



Санкт-Петербургский
государственный университет

Л. С. КРАЮШКИНА

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ЭВОЛЮЦИЯ
ОСМОРЕГУЛЯТОРНОЙ
СИСТЕМЫ
ОСЕТРОВЫХ
(ACIPENSERIDAE)**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2022

УДК 597.2/5: 574.24

ББК 28.693.32

К 78



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 21-14-00002, не подлежит продаже

Краюшкина Л. С. **Функциональная эволюция осморегуляторной системы осетровых (Acipenseridae).** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2022. — 316 с. — ISBN 978-5-9221-1935-1.

Монография посвящена эволюции осморегуляторной системы осетровых Acipenseridae на основе сравнительного анализа изучения гомеостатической реакции этой системы на изменения солености среды у осетровых, различающихся по своей экологии: пресноводные (стерлядь *Acipenser ruthenus*, сибирский осетр *A. baerii*), анадромные солоноватоводные (русский осетр *A. gueldenstaedtii*, севрюга *A. stellatus*, персидский осетр *A. persicus*, белуга *Huso huso*) и анадромные морские (коротконосый осетр *A. brevirostrum*, атлантический осетр *A. oxyrinchus*), а также пресноводные эндемики (большой амударьинский лопатонос *Pseudoscaphirhynchus kaufmanni*, Acipenseridae, и американский веслонос *Polyodon spathula*, Polyodontidae). Выявлено стимулирующее действие природного фактора среды — солености — на уровень развития механизма осмотического гомеостаза у анадромных видов. Эволюция осморегуляторной системы осетровых связана с повышением активности Na^+ -экскреторной функции хлоридных клеток жабр, Na^+ -реабсорбционной и Mg^{2+} -секреторной функции почек, функциональной активности почек по реабсорбции свободной воды из мочи, Na^+ -абсорбционной функции кишечника при заглатывании морской воды для баланса свободной воды в организме. В работе представлен анализ процесса смены гиперосмотической регуляции на гипоосмотическую регуляцию при переходе анадромных видов из пресноводных условий в морскую среду. Смена типа осморегуляции осуществляется в результате морфофункциональной перестройки комплекса взаимосвязанных органов (гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной и эндокринной систем, эффекторных органов), ответственного за поддержание осмотического гомеостаза. В монографии изложен материал по развитию органов осморегуляторной системы молодежи, обуславливающему повышение уровня осморегуляции и расширение степени эвригалинности в постэмбриональный период.

Krayushkina L. S. **Functional evolution of osmoregulatory system in acipenserids (Acipenseridae).** — М.: FIZMATLIT, 2022. — 320 p. — ISBN 978-5-9221-1935-1.

The monograph is dedicated to the evolution of osmoregulatory system in acipenserids, Acipenseridae, determined through a comparative study of characteristic homeostatic responses of this system to environmental salinity changes in ecologically different acipenserids: freshwater (sterlet *Acipenser ruthenus*, Siberian sturgeon *A. baerii*), anadromous brackishwater (Russian sturgeon *A. gueldenstaedtii*, stellate sturgeon *A. stellatus*, Persian sturgeon *A. persicus*, beluga *Huso huso*) and anadromous marine species (shortnosed sturgeon *A. brevirostrum*, Atlantic sturgeon *A. oxyrinchus*), as well as freshwater endemics (great Amu Darya shovelnose sturgeon *Pseudoscaphirhynchus kaufmanni*, Acipenseridae, and North American paddlefish *Polyodon spathula*, Polyodontidae). Salinity, the natural environmental factor, was found to produce a stimulating effect on the level of development of the osmotic homeostasis mechanism in anadromous species. The evolution of osmoregulatory system in acipenserids is associated with the increased activity of Na^+ -excretory function of gill chloride cells, Na^+ -reabsorption and Mg^{2+} -secretory functions of the kidneys, functional kidney activity for reabsorption of free water from urine, and Na^+ -absorption function of the intestine to keep balance of free water in the body when sea water is ingested. The process of changing from hyperosmotic to hypoosmotic regulation in anadromous species during their transition from freshwater to marine environment is analyzed in the paper. This change in the osmoregulation type occurs through a morphofunctional remodeling of a complex of interconnect organs (hypothalamic-pituitary neurosecretory and endocrine systems, effector organs) responsible for maintaining osmotic homeostasis. The monograph presents materials on the development of the osmoregulatory system organs in young fish that determines an increased osmoregulation level and extended euryhalinity in the postembryonic period.

Оглавление

Введение	8
Глава I. Распространение осетровых в водоёмах с различной солёностью	11
1. Экология осетровых в связи с солёностным фактором среды	11
<i>Пресноводные виды осетровых</i>	<i>12</i>
<i>Анадромные солоноватоводные виды осетровых</i>	<i>16</i>
<i>Анадромные морские виды осетровых</i>	<i>18</i>
2. Осмолярность и катионный состав сыворотки крови осетровых при обитании в речных и морских участках ареала	24
Глава II. Теоретический подход в исследовании осморегуляции осетровых	31
1. Обоснование стратегии изучения осморегуляторной системы осетровых	31
2. Краткий обзор по осморегуляции костистых рыб	31
<i>Базовая модель осморегуляции костистых рыб</i>	<i>32</i>
<i>Гиперосмотическая регуляция</i>	<i>34</i>
<i>Гипоосмотическая регуляция</i>	<i>36</i>
<i>Роль почек и хлоридных клеток жабр в осморегуляции</i>	<i>37</i>
<i>Роль нейросекреторной системы</i>	<i>39</i>
<i>Роль гипофизарных гормонов</i>	<i>45</i>
<i>Пролактин</i>	<i>45</i>
<i>Адренкортикотропный гормон</i>	<i>46</i>
<i>Соматотропин (гормон роста)</i>	<i>47</i>
<i>Гормоны периферических эндокринных желез</i>	<i>48</i>
<i>Интерреналовая железа</i>	<i>48</i>
<i>Щитовидная железа</i>	<i>50</i>
<i>Заключение</i>	<i>51</i>
Глава III. Материал и методы исследования	53
Глава IV. Осмотическая и ионная регуляция осетрообразных <i>Acipenseriformes</i> с различной экологией (экспериментальные данные)	60
1. Реакция пресноводных осетровых на воздействие гиперосмотической среды	60
Стерлядь — <i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus, 1758	60
Сибирский осетр байкальской популяции — <i>Acipenser baerii</i> Brandt, 1869	70
Сибирский осетр ленской популяции — <i>Acipenser baerii</i> Brandt, 1869	79
2. Осмотическая и ионная регуляции солоноватоводных анадромных каспийских осетровых	88
Русский осетр — <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt, 1833	89
Севрюга — <i>Acipenser stellatus</i> Pallas, 1771	99
Белуга — <i>Huso huso</i> (Linnaeus), 1758	102
3. Осмотическая и ионная регуляция у анадромных морских осетровых	104
Коротконосый осетр — <i>Acipenser brevirostrum</i> LeSueur, 1818	105
Атлантический (Острорылый) осетр — <i>Acipenser oxyrinchus</i> Mitchill, 1815	108

4. Реакция пресноводных эндемичных видов (Отр. Acipenseriformes) на воздействие гиперосмотической среды	117
Большой амударьинский лопатонос — <i>Pseudoscaphirhynchus kaufmanni</i> Kessler, 1874 (Сем. Acipenseridae)	117
Американский веслонос — <i>Polyodon spathula</i> (Walbaum, 1792) (Сем. Polyodontidae)	122
Глава V. Функциональные закономерности формирования механизма осмотической и ионной регуляции у осетровых (функциональная эволюция осморегуляторной системы)	133
Глава VI. Роль системы органов в поддержании осмотического гомеостаза	155
1. Морфофункциональная перестройка осморегуляторной системы анадромных осетровых (на примере севрюги <i>Acipenser stellatus</i>), обеспечивающая переход рыб от гиперосмотической регуляции к гипоосмотической.	155
Гипоталамус	157
Преоптическое ядро.	157
Туберальное ядро.	158
Адренкортикотропные клетки гипофиза	160
Интерреналовая железа	161
Концентрация кортизола в сыворотке крови	162
Концентрация тиреоидных гормонов в сыворотке крови.	163
Активность Na^+/K^+ -АТФазы в гомогенатах жабр и почек	165
Активность Na^+/K^+ -АТФазы в хлоридных клетках	165
Морфофункциональное состояние хлоридных клеток	166
Функциональное состояние почек.	168
Заключение	170
2. Доказательство участия АКТГ-ИП клеток туберального ядра гипоталамуса в осморегуляции анадромных осетровых (на примере <i>Acipenser stellatus</i>).	171
3. Роль соматотропного гормона гипофиза в адаптации анадромных осетровых (на примере русского осетра <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>) к гиперосмотической среде	184
Глава VII. Развитие эвригалинности на ранних этапах постэмбриогенеза осетровых.	197
1. Изучение эвригалинности молоди осетровых, находящейся в естественных условиях (предшествующие данные литературы)	197
2. Экспериментальные исследования солевой толерантности молоди осетровых.	200
3. Оценка уровня функциональной сформированности осморегуляторной системы молоди Волго-Каспийских осетровых.	207
4. Параллельные опыты по адаптации молоди русского осетра и белуги к изоосмотическим средам — морской воде и раствору Рингера	214
Глава VIII. Осморегуляторная система осетровых на ранних этапах постэмбриогенеза.	220
1. Морфофункциональное развитие эффекторных органов осморегуляторной системы.	220
Развитие жабр	220

<i>Структура пронефроса и развитие мезонефрической почки</i>	<i>.227</i>
2. Морфофункциональные изменения органов осморегуляторной системы в процессе адаптации молоди осетровых к гиперосмотической среде239
Молодь белуги240
Молодь русского осетра247
Молодь персидского осетра266
Заключение277
Список цитированной литературы281