра различных видов и экологических форм // Осетровые СССР и их воспроизводство: тр. ЦНИОРХ. М., 1967. Т. 1. С. 181–195.
14. Шелухин Г.К. Физиолого-биохимическая характеристика осетровых северо-каспийской популяции в морской период жизни // Актуальные вопросы осетрового хозяйства. Астрахань, 1971. С. 214–216.