



Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУВПО «Мордовский государственный университет  
имени Н.П. Огарева»  
Зоологический институт РАН  
Санкт-Петербургский союз ученых

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ,  
БИОХИМИИ И ГЕНЕТИКИ ЖИВОТНЫХ**

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

САРАНСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2005

УДК 591.1: 575: 577.1

ББК Е08

А 437

Редакционная коллегия:

к.б.н. В. С. Вечканов, к.б.н. А. Г. Каменев, к.б.н. В. А. Кузнецов,  
д.б.н. В. В. Ревин, к.б.н. А. Б. Ручин (отв. редактор), д.б.н. В. А. Трофимов

A 437 **Актуальные** проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных: Материалы Междунар. науч. конф. / Редкол.: А. Б. Ручин (отв. ред.) и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – 296 с.

В сборнике представлены материалы заочной конференции по различным проблемам экологической физиологии, биохимии и генетики животных. Рассмотрены актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики, популяционной генетики животных и некоторые вопросы адаптационных процессов организма.

Тематика представленных сообщений разнообразна и будет интересна как специалистам биологам и экологам, так и неспециалистам, интересующимся указанными направлениями.

УДК 591.1: 575: 577.1  
ББК Е08

© макет А.Б. Ручин, 2005  
© Коллектив авторов, 2005

**ПАРАМЕТРЫ ЭЭГ КОРЫ МОЗГА КРОЛЬЧАТ ПОДВЕРГАВШИХСЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ В ПЛОДНЫЕ ПЕРИОДЫ  
ПРЕНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА**

Г.М. Абдуллаева, А.Г. Газиев

*Институт физиологии, 1100 Азербайджан, г. Баку,*

*e-mail: agaziyev@bk.ru*

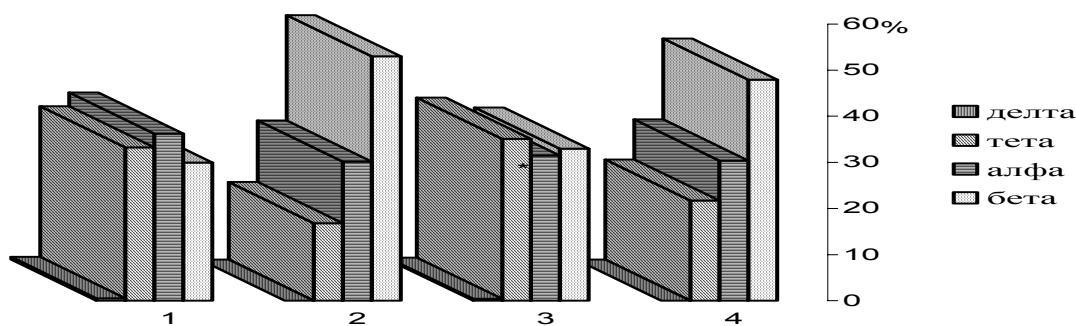
Задачей исследований явилось изучение особенностей воздействия электромагнитных излучений дециметрового диапазона в плодные периоды пренатального онтогенеза на биоэлектрические потенциалы зрительной области коры крольчат 10-, 20- и 30-дневного постнатального возраста. Для облучения электромагнитными волнами дециметрового диапазона использовали прибор «Волна 2» с выходом напряжения 60 мВт. Результаты анализа выявили, что у крольчат 10-ти дневного возраста пренатально развившихся в условиях электромагнитного излучения, представленность в спектре ЭЭГ альфа- и бета-волн значительно снижена. А у 20-ти и 30-ти дневных крольчат, развившихся в аналогичных условиях, существенно изменены амплитудные мощности высокочастотных волн спектра ЭЭГ.

Интерес к исследованиям, посвященные анализу влияния электромагнитных излучений на организм связан с активацией солнечных магнитных бурь и возрастающим уклоном применения в быту техногенных изделий, в том числе и приборов телерадио коммуникаций (Холодов, Шишло, 1979; Барашов, Настаченко, 1997; Белкин, 1999; Васильева, Горский, 2000; Колесник А., Колесник С., 2000; Павлов, 2002; Сидоренко, Царюк, 2002). Проблема насколько актуальна, что высказывается мнения о новой нозологической единице «микроволновая хроническая повреждения», сопровождающимися утомлением, головной боли, бессонницей и ослаблением памяти (Алексеев, Холодов, 1997; Андреев и др., 1999; Григорьев, 1999; Бабина, 1999; Воронин, 2000; Бузов, 2002; Лукьянова, 2002). Положение усугубляется еще и тем, что все частотные диапазоны электромагнитного излучения характеризуются высокой биологической активностью.

Ранее полученные нами данные показывают, что у новорожденных животных подвергавшихся в одинаковой степени магнитному облучению в отдельные критические периоды пренатального онтогенеза проявляются различные по выраженности и функциональной значимостью дисфункции. Целью настоящей работы явилось выяснение особенностей развития зрительной коры мозга и формирования ее суммарной биоэлектрической активности у животных перенесших действие электромагнитных волн на 21-30-е дни эмбриогенеза. С помощью метода регистрации и анализа биоэлектрических суммарных потенциалов были выявлены возрастные особенности характера ЭЭГ зрительной коры крольчат в ранние периоды постнатального онтогенеза (10, 20 и 30 день).

Обнаружено, что животные, перенесшие действие электромагнитного облучения в ранние периоды постнатального онтогенеза значительно отстают в развитии, в некоторых случаях нежизнеспособны и у них слабо выражены врожденные рефлексы. Анализ ЭЭГ у 10-ти дневных крольчат, антенатально развившихся в условиях электромагнитного облучения показал, что в правополушарных отведениях дельта-волны спектра почти не проявляются, в то время, как в норме эти волны составляют около 1% всего спектра. Тета-волны, как и альфа-волны спектра ЭЭГ при этом значительно больше представлен у экспериментальных животных (33.2% и 36.24%, рис. 1) чем у контрольных (16.2% и 30.16% соответственно). Обращал на себя внимание и тот факт, что удельная часть бета-волн в спектре ЭЭГ так же была высока у эксперимен-

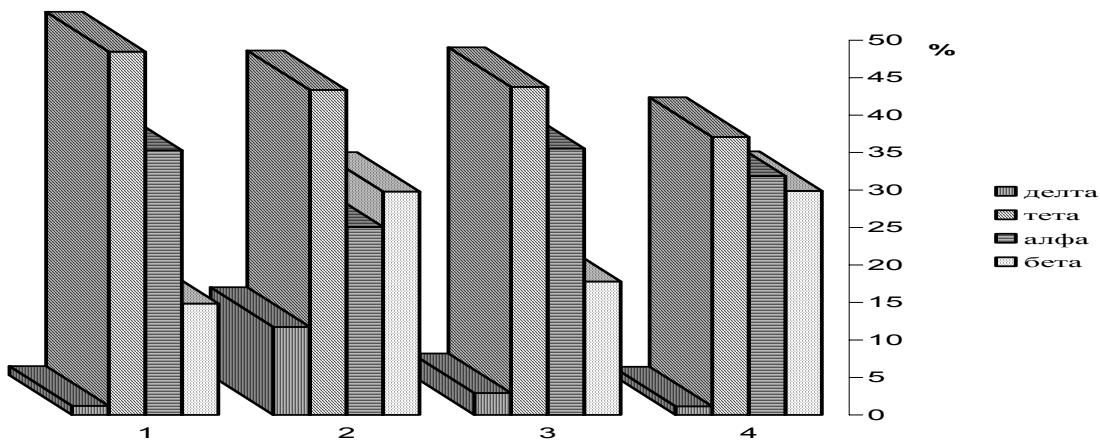
тальных животных. Аналогичные изменения наблюдались и в левополушарном отведении, за исключением того, что удельная часть тета-волн спектра ЭЭГ оказалась существенно подавленной. У экспериментальных животных были получены следующие данные: дельта – 0.5%, тета – 35.1%, альфа – 31.5% и 32.9% бета-волны.



**Рис 1. Диаграммы процентных соотношений волн ЭЭГ у 10-ти дневных крольчат перенесших электромагнитное облучение в эмбриональный период развития. 1, 3 – контроль, правые и левые отведения (n=15, n=18); 2,4 – экспериментальные. Соответственно правые и левые отведения (n=20, n=23).**

Во второй серии экспериментов мы рассматривали спектр формирования ЭЭГ у 20-ти дневных крольчат и получили следующие данные: обнаружено, что тета-волны по сравнению с другими превалировали в спектре ЭЭГ животных; дельта-волны были значительно увеличены, нежели другие волны спектра; альфа-волны, при этом оказались подавленными и составляли 24.4% от общего спектра.

Данные третьей серии экспериментов показали, что дельта-волны составляли всего 0.5% экспериментальные и 0.2% контрольные; тета- и альфа-волны спектра были уменьшены, а спектр бета-волны значительно увеличивался по сравнению с контролем.



**Рис 2. Диаграммы процентных соотношений волн ЭЭГ у 20-ти дневных крольчат перенесших электромагнитное облучение в эмбриональный период развития. 1, 3 – контроль, правые и левые отведения (n=14, n=16); 2, 4 – экспериментальные. Соответственно правые и левые отведения (n=14, n=15).**

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что электромагнитные излучения отрицательно влияют на процесс течения пренатального онтогенеза животных. Обнаружено, что в спектре ЭЭГ экспериментальных животных наиболее сильные изменения происходят в альфа- и тета-спектрах биопотенциалов, которые отражают уровень созревания центральной нервной системы.

**Список литературы**

- Алексеев А.Г., Холодов Ю.А. 1997. Электромагнитная безопасность // Вестн. СПбО РАН. № 1. С. 49-54.
- Андреев Ю.В., Ерхов В.С., Сафонов А.Б., Рябов Ю.Г. 1999. О роли электромагнитного излучения в онкогенезе // Электромагнитные поля и здоровье человека: Мат. межд. конф. М. С. 77-78.
- Григорьев Ю.Г. 1999. Электромагнитное загрязнение окружающей среды как фактор воздействия на биологические объекты. // Экол. системы и приборы. № 6. С. 29-32.
- Бабина Ю. 1999. Электромагнитные излучения: будем ли мы платить за их вредные воздействия? // ЭКОС-информ (Федеральный вестник экологического права). № 12. С. 26-35.
- Барбашов Б.Г., Настаченко А.С. 1997. Облучение населения г. Ростова-на-Дону сигналами телевизионных и радиовещательных станций // Изв. вузов. Сев.-Кав. региона. Естеств. науки. № 4. С. 38-41.
- Белкин А.Д. 1999. О роли техногенных вращающихся электрических полей в эндо- и экзоэкологических взаимосвязях: обзор литературы // Мед. труда и пром. экол. № 6. С. 27-60.
- Бузов А.Л. 2002. Проблемы и перспективы электромагнитной безопасности в отрасли «Связь» // Вестн. СОНИИР. № 2. С. 4-9.
- Васильева Л.К., Горский А.Н. 2000. Электротехнические аспекты влияния низкочастотных электромагнитных полей на человека // Вестн. МАНЭБ. № 4(28). С. 31-35.
- Воронин Г.П. 2000. Электромагнитная совместимость: безопасность электронных систем и аппаратуры, защита окружающей среды и здоровья человека // Электроника: наука, технология, бизнес. № 2. С. 5-7.
- Колесник А.Г., Колесник С.А. 1996. Электромагнитное загрязнение окружающей среды в КВ радиодиапазоне при различных уровнях солнечной активности // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 36. № 6. С. 59-66.
- Лукьянова С.Н. 2002. Феноменология и генез изменений в суммарной биоэлектрической активности головного мозга на электромагнитное излучение // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 42. № 3. С. 308-314.
- Масловская Т.В. 2000. Влияние электромагнитных волн радиочастотного диапазона и излучений сверхвысокой частоты на организм человека. Средства защиты. // Сб. тез. докл. науч. конф. студентов Курган. гос. ун-та. Курган. С. 58.
- Павлов А.Н. 2002. Воздействие электромагнитных излучений на жизнедеятельность. М.: Гелиос АРВ, 224 с.
- Сидоренко А.В., Царюк В.В. 2002. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на биоэлектрическую активность мозга // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 42. № 5. С. 546-550.
- Холодов Ю.А., Шишло М.А. 1979. Электромагнитные поля в нейрофизиологии. М.: Наука, 108 с.

**ТРАНС-АКТИВАЦИЯ И ТРАНС-ИНАКТИВАЦИЯ ГЕНОВ, ОПОСРЕДОВАННАЯ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ГОМОЛОГИЧНЫХ УЧАСТКОВ ХРОМОСОМ У  
*DROSOPHILA MELANOGASTER***

Ю.А. Абрамов

Институт молекулярной генетики РАН, 119000 г. Москва

Описаны случаи транс-активации и транс-инактивации генов с использованием трансгенных конструкций, с репортёрным геном окраски глаз (*mini-white*). Соседство *mini-white* с клонированными гетерохроматиновыми повторами приводит у гомозигот по трансгену к резкому увеличению экспрессии *mini-white*. Обсуждаются известные случаи транс-активации (эффекты трансвекции) у дрозофилы. Обнаружено, что фрагмент эухроматина, ограниченный блоками гетерохроматина в хромосоме с инверсией, способен транс-инактивировать репортёрный ген-мишень, расположенный в гомоло-

гичном районе не перестроенной оппозитной хромосомы. Предполагается, что транс-инактивация в этом случае обусловлена конъюгацией участков эухроматина нормальной хромосомы с гомологичным районом эухроматина в хромосоме с инверсией, что сопровождается «затягиванием» репортёрного гена в гетерохроматиновый компартмент и его мозаичной инактивацией. Обсуждается связь между уровнем экспрессии гена-мишени и его сопротивлением к инактивации. Если в хромосоме с инверсией и в неперстроенной хромосомах располагается в одном и том же сайте ген-репортёр, соседствующий с клонированными гетерохроматиновыми повторами *Stellate*, то мозаичная инактивация сопровождается транс-активацией гена в участках окрашенной ткани.

## **ВЛИЯНИЕ КОРНЕЙ СОЛОДКИ ГОЛОЙ (*GLYCYRRHIZA GLABRA*) НА СОСТАВ КРОВИ КРОЛИКОВ**

Ц.И. Адамян, Э.С. Геворкян, Н.В. Саркисян, С.Г. Авакян

*Ереванский государственный университет, 375025 Армения, г. Ереван,*

*e-mail: anatom@ysu.am*

С целью повышения резистентности организма и лечения ряда заболеваний в последние годы широко применяются препараты растительного происхождения. Среди них по составу физиологически активных компонентов выделяются флавоноидсодержащие растения, к числу которых относится и корень солодки голой. Последний занимает первое место по числу предлагаемых и используемых лечебных препаратов. Установлено антиаллергическое, гиполипидемическое, антисклеротическое, противовирусное действие препаратов солодки. Целью данного исследования являлось изучение влияния корней солодки на морфологические показатели крови.

Анализ полученных данных показал, что на 5-й день кормления солодкой у кроликов наблюдается умеренно-нормохромное понижение количества эритроцитов и гемоглобина. Относительное число ретикулоцитов повышается на 5%, абсолютное же - существенных изменений не претерпевает. На 10-й день экспериментов происходит гипохромный сдвиг показателей красной периферической крови. Количество эритроцитов в этот период повышается на 14.7% ( $P<0.02$ ) по сравнению с исходным уровнем, гемоглобина же находится в пределах нормы. Наблюдаемые сдвиги связаны, возможно, с активацией выброса незрелых эритроцитов из костного мозга в кровяное русло, подтверждением чего является и абсолютный ретикулоцитоз (141.78%,  $P<0.001$ ). На 15-й день экспериментов наблюдается дальнейшая активация эритропоэза: количество эритроцитов и гемоглобина повышается соответственно на 15.3% и 11.0%. Абсолютный и относительный ретикулоцитоз достигают своего максимума (147% и 169% соответственно). Последнее свидетельствует об усилении процессов пролиферации и созревания в красном ростке костного мозга. Повышенный, по сравнению с фоном, уровень изученных показателей сохраняется и на 20-й, 25-й и 30-й дни экспериментов.

Однонаправленные сдвиги показателей красной периферической крови кроликов под влиянием 30-и дневного кормления препаратом дают основание предполагать, что содержащиеся в *Glycyrrhiza glabra* биологически активные вещества влияют на процессы метаболизма стволовых клеток красного ростка костного мозга, ускоряют процессы созревания в результате чего наблюдается активация симпатических механизмов эритропоэза и создается новый, относительно высокий уровень эритроцитарного равновесия.

**ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ЛИЧИНОК МУЧНОГО ХРУЩАКА  
*TENEBRIO MOLITOR* L. (COLEOPTERA, TENEBRIONIDAE)  
НА РЕЦЕПТОРНЫЙ АППАРАТ АНТЕНН**

Н.А. Акентьева, Е.Е. Синицина, С.Ю. Чайка

Московский государственный университет, 119992 г. Москва,  
e-mail: biochaika@mtu-net.ru

Влияние плотности на темпы развития, жизнеспособность, плодовитость, соотношение полов и динамику численности насекомых природных и лабораторных популяций показано в работах многих отечественных и зарубежных авторов. Известно также, что сенсорный аппарат насекомых изменяется при изменении пищевого режима, плотности популяции или при воздействии препаратов, влияющих на состояние гормональной системы (Greewood, Chapman, 1984; Bernays, Chapman, 1998). Учитывая эти сведения, в данной работе была поставлена цель оценить состояние receptorных структур апикальной зоны антенн при разных условиях содержания личинок.

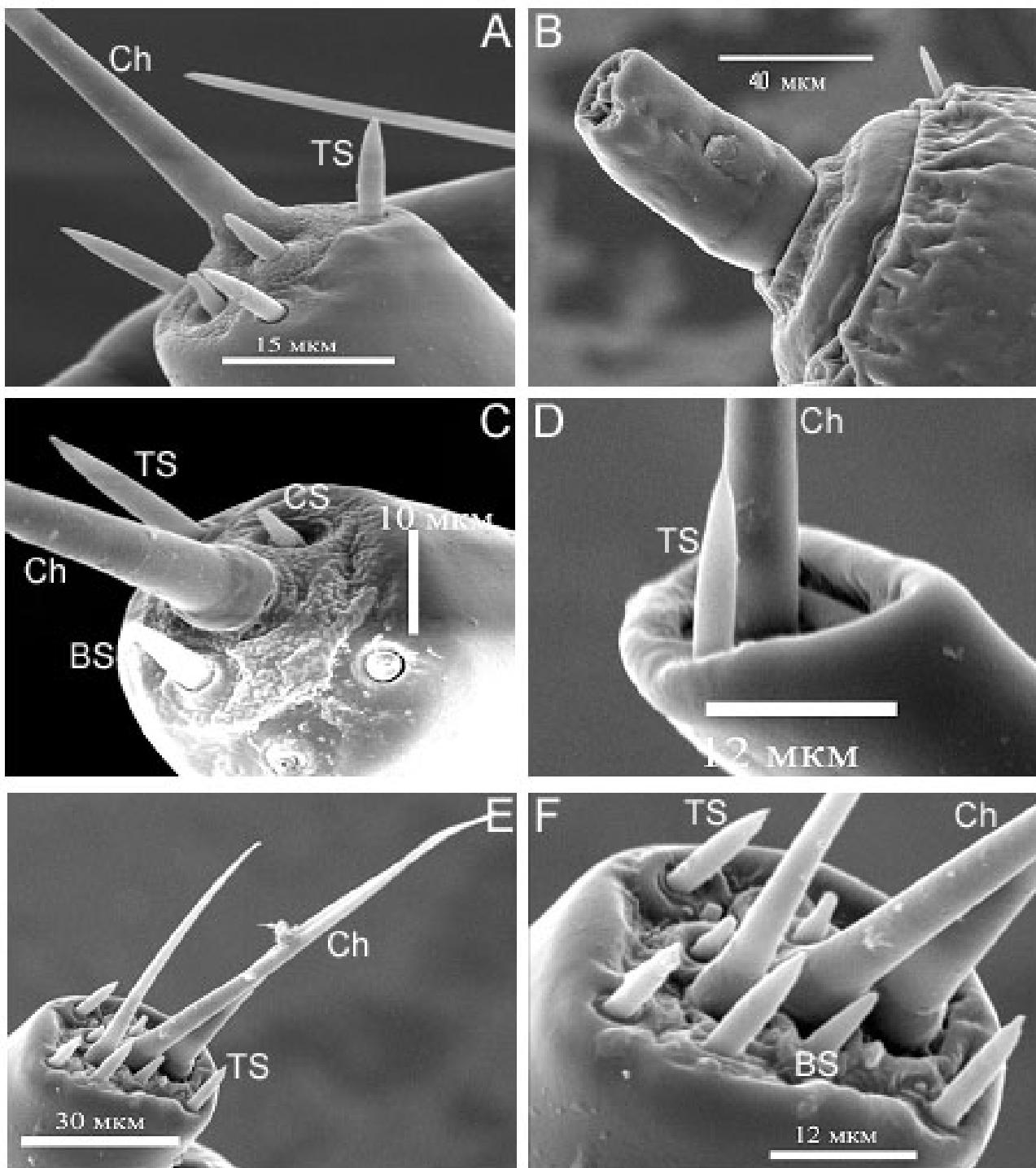
Опыты проведены на насекомых из лабораторной культуры, которая в течение нескольких лет содержится в термостатах при температуре 27-28°C и относительной влажности 60-70% на смеси овсяных хлопьев с пшеничными отрубями в соотношении 3:1 с небольшой добавкой сухих дрожжей. Для опыта отбирали личинок III-V возраста, которых содержали в тех же условиях. Личинок, развивающихся индивидуально (контроль и опыт), размещали в небольшие ёмкости, с объёмом пищевого субстрата 3 см<sup>3</sup>. Личинок группового выращивания (по 70 особей) помещали в сосуды с объёмом пищевого субстрата 30 см<sup>3</sup>. Пищевой субстрат во всех вариантах опыта в течение всего времени наблюдения не заменяли. Через 1.5 месяца личинки были зафиксированы в 70%-ном спирте и затем подготовлены к изучению в растровом электронном микроскопе для анализа сенсорного аппарата антенн. При этом антенны личинок с частью головной капсулы обезвоживали в ацетоне, высушивали и монтировали на специальном столике. Перед просмотром в электронном микроскопе Hitachi S-405A материал напыляли платино-палладиевой смесью.

Сенсорный аппарат антенн личинок *T. molitor* представляет удобную модель для выявления влияния внешних факторов на морфологические параметры отдельных сенсорных структур. На вершине антенн имеется ограниченный и стабильный по числу и топографии набор сенсилл – одна центральная большая хета, одна базиконическая и одна целоконическая сенсиллы, которые располагаются на мембранный мелкоструктурированной кутикуле (рис. 1А).

По краю мембранный кутикулы на равном расстоянии друг от друга находятся три триходидные сенсиллы. На большом количестве (n=236) антенн проведена оценка состояния сенсорного аппарата и в более 100 случаях сделаны промеры хет. Установлено, что у личинок одного и того же (старшего) возраста длина хет у разных особей варьирует в широких пределах – от 68 до 130 мкм, диапазон средних значений значительно уже – 102–115 мкм. Сравнение размеров хет у разных групп личинок не выявило корреляций ни от фактора плотности, ни от повышенного содержания метаболитов, хотя различия средних размеров этой сенсиллы наблюдались в каждой группе.

Просмотр большого числа препаратов антенн позволил выявить нарушения в структуре их receptorного аппарата (рис. 1C-F) – от размещения триходидных сенсилл (рис. 1C) до изменения состава сенсорной группы (рис. 1D, E). Такие отклонения от нормы составили всего 3.5% от просмотренных препаратов (197 неповрежденных

антенн). Обращает внимание тот факт, что 6 из 7 отклонений были обнаружены у личинок, которые выращивались при повышенной плотности, или содержались на субстрате с добавлением старого субстрата (источника метаболитов).



**Рис. Сенсорный аппарат апикальной зоны антенн личинок старшего возраста *Tenebrio molitor*: А – норма; В – механическое нарушение сенсорного аппарата; С, Д, Е, Ф – нарушения в структуре сенсорного аппарата. Обозначения: Ch – хета, TS – трихоидная сенсилла, BS – базиконическая сенсилла, CS – целоконическая сенсилла.**

Для личинок мучного хрущака на большом материале была показана высокая консервативность набора и размещения их рецепторов. Вариации размера длинных хет имею достаточно большой диапазон – максимальная длина в среднем в два раза превышает их минимальную длину. Это указывает на то, что длина сенсилл не является постоянной величиной и должна рассматриваться как второстепенный признак

при сравнении разных популяций одного и того же вида или близких видов насекомых. Аномалии в структуре сенсорных групп имеют низкий процент встречаемости. Нам не удалось обнаружить различий в строении сенсорного аппарата у личинок мучного хрущака от вариантов поставленного эксперимента. Полученные данные свидетельствуют о большой консервативности рецепторного аппарата личинок с полным превращением (Holometabola) по сравнению с таковым личинок с неполным превращением (Hemimetabola). У последних в связи с тем, что число сенсилл увеличивается после каждой линьки, происходят значительные изменения в рецепторном аппарате при высокой плотности содержания личинок.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 04-04-48779).*

### Список литературы

- Bernays E.A., Chapman R.F. 1998. Phenotypic plasticity in numbers of antennal chemoreceptors in a grasshopper: effects of food // J. Comp. Physiol. V. 183. P. 69-76.
- Greewood M., Chapman R.E. 1984. Differences in numbers of sensilla on the antenna of solitariions and gregarious *Locusta migratoria* L. (Orthoptera, Acrididae) // Int. J. Insect. Morphol. and Embryol. V. 13. № 4. P. 295-301.

## ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ТРОФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И АКТИВНОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ МЕЖПОПУЛЯЦИОННОМ СКРЕЩИВАНИИ У НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА (*LYMANTRIA DISPAR* L.)

Е.М. Андреева, В.И. Пономарев

Ботанический сад УрО РАН, 620134 г. Екатеринбург,

e-mail: e\_m\_andreeva@mail.ru, v\_i\_ponomarev@mail.ru

Наследование морфологических, физиологических и биохимических показателей у насекомых в настоящее время является дискутируемым вопросом. В данной работе изложены результаты по изучению наследования трофических и биохимических показателей, а также скорости развития гусениц при межпопуляционном скрещивании на примере непарного шелкопряда.

В лабораторных условиях было проведено выращивание гусениц из кладок, собранных в природных условиях в двух пространственно отдаленных популяциях – уральская (ЗП, кормовая порода – береза повислая) и нижневолжская (НВП, кормовая порода – дуб черешчатый) и полученных в результате лабораторного скрещивания особей этих популяций. Гусениц содержали индивидуально, выкармливали на искусственной питательной среде (Ильиных, 1996), более подробно методика изложена ранее (Пономарев, 1998; Андреева, 2002).

В IV личиночном возрасте у гусениц рассчитывали коэффициент утилизации корма (КУ) и эффективность усвоенного корма на прирост гусениц (ЭИУ) (Waldbauer, 1968). На третий день после выхода гусеницы на 5 возраст определяли концентрации каротинов в теле гусениц и экскрементах (Wettrtien, 1957). Также фиксировали время прохождения гусеницами I-IV личиночных возрастов.

Особи родительского поколения из ЗП достоверно менее эффективно утилизировали корм, но большую часть поступающей с кормом энергии затрачивали на прирост массы гусениц, по сравнению с гусеницами НВП (табл.). Соответственно, у гусениц ЗП расходы на метаболические нужды, физиологию, дыхание были ниже, они также достоверно быстрее развивались в младших возрастах.

Анализ содержания каротинов в теле и в экскрементах гусениц, выращенных из кладок 2002 г. этих популяций, показал (табл.), что содержание каротинов в теле

гусениц и экскрементах **ЗП** было достоверно выше, чем у гусениц **НВП**. Учитывая, что **КУ НВП** достоверно ниже, эти данные показывают, что гусеницы **НВП** значительно активнее усваивают каротины из корма и их используют. Каротины являются одним из самых активных (после токоферолов) не ферментных антиоксидантов, участвующих в стабилизации перекисного окисления липидов (**ПОЛ**) мембран. Учитывая, что при анализе определяется концентрация восстановленного каротина, баланс каротинов является одним из критериев активности **ПОЛ** мембран. Ранее (Севрюгина, Пономарев, 2003) нами была показана устойчивая достоверная отрицательная корреляция между каротинами в теле гусениц и их массой. Т.е., гусеницы **ЗП** при более высокой скорости развития эффективнее утилизировали потребляемую пищу на прирост, при этом активность **ПОЛ** у них была значительно ниже.

У гусениц, выращенных из кладок полученных при скрещивании, где самка была из **ЗП**, а самец из **НВП**, было отмечено достоверное снижение **КУ** и значительное увеличение **ЭИУ**. Анализ содержания каротинов в теле гусениц, выращенных из кладок, полученных в результате скрещивания, показал, что их концентрация резко возросла. Характер зависимости концентрации каротинов в теле гусениц и массой гусениц значительно больше соответствовал таковому у гусениц **ЗП**, чем **НВП**, выращенных из кладок 2003 г. (рис.). Масса тела гусениц на начало пятого возраста была значительно ниже, чем у родительского поколения обеих популяций.

При этом скорость развития была ниже, чем у родителей **ЗП** (табл.). Ранее нами уже было показано, что при скрещивании имаго непарного шелкопряда с разной скоростью развития у потомства доминирует более медленная скорость (Пономарев, 1998).

При обратном скрещивании, когда анализировались только трофические показатели, отмечались сходные закономерности. В обоих вариантах, где гусеницы выращивались из кладок, полученных в результате межпопуляционного скрещивания, наблюдалось значительное увеличение дисперсии всех изучаемых признаков.

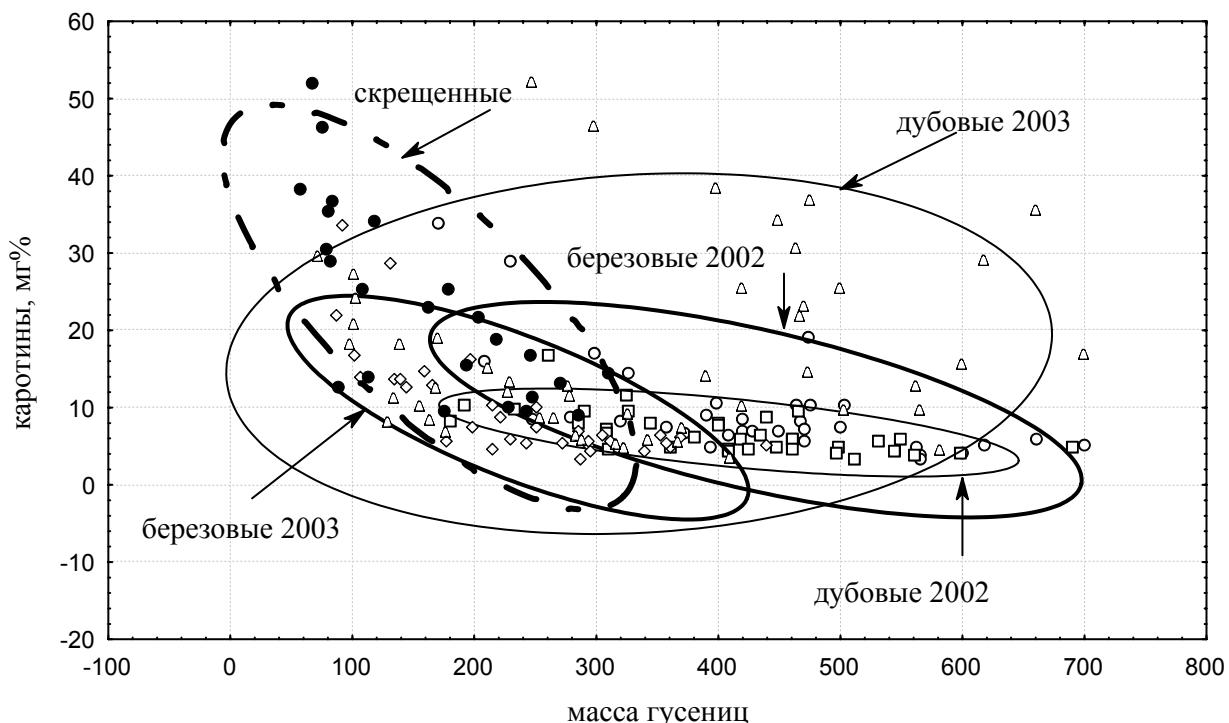
У гусениц **НВП** из кладок 2003 г. также наблюдается высокая дисперсия по ряду признаков, в частности – содержания каротинов в теле (рис.). Это связано с тем, что 2003 г. был вторым годом вспышки массового размножения, в этот период высок уровень гетерозиготизации популяции.

**Таблица. Показатели питания и скорости развития родительского и F1 поколений**

Показатели	ЗП, 2002 г.	НВП, 2002 г.	Б х Д, 2003 г.	Д х Б, 2003 г.
	n=109	n=113	n=19	n=34
КУ	37.4±0.9b	41.1±0.7c	30.4±3.0a	32.1±1.3a
ЭИУ	29.2±1.1b	25.5±0.9a	41.8±2.7d	37.5±4.0c
Продолжительность I-IV возрастов, дни	25.8±0.5a	27.2±0.6b	27.8±0.9b	28.5±1.0b
Каротины в теле гусениц, мг%	9.7±1.2b	6.8±0.5a	23.0±2.5c	-
Каротины в экскрементах, мг%	7.8±0.8b	3.5±0.6a	9.7±2.5c	-
Масса гусениц (начало 5го возраста) (мг)	430±22.5c	409±19.2b	163±16.3a	

*Примечание: достоверность различий (Р<0.05) показана разными буквами.*

Таким образом, полученные в результате проведенных экспериментов данные позволяют сделать следующие выводы. При скрещивании имаго непарного шелкопряда из разных популяций у потомства доминирует более низкая активность **ПОЛ** мембран, что коррелирует с увеличением эффективности питания. В то же время, отмечается доминирование более низкой скорости развития и увеличение дисперсии



**Рис. Регрессионные соотношения между массой гусениц и содержанием каротинов в их теле у родительских особей (дубовые 2002, березовые 2002), их потомства в естественных условиях (дубовые 2003, березовые 2003) и у гусениц, полученных в результате скрещивания.**

в признаках. Учитывая высокую зависимость выживания гусениц непарного шелкопряда от степени совпадения его трофических предпочтений с фенологическими характеристиками листвы кормовых пород, по-видимому, такое смешение доминирующих признаков, а также высокий уровень их дисперсии и является причиной, отмечаемой рядом авторов (Бенкевич, 1984; и др.), неспособностью гибридных особей адаптироваться к местам выпуска и их массовой гибели.

#### Список литературы

- Андреева Е.М. 2002. Анализ трофических показателей гусениц двух географических популяций непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*) // Экология. № 5. С. 362-369.  
 Пономарев В.И. 1998. Экологическая пластиность непарного шелкопряда в различные фазы динамики численности // Экология непарного шелкопряда в условиях антропогенного воздействия. Гл. 5. Екатеринбург. С. 98-159.

#### РАЗНООБРАЗИЕ КАРБОКСИЭСТЕРАЗ КАК ГЕНЕТИКО-БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ЧЕРНОМОРСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ БЫЧКА-КРУГЛЯКА И БЫЧКА-РАТАНА

А.М. Андриевский\*, В.В. Заморов\*, Г.Б. Черников\*\*,  
 В.А. Кучеров\*, С.Ю. Косенко\*\*

\*Одесский национальный университет, 65026 Украина, г. Одесса

\*\*Одесский центр Южного научно-исследовательского института морского хозяйства и океанографии, 65028 Украина, г. Одесса

Методом электрофореза и гистохимической окраски в полиакриламидном геле (Корочкин и др., 1977; Кирпичников, 1987; Андриевский и др., 2004; Межжерин и др.,

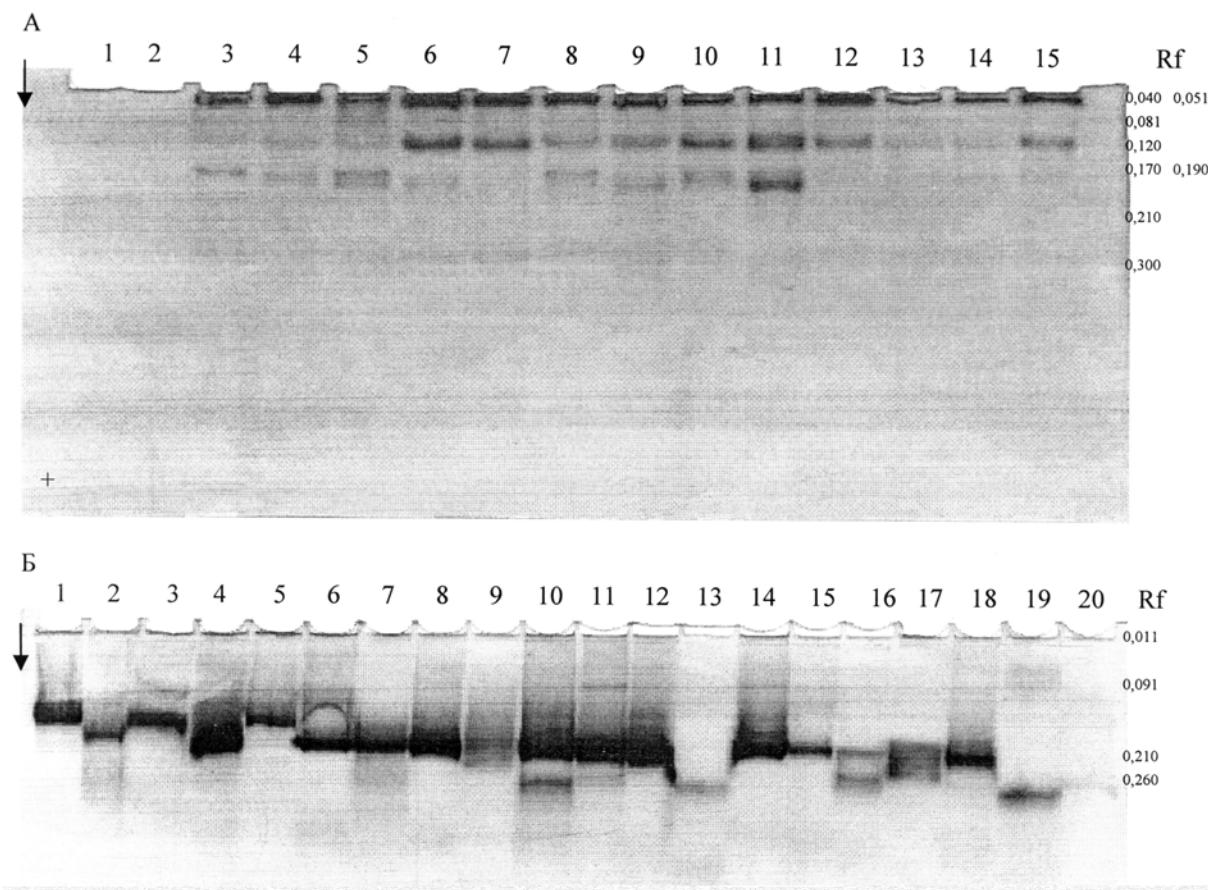
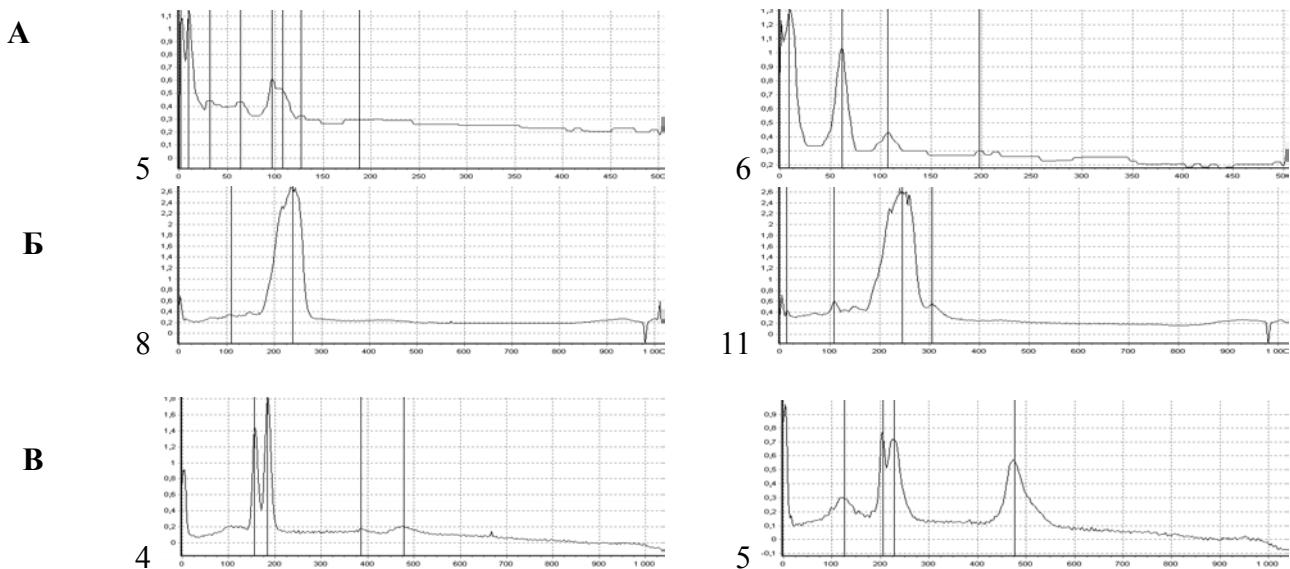


Рис. 1. Электрофоретический спектр карбоксиэстераз мышечной (А), печёночной (Б) и гонадальной (В) тканей бычка-кругляка и бычка-ратана: Гель А. Слоты: 3 – 15 – бычок-кругляк. Гель Б. Слоты: 1, 3, 5, 9, 17, 20 – бычок-ратан; 2, 4, 6 – 8, 10 – 16, 18, 19 – бычок-кругляк. Гель В. Слоты: 1, 4, 9 – бычок-ратан; 2, 3, 5 – 8, 10 – 15 – бычок-кругляк.



**Рис. 2.** Денситограммы треков гелевых блоков, представленных на рис. 1: По оси  $x$  – длина трека (пиксели); по оси  $y$  – оптическая плотность фракций, соответствующих местам локализации карбоксиэстераз в геле (условные единицы).

2003) с последующей компьютерной денситометрией изучали множественные молекулярные формы карбоксиэстераз скелетных мышц, печени и гонад отдельных экземпляров бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* (Pallas)) и бычка-ратана (*Neogobius ratan* (Nordmann)) трёхлетнего возраста, отобранных из природных популяций северо-западной части Чёрного моря.

Результаты исследования показали, что при инкубации ферментов в нейтральной среде в системе с двумя различными субстратами ( $\alpha$ -нафтилацетатом и  $\beta$ -нафтилацетатом) все молекулярные формы карбоксиэстераз обнаруживают  $\alpha$ -фильтность, т. е. предпочтительнее проявляют  $\alpha$ -нафтилацетазную активность.

Несмотря на то, что ткань печени характеризуется высокой активностью карбоксиэстераз, разнообразие их значительно уступает мышцам и гонадам. Кроме того, у большинства проанализированных особей активные формы печёночных эстераз имеют более высокие показатели относительной электрофоретической подвижности ( $R_f$ ) по сравнению с таковыми сходных ферментов мышечной и гонадальной тканей.

В мышцах всех особей, принадлежащих обоим видам бычков, обнаружаются три главные фракции карбоксиэстераз, обладающих стабильными для каждого фермента значениями  $R_f$ . При этом, по всем формам эстераз имеют место индивидуальные различия, что указывает на высокую степень гетерогенности особей изучаемых популяций. Особенно примечательно то, что карбоксиэстераза, имеющая средний  $R_f \sim 0.180$ , представлена у одних экземпляров менее подвижной ( $R_f=0.170$ ) изоформой, у других – более подвижной ( $R_f=0.190$ ), у третьих – обеими изоформами того же фермента.

Наиболее богатым по разнообразию изоформ изучаемых ферментов выглядит спектр гонадальной ткани. Здесь, наряду с фракциями, вероятно, идентичными фракциям мышечных изозимов, обнаружаются уникальные быстроподвижные компоненты карбоксиэстеразной системы, представленные одиночными или двойными вариантами. Сказанное наглядно иллюстрируют рис. 1 и рис. 2, на которых представлены типичные электрофореграммы и денситограммы отдельных треков.

Таким образом, полученные данные, отражающие индивидуальные качественно-количественные особенности экспрессии изоформ карбоксиэстеразной системы, могут служить своеобразным показателем гетерогенности изучаемых популяций чер-

номорских бычков на уровне молекулярного фенотипа и существенно дополнять результаты традиционного морфометрического анализа (Правдин, 1966; Замбriборщ, 1968).

### **Список литературы**

- Корочкин Л.И., Серов О.Л., Пудовкин А.И. и др. 1977. Генетика изоферментов. М.: Наука, 275 с.
- Кирпичников В.С. 1987. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 520 с.
- Андреевский А.М., Кучеров В.А., Тоцкий В.Н. 2004. Методические проблемы изучения полиморфизма карбоксиэстераз в онтогенезе *Drosophila melanogaster* // Вісник ОНУ. Т. 9. Вип. 1. С. 113–119.
- Межжерин С.В., Лисецкий И.Л., Бабко Р.В. 2003. О происхождении триплоидной формы серебряного карася *Carassius auratus gibelio* // Доповіді Національної академії наук України. № 12. С. 146–150.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 375 с.
- Замбriборщ Ф.С. 1968. К систематике бычков Чёрного и Азовского морей (краткий определитель) // Вестник зоологии. № 1. С. 37–44.

## **ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКА БИСЕКСУАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЯДА ВИДОВ МОЛЕЙ-ЧЕХЛОНОСОК (LEPIDOPTERA, COLEOPHORIDAE)**

**В.В. Аникин**

*Саратовский государственный университет, 410012 г. Саратов,  
e-mail: AnikinVV@info.sgu.ru*

Исследование различных популяций ряда представителей семейства молей-чехлоносок в Волго-Уральском регионе в различных биотопах в пределах внутренних территорий ареала и его пограничных внешних участков, впервые показало наличие партеногенеза у бисексуальных видов – *Multicoloria berlandella* и *M. cartilagineella* (Аникин, Митрофанова, 2002). Это может свидетельствовать о том, что факультативный партеногенез распространен среди микрочешуекрылых (и внутри отряда в целом) гораздо шире, чем об этом говорят литературные данные (Кашин, Аникин, 2004). Увеличение доли партеногенетических особей в бисексуальных популяциях представляет собой адаптивную реакцию организма на экстремальные условия обитания популяций не только по границам (Суомалайнен и др., 1977), но и внутри самого ареала.

Изучение таких видов представляет интерес в плане раскрытия вопроса аллопатического видеообразования путем самодифференциации (Емельянов, 2004). Именно отсутствие механической изоляции (в пределах ареалов этих двух видов) и их внутривидовая географическая дифференциация может послужить причиной видеообразования такого плана. Переход к партеногенетическому размножению у таких представителей, по-видимому, одна из обычных форм приспособления к неблагоприятным условиям на границах и/или внутри ареала видов. Кроме того, у представителей Lepidoptera и Diptera партеногенез легко индуцируется экспериментально (Струнников, 1986).

### **Список литературы**

- Аникин В.В., Митрофанова О.В. 2002. Явление партеногенеза в семействе молей-чехлоносок (Lepidoptera, Coleophoridae) // Тез. докл. XII съезда рус. энтомол. о-ва. СПб. С. 13–14.

- Емельянов А.Ф. 2004. Эволюция наземной биоты в свете биогеографии // Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы. М.-СПб.: КМК. С. 216–242.
- Кашин А.С., Аникин В.В. 2004. Формообразование и партеногенез у животных и растений // Энтомол. и паразитол. исследования в Поволжье. Саратов. Вып. 3. С. 5–11.
- Струнников В.А. 1986. Развитие исследований Б.Л. Астаурова по искусственным способам размножения и регуляции пола у тутового шелкопряда // Биология развития и управление наследственностью. М. С. 26–38.
- Суомалайнен Е., Сайра А., Локки Ю. 1977. Полиморфизм генов и эволюция партеногенетических насекомых // Проблемы экспериментальной биологии. М. С. 7–20.

## ВЛИЯНИЕ ФТОРИСТОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ

А.С. Анохина, Н.Н. Михайлова

Кузбасская государственная педагогическая академия, 654000 г. Новокузнецк,  
e-mail: partih@mail.ru

Фтор обладает исключительной реакционной способностью среди всех неметаллических элементов. Помимо наличия природных очагов с повышенным содержанием фторсодержащих пород (так называемые биохимические провинции), где развивается эндемический флюороз, существуют промышленные источники загрязнения окружающей среды фтором, особенно при добыче криолита, производстве алюминия, минеральных удобрений и стекла.

Вопрос о биогенном влиянии фтора на организм остаётся открытым. Недостаточно изучен патогенез фтористой интоксикации на молекулярном, клеточном и функциональном уровнях. Современных данных по этим вопросам очень мало, порой они противоречивы, так как эффекты этого микроэлемента многоплановы и не могут быть однозначно охарактеризованы (Авцын, Жаворонков, 1981; Разумов, 2003).

Целью представленной работы явилось изучение влияния хронической фтористой интоксикации (**ХФИ**) на кальциевый обмен, соотношение процессов костеобразования и резорбции, а также уровень активности дыхательных ферментов в организме животных.

Опыты проводились на нелинейных белых крысах - самцах массой 200-250 г. Животные содержались на стандартном пищевом рационе без ограничения потребления воды. Крысы делились на интактную группу и группу животных с **ХФИ**, которую моделировали пассивным запаиванием в течение 60 дней среднетоксичной дозой фторида натрия (ежедневно с питьевой водой в концентрации 10 мг/л, что соответствует суточной дозе 3.5 мг/кг массы тела).

Критерием развития флюороза являлись клиническое состояние экспериментальных животных (утрата блеска шерсти, отставание в весе, «тигроидность» окраски зубной эмали) и динамика содержания фтора и кальция в моче, которую собирали в обменных клетках через каждые 7 дней.

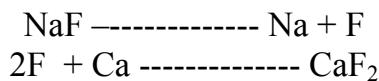
Содержание фтора в моче определяли методом Голованова (1977), фосфора, кальция и магния – колориметрическим методом с помощью наборов фирмы «Биоком» на фотометре ПМ-750 (Германия). С-концевые телопептиды (фрагменты деградации коллагена 1-ого типа) иммуноферментным тестом наборами CrossLaps.

К концу эксперимента у выживших животных забирали кровь декапитацией для определения в ней биохимических показателей. Анализ плазмы производили фотоколориметрическим методом на анализаторе FP-901 M (Финляндия). Содержание сывороточного остеокальцина – иммуноферментным тестом наборами Diagnostic Sys-

tem Laboratories и Nordicbioscience на Мультискане EX (Labsystems, Финляндия). Исследования ферментативной активности проводили цитохимическим методом окрашивания с последующим микроскопическим описанием мазков крови. Статистический анализ результатов проводился на основе расчёта средних арифметических ( $M$ ) и их ошибок ( $\pm m$ ) генеральных совокупностей (Лакин, 1990) Компьютерная обработка данных осуществлялась программой «Multiscan Magic».

Полученные в ходе эксперимента данные показали корректность выбранной модели и её адекватность некоторым звеньям патогенеза производственного флюороза. В условиях **ХФИ** у животных на второй неделе запаивания уровень фтора в моче резко увеличивался, а кальция – снижался. Начиная с 3-й и до 6-й недели содержание фтора в моче снижалось до контрольных значений при значительном выбросе из организма кальция. К концу эксперимента содержание в моче обоих элементов резко увеличивалось. Усиленное выведение кальция с мочой свидетельствует о вымывании его из организма, прежде всего из костной ткани.

Это связано с тем, что отрицательно заряженный ион фтора атакует положительные ионы кальция, образуя слаборастворимую соль  $\text{CaF}_2$ , которая выводится из организма:



Компенсаторные взаимоотношения фтора и кальция в организме, очевидные на ранних стадиях фтористой интоксикации, нарушаются в более поздние сроки её развития, что является свидетельством того, что одним из инициальных факторов в патогенезе флюороза является нарушение кальциевого обмена.

За тем обстоятельством, что фтор обладает тропностью к кальцию, а 99% всего кальция организма содержится в костях, из виду упускается тот факт, что кость кроме прочего является сконцентрированной массой соединительной ткани, занимающей первое место по содержанию в ней и коллагена. Коллаген составляет почти 90% органического матрикса кости и фактически представлен только коллагеном I типа.

Костная ткань постоянно ремоделируется на основе двух разнонаправленных метаболических процессов: формированием новой костной ткани остеобластами и разрушением (резорбцией) старой кости остеокластами. Соотношение этих процессов может оцениваться с помощью биохимических маркеров костеобразования и резорбции: сывороточного остеокальцина и С-концевых телопептидов мочи. Последние определяются с помощью твёрдофазного иммуноферментного анализа [ELISA] и являются чувствительными и специфичными маркерами костной резорбции.

С-концевые телопептиды – отделы молекулы коллагена, содержащие перекрёстные связи (пиридиновые «сшивки») между пептидными цепями и стабилизирующие молекулу. Определение пиридиновых «сшивок» в моче имеет ряд преимуществ: относительно более высокая специфичность этих структур для обмена костной ткани, отсутствие их метаболических превращений *in vivo* до выведения с мочой (Риггз, Мелтон, 2000).

Во время обновления костной ткани коллаген деградирует и небольшие пептидные фрагменты (С-концевые телопептиды) экскретируются. В наших экспериментах содержание коллагеновых фрагментов костной ткани увеличилось в 2.5 раза в моче животных с фтористой интоксикацией, что свидетельствует о токсичном действии фтора на костную ткань, сопровождающимся её резорбцией (уровень С-концевых телопептидов в контроле составил  $1.5 \pm 0.3$  мкг/л, у крыс с **ХФИ** –  $3.7 \pm 0.8$  мкг/л).

Основным неколлагеновым белком костной ткани является остеокальцин, который рассматривается как наиболее специфичный белок костной ткани. Он способен

связывать кальций с помощью расположенных по соседству карбоксильных групп. Остеокальцин синтезируемый преимущественно остеобластами и включающийся во внеклеточный матрикс костной ткани, может считаться специфическим маркером костеобразования. При этом незначительная его часть попадает в систему циркуляции.

**ХФИ** сопровождалась трёхкратным повышением остеокальцина в сыворотке (в контроле  $1.0 \pm 0.2$  нг/мл, у крыс с **ХФИ** –  $3.2 \pm 0.9$  нг/мл), что свидетельствует о его неспособности включаться в костную ткань из-за занятых фтором всех свободных для связывания электронных уровней.

Нарушение структуры костной ткани при **ХФИ** вероятно происходит не только в результате прямого действия токсичных доз фтора на белки, но и опосредовано, через снижение их синтеза. Синтез белков – процесс энергоёмкий и требует физиологического уровня активности дыхательных ферментов.

Нами была изучена сукцинатдегидрогеназная (**СДГ**), альфа-глициерофосфатдегидрогеназная (**α-ГФДГ** митохондриальная и **α-ГФДГ** цитоплазматическая) и глутаматдегидрогеназная (**ГТДГ**) активность дыхательных ферментов в крови экспериментальных животных в условиях **ХФИ**.

**СДГ** – митохондриальный фермент, катализирующий один из этапов реакций цикла Кребса: превращение янтарной кислоты в фумаровую. Уровень этого фермента на протяжении всего эксперимента не изменился. **α-ГФДГ**, подобно **СДГ**, является внутримитохондриальным флавопротеидом, участвует в альфаглициерофосфатном челночном механизме, обеспечивающим перенос ионов водорода внутрь митохондрий. У экспериментальных животных было отмечено достоверное снижение активности этого фермента.

**ГТДГ** – является связующим звеном между метаболизмом аминокислот и циклом Кребса. **ХФИ** сопровождалась снижением активности данного фермента почти на 20%. Вероятно, фтор как активный галоген ингибитирует активность **ГТДГ** и как следствие малое количество кетоглутарата используется в цикле Кребса, что подтверждается снижением **α-ГФДГ**.

Механизм повреждающего действия избыточного количества фтора сложен и многообразен. Мы полагаем, что ведущее место в патогенезе **ХФИ** принадлежит нарушению целостности клеточных мембран и, как следствие, снижение активности ферментативных систем, обеспечивающих нормальное течение окислительных процессов и выработку энергетических ресурсов. Несомненно, фтор является одним из регуляторов ферментной активности клеток, нарушая её при избыточности.

Результаты исследования убедительно показывают, что с усилением поступления фтора в организм возникает дезорганизация как механизмов регуляции метabolизма, так и различных видов обмена веществ, сопровождающаяся тяжёлым состоянием организма, порой не совместимым с жизнью. К концу эксперимента 26% животных с **ХФИ** погибли.

Патогенез фтористой интоксикации многоплановый: от нарушения кальциевого обмена, разрушения структуры белков, преобладания процессов резорбции костной ткани до поражения клеточных мембран и снижения активности дыхательных ферментов с последующим нарушением всей системы энергопродукции и физиологических функций.

#### Список литературы

- Авцын А.П., Жаворонков А.А. 1981. Патология флюороза. Новосибирск: Наука, 336 с.  
Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа, 352 с.

Разумов В.В. 2003. Флюороз как проявление преждевременного старения и атавистического остеогенеза. Томск, 112 с.

Риггз Б.Л., Мелтон Л.Дж. Остеопороз (этиология, диагностика, лечение). 2000. М.: Бином, 560 с.

## **РИТМЫ ЗИМНЕЙ СПЯЧКИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРИ**

А.И. Ануфриев

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, 677980 г. Якутск,  
e-mail: anufry@ibpc.ysn.ru*

Зимняя спячка мелких млекопитающих включает два основных компонента: продолжительные оцепенения со значительным снижением метаболизма и температуры тела и относительно короткие периоды гомойотермного состояния. При периодических пробуждениях животные могут либо принимать пищу (хомяки и бурундуки), либо вообще обходиться без нее (сурски и сурки). У них выводятся из организма только жидкие экскременты, или и жидкие и твердые. Существует ряд гипотез с определенной долей вероятности объясняющих прерывистость спячки, тем не менее природа, роль и соотношение эндогенных и экзогенных компонентов в формировании ритмов зимней спячки окончательно не определена (Ануфриев, 2002).

Проведены наблюдения за ритмами зимней спячки мелких зимоспящих обитающих на северо-востоке Сибири. Эксперименты выполнены на следующих видах: длиннохвостый суслик (*Citellus undulatus* Pallas, 1778), арктический, берингийский суслик (*Citellus parryi* Richardson, 1827), сибирский бурундук (*Tamias sibiricus jacutensis* Ognev, 1935), бурый ушан (*Plecotus auritus* Linnaeus, 1758), северный кожанок (*Eptesicus nilssoni* Keyserling et Blasius, 1839). Наблюдения за ритмами спячки – пробуждение проводили с использованием приборов длительной регистрации физиологических параметров. Температурные датчики устанавливали в гнездовом домике животного. Измерения проводили при помощи градуированных терморезисторов ММТ 4, для которых рассчитывался и изготавливается неуравновешенный мост. Согласование измерительных мостов с регистрирующей аппаратурой производили посредством АЦП L-105. Измерительный комплекс реализован на основе ПК Pentium-200, с 32 МВ оперативной памяти под управлением операционной системы Red Hat Linux 7.2. (Ануфриев и др., 2003). В период оцепенений животных регистрировалась температура среды и продолжительность гипотермии, при пробуждениях температура в зимовальном домике изменялась, и на температурном графике отчетливо различались продолжительности процесса разогревания зверька, находления в активном состоянии и начало следующего интервала гипотермии.

Весь процесс зимней спячки у представителей семейства Sciuridae состоял из 10–15 периодов гипотермии продолжительностью до 9 суток у бурундука и до 18 у арктического суслика. Длительность нахождения в теплокровном состоянии не превышало 5-6% от общего бюджета времени (табл. 1). При расчете длительности пробуждения, мы исходили из того, что теплокровное состояние включало время саморазогревания и нормотермию, а спячка состояла из периода остывания и гипотермии. На протяжении зимы продолжительность периодов пробуждения была относительно постоянна.

Продолжительность гипотермии изменялась следующим образом: в начальный период спячки интервалы гипотермии постепенно нарастили, затем находились на одном уровне на протяжении почти всего процесса, и их продолжительность снижалась перед окончанием спячки.

У летучих мышей зимняя спячка состояла из 15-20 периодов гипотермии. Нарастание продолжительности периодов гипотермии не отличалось от описанной выше. Определено, что 96-97% времени зверьки находились в состоянии с пониженной температурой тела, и около 2% занимало время вхождения зверьков в гипотермию (табл. 2). Период активного состояния у летучих мышей заметно короче, по сравнению с другими зимоспящими видами млекопитающих, и составлял соответственно 0.6 и 1% от общего времени наблюдений. Еще более короткими были переходные периоды, от гипотермии к нормотермии (0.4-0.6%). В целом, за время наблюдений периоды активного состояния (время пробуждения + время нормотермии) у *E. nilssoni* и *P. auritus* составляли соответственно 1% и 1.6%.

Продолжительность периодов оцепенения у *E. nilssoni* была в среднем ( $214.8 \pm 23.9$ ), lim=(93.0-428.0) ч, у *P. auritus* ( $152.1 \pm 9.8$ ) (lim=86.0-225.0) ч. Длительность активного состояния не превышала у кожанков в среднем ( $1.2 \pm 0.3$ ) (lim=0.5-5.0) ч, у ушанов ( $1.4 \pm 0.2$ ) (lim=0.5-3.0) ч.

**Таблица 1. Продолжительности компонентов спячки у 3 видов беличьих**

Показатель	Вид		
	<i>T. sibiricus</i>	<i>C. parryi</i>	<i>C. undulatus</i>
Продолжительность гипотермии, ч	3* ( $2278.33 \pm 142.75$ )	3 ( $2252 \pm 231.59$ )	8 ( $2389.56 \pm 55.39$ )
Продолжительность гетеротермии, ч	3 ( $142.83 \pm 11.83$ )	3 ( $95.5 \pm 11.18$ )	8 ( $140.56 \pm 21.69$ )
Макс. продолжительность гипотермии, ч	3 ( $212.33 \pm 23.8$ )	3 ( $430.0 \pm 18.5$ )	8 ( $392.7 \pm 13.17$ )
Макс. продолжительность гетеротермии, ч	3 ( $18.0 \pm 1.25$ )	3 ( $53.5 \pm 23.92$ )	( $29.25 \pm 9.29$ )
Гипотермия %	94.2	95.04	94.5
Гетеротермия %	5.8	4.96	5.5

\*- число животных.

**Таблица 2. Бюджет времени летучих мышей во время зимней спячки**

Вид	Фаза спячки				
	Пробуждение, ч/%	Активное состояние, ч/%	Залегание в спячку, ч/%	Гипотермия, ч/%	Время наблюдений, ч/%
<i>E. nilssoni</i>	<u>15</u> 0.42	<u>20.5</u> 0.58	<u>59</u> 1.67	<u>3436.5</u> 97.33	<u>3531.0</u> 100
<i>P. auritus</i>	<u>14</u> 0.59	<u>23</u> 0.97	<u>49</u> 2.07	<u>2282</u> 96.37	<u>2368</u> 100

О периодических пробуждениях летучих мышей во время зимней спячки известно с 50-х годов прошлого века. Продолжительность гипотермии у ушанов, зимующих в северной и средней части России, достигает 504 ч, у ночниц 672. У *Myotis myotis* продолжительность оцепенения определена в 984, у *Myotis lucifugus* 744, у *Eptesicus fuscus* 600, у *Rhinolophus hipposideros* – 432 ч (Hock, 1951; Pohl, 1961; Kulzer, 1965; Стрелков, 1965; French, 1985; Harmata, 1987; Thomas et al., 1990). В на-

ших наблюдениях, максимальные продолжительности оцепенений у *P. auritus* и *E. nilssoni* не превышали 225 и 428 час соответственно. Все зверьки, находившиеся в эксперименте, периодически пробуждались.

Ритмика зимней спячки у беличьих и рукокрылых имеет сходство и различия. Характер изменений продолжительности гипотермии у обеих групп видов сходен. У рукокрылых время пребывания в теплокровном состоянии 3-5 раз короче, чем у беличьих. Вероятно, это связано с размерами и массой тела.

У зимоспящих видов переживание зимнего морозного, бескоренного периода обеспечивается за счет механизмов, устанавливающих определенный ритм смены физиологического состояния животных: им свойственны продолжительные периоды гипотермии (94%-99% времени) с пониженным уровнем обмена веществ и минимальное время пребывания в нормотермии.

### **Список литературы**

- Ануфриев А.И. 2002. Динамика массы тела у сусликов (*Citellus undulatus*) в спячке // Экология. № 1. С. 73-76.
- Ануфриев А.И., Соломонова Т.Н., Архипов Г.Г. и др. 2003. Зимняя спячка летучих мышей (*Vespertilionidae*) на крайнем северо-востоке их ареала // ДАН. Т. 392. № 1. С. 1-3.
- Стрелков П.П. 1965. Зимовки летучих мышей (Chiroptera: Vespertilionidae) в средней и северной полосе Европейской части СССР. Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. Л., 20 с.
- French A.R. 1985. Allometries of the duration of torpid and euthermic intervals during mammalian hibernation: a test of the theory of metabolic control of the timing of changes in body temperature // J. Comp. Physiol. [B]. V. 156. P. 13-19.
- Harmata W. 1987. The frequency of winter sleeps interruptions in two species of bats hibernating in limestone tunnels // Acta. Theriol. V. 32. P. 331-332.
- Hock R.J. 1951. The metabolic rates and body temperatures of bats // Biol. Bull. V. 101. P. 289-299.
- Kulzer E. 1965. Temperaturregulation bei Fledermae usen ausverschiedenen klimazonen // Z. Vergl. Physiol. V. 50. P. 1-34.
- Pohl H. 1961. Temperaturregulation und Tagesperiodik des Sto.wechsels bei Winterschläfern // Z. Vergl. Physiol. V. 45. P. 109-153.
- Thomas D.W., Cloutier D., Gagne A. D. 1990. Arrhythmic breathing, apnea and N<sub>O</sub>-steady-state oxygen uptake in hibernating little brown bats (*Myotis lucifugus*) // J. Exp. Biol. V. 149. P. 395-406.

## **ЯВЛЕНИЕ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ В КРОВИ НОВОРОЖДЁННЫХ ЖИВОТНЫХ. II ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ИХ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ**

**Г.М. Ахмадиев**

*Елабужский государственный педагогический университет, 423630 г. Елабуга,  
e-mail: root@egpu.elabuga.tatarstan.ru*

В момент рождения возникают три острые проблемы, с которыми немедленно должен справиться новорожденный: 1) прекращение непрерывного притока весьма специфических источников питания; 2) физический и температурный стресс, приводящий к повышению концентрации катехоламинов и тиреоидных гормонов в циркулирующей крови; 3) различные степени гипоксии. Целью настоящей работы было изучение влияния различных стресс факторов на морфофизиологическое состояние новорожденных животных.

Для изучения морфологического состава крови новорожденных животных, использовали общепринятые методики (Кудрявцев, Кудрявцева, 1974). Стressчувствительность новорожденных животных устанавливалась путём постановки адреналиновой пробы с предварительным смешиванием периферической крови с 0.1%-ным раствором адреналина гидрохлорида и с 1%-ным водным раствором метилвиолета, а её исследование проводилось через 30, 60 и 120 минут путём подсчёта неразрушенных форм лейкоцитов в камере Горяева.

Для исследования были использованы клинически здоровые новорожденные ягнята. По результатам определения стрессчувствительности новорожденных животных сформировали 2 группы. В каждой группе было по 10 новорожденных животных. У новорожденных ягнят с низкой степенью стрессчувствительности (опытная), количество неразрушенных лейкоцитарных клеток спустя 30, 60 и 120 минут осталось соответственно в среднем 96.0; 88.5; 67.5; (полинуклиаров 98, 92, 63; мононуклиаров – 94, 85, 72). Новорожденные ягнята с высокой степенью стрессчувствительности (контрольная группа) уступали по количеству неразрушенных лейкоцитов своим сверстникам из опытной группы. Их количество в контрольной группе спустя 30, 60 и 120 минут составило в среднем 76.0; 58.5; 42.5 (полинуклиаров – 82.0; 79.0; 44.0; мононуклиаров 74.0; 65.0; 42.0).

Как известно, при стрессовых состояниях организма окончательное освобождение катехоламинов происходит в течение 1-3 часов. Количество адреналина в крови увеличивается уже в первые минуты после рождения в результате воздействия отрицательных стресс-факторов. По морфологическому составу крови ягнята опытной и контрольной групп отличались между собой по количеству эритроцитов, лейкоцитов и содержанию гемоглобина. Их количество было достоверно выше у животных опытной группы в 1, 2 и 3 месячном возрасте, чем у животных контрольной группы.

Результаты наших исследований показывают, что становление врождённого иммунитета происходит у животных в ранние периоды постнатального онтогенеза.

Впервые для жизни новорождённые животные чаще подвержены отрицательным стресс-факторам. Этот период рассматривается как время повышенного иммунологического риска в связи возможностью развития заболеваний различной этиологии.

Поэтому при действии отрицательных стресс факторов в крови и биологических секретах происходит исчезновение иммуноглобулинов различных классов: А, G, М в течение времени, недостаточного для нормальной функциональной деятельности. Это исчезновение обусловлено связыванием иммуноглобулинов эритроцитами, лейкоцитами крови в условиях повышения концентрации катехоламинов, экстремально-го ацидоза крови и повышения температуры тела.

### **Список литературы**

Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А. 1974. Клиническая гематология животных. М.: Колос, 399 с.

А.С. 1718826, СССР МКИ А 61 В 10/00. Способ определения стрессчувствительности новорожденных животных. Ахмадиев Г.М. Целиноградский СХИ . № 4762838/15-4615. Заявлено 22.11.89; Опубликовано Б.И., 1992. № 10.

Ахмадиев Г.М., Сафин М.А. 1994. Влияние стресс-факторов на резистентность организма новорожденных животных // Вопросы инфекционной патологии животных: Межвуз. сб. науч. тр. Казань: Изд-во КГВИ. С. 93-94.

## ВЛИЯНИЕ ТИМИЧЕСКИХ ПЕПТИДОВ НА СОДЕРЖАНИЕ РЯДА БИОГЕННЫХ АМИНОВ В ГИПОТАЛАМУСЕ

Х.С. Багиров

Институт физиологии, 1100 Азербайджан, г. Баку,  
e-mail: baghirov@azintex.com

Тималин, тимический иммуномодулятор первого поколения, представляет собой комплекс полипептидных фракций тимуса, содержащих регуляторные пептиды, секретируемые эпителиальными клетками тимуса (**ТЭК**). В число данных пептидов входят тимозины, тимопоэтины, сывороточный фактор тимуса (**СФТ** - биологически неактивный компонент), тимулин (комплекс **СФТ** с ионом  $Zn^{2+}$ ) и ряд регуляторных олигопептидов. Роль пептидов тимуса заключается прежде всего в регуляции как интра-, так и экстратимического развития Т-лимфоцитов. Кроме того, тимические пептиды принимают участие в регуляции активности целого ряда клеток иммунной системы (Brown et al., 1999). Продуцирование и секреция тимических пептидов, как и многие другие аспекты физиологии тимуса, регулируются нейроэндокринными механизмами, в частности, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системой (**ГГНС**). Согласно ряду исследований, влияние на синтез и секрецию тимических пептидов оказывают гормон роста (**ГР**), пролактин (**ПРЛ**), трийодтиронин (**T<sub>3</sub>**), тетрайодтиронин (**T<sub>4</sub>**), глюкокортикоиды, половые гормоны, а также ряд других продуктов **ГГНС** (Hadley et al., 1997; Kinoshita, Hato, 1998; Savino et al., 2003). На **ТЭК**-клетках были обнаружены рецепторы к **ГР** (Ban et al., 1991), **ПРЛ** (Dardenne et al., 1991), и ряду других гормонов **ГГНС**. Была выявлена зависимость взаимодействия гормонов **ГГНС** и тимических пептидов от возраста (Hannestad et al., 1997; Goya, Bolognani, 1999). Эти и ряд других исследований подтверждают наличие нейроэндокринной регуляции выделения пептидов тимуса со стороны **ГГНС**. Однако регулирование секреции тимических пептидов со стороны **ГГНС** не является однозначным. Ряд исследований свидетельствует о влиянии пептидов тимуса на выделение **АКТГ** (Hadley et al., 1997), **ГР** (Brown et al., 1999), гонадотропина (Brown et al., 2000), **ПРЛ** и тиротропина (Brown et al., 1998), а также половых гормонов. Было также выявлено влияние тимических пептидов на уровень цАМФ и цГМФ в клетках, секретирующих данные гормоны (Hadley et al., 1997). Кроме того, выявлена зависимость данной регуляции **ГГНС** со стороны тимических пептидов от возраста животных (Brown et al., 1998, 1999, 2000). Следует отметить, что в ряде различных исследований влияния пептидов тимуса на **ГГНС** получены противоречивые данные, что, по-видимому, вызвано различиями в дозе пептидов, возрасте животных, исследованиями *in vivo* и *in vitro*, возможными изменениями *post mortem* и рядом других экспериментальных условий. В целом, хотя наличие реципрокных связей между тимическими пептидами и **ГГНС** можно считать установленным, пути подобного взаимодействия, особенно механизмы регуляции активности **ГГНС** пептидами тимуса нуждаются в подробном изучении.

Целью исследования было выявление возможного участияmonoаминергических систем гипоталамуса в регуляции активности **ГГНС** со стороны тимических пептидов. С этой целью мы исследовали влияние тималина на содержание норадреналина (**НА**), дофамина (**ДА**) и 5-гидрокситриптамина (**5-ГТ**), а также 3,4-дигидроксифенилуксусной кислоты (**ДОФУК** - основного метаболита **ДА**) и 5-гидрокси-3-индолуксусной кислоты (**5-ОИУК** - основного метаболита **5-ГТ**). Были рассчитаны величины соотношений **ДОФУК/ДА** и **5-ОИУК/5-ГТ**, как показатели интенсивности обмена **ДА** и **5-ГТ**, имеющие значение при оценке **ДА**- и **5-ГТ**-эргической активности.

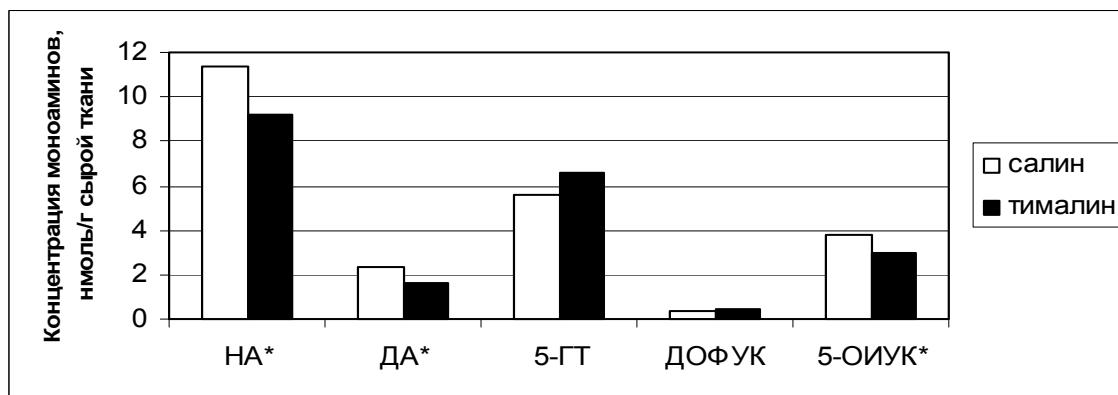
Исследование проводили на 3-х месячных беспородных белых крысах. Ввиду зависимости уровня биогенных моноаминов от цикла овуляции в исследовании ис-

пользовались крысы-самцы. Животные были разделены на экспериментальную и контрольную группы ( $n=6$  в обеих группах). Животные экспериментальной группы получали курс инъекций тималина в дозе 2.5 мг/100 г массы тела (в/м) ежедневно в течение 3-х дней. Животным контрольной группы вводили салин. Декапитация производилась через 45 минут после последней инъекции тималина. Головной мозг был незамедлительно отделен на льду. Структуры мозга были идентифицированы по атласу мозга крыс (Paxinos, Watson, 1998). После отделения, гипоталамус был взвешен и гомогенизирован с добавлением 0.1  $\mu\text{M}$  раствора N-изопропиладреналина в 2 мл 0.1 M раствора хлорной кислоты. Если гомогенаты не использовались немедленно для центрифугирования с последующими фильтрацией, дериватизацией и хроматографическим анализом, то они хранились в пробирках янтарного цвета в морозильной камере. Гомогенаты были далее отцентрифужированы при 17500 g в течение 20 минут. Надосадочная жидкость была пропущена через фильтровальную мембрану (Sartorius, 0.45  $\mu\text{m}$ ). Содержание норадреналина, дофамина, 5-гидрокситриптамина, 3,4-дигидроксифенилуксусной кислоты и 5-гидрокси-3-индолуксусной кислоты определяли по незначительно модифицированному методу (Fujino et al., 2003). Хроматографическое разделение и флуорометрическая детекция проводились на хроматографе ХЖ 1311 (колонка C<sub>18</sub> силикагель, обратно-фазовая, 150 мм x 1.0 мм i.d., размер частиц 5  $\mu\text{m}$ ), в пределах самого большее 48 часов после гомогенизации. Концентрацииmonoаминов были выражены в нмоль/г сырой ткани. Результаты исследования были статистически обработаны непараметрическим U-тестом Манна-Уитни с использованием программного пакета SPSS v.12.0 for Windows (SPSS Inc.) и представлены как  $M \pm S.D.$

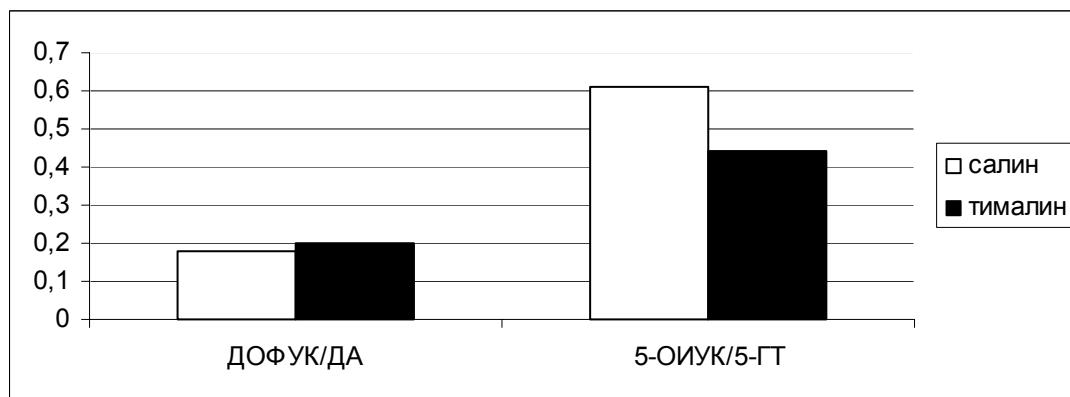
На рис. 1 указаны уровни катехоламинов **НА**, **ДА** и **ДОФУК** и индоламинов **5-ГТ** и **5-ОИУК** в гипоталамусе мозга крыс контрольной и экспериментальной групп. Установлено, что курс инъекций тималина в дозе 2.5 мг/100 г массы тела (в/м) в течение 3 дней приводит определенному снижению уровня **ДА** в гипоталамусе крыс экспериментальной группы ( $P<0.05$ ). Также наблюдалось снижение уровня **НА** ( $P<0.05$ ). Изменения в содержании **ДОФУК**, основного метаболита **ДА**, были недостоверными. Некоторое увеличение содержания **5-ГТ** не достигало статистической значимости ( $0.05 < P < 0.07$ ). Уровень основного метаболита **5-ГТ**, **5-ОИУК**, был достоверно снижен ( $P<0.05$ ). Представленные на рис. 1 величины являются средними значениями; значения  $M \pm S.D.$  для концентраций monoаминов и их метаболитов в контрольной группе составили 11.35±1.66 (**НА**), 2.34±0.46 (**ДА**), 5.61±0.73 (**5-ГТ**), 0.36±0.11 (**ДОФУК**), 3.81±0.68 (**5-ОИУК**). В экспериментальной группе эти значения составили 9.22±1.29 (**НА**) ( $P<0.05$ ), 1.65±0.38 (**ДА**) ( $P<0.05$ ), 6.57±0.80 (**5-ГТ**) ( $P<0.07$ ), 0.39±0.12 (**ДОФУК**), 2.94±0.56 (**5-ОИУК**) ( $P<0.05$ ) соответственно. На рис. 2 представлены величины соотношений **ДОФУК/ДА** и **5-ОИУК/5-ГТ** в гипоталамусе крыс контрольной и экспериментальной групп. Показано, что после курса инъекций тималина в дозе 2.5 мг/100 г массы тела (в/м) у крыс экспериментальной группы соотношение **ДОФУК/ДА** было повышенено, а соотношение **5-ОИУК/5-ГТ**, напротив, снижено по сравнению с контрольной группой. Представленные на рис. 2 величины являются средними значениями; значения  $M \pm S.D.$  для соотношений **ДОФУК/ДА** и **5-ОИУК/5-ГТ** в контрольной группе составили 0.18±0.03 и 0.61±0.13, а в экспериментальной группе – 0.22±0.03 и 0.44±0.08 соответственно.

Полученные результаты позволяют предположить, что в механизме регуляции **ГГНС** пептидами тимуса принимают участие monoаминергические системы гипоталамуса. Увеличение соотношения **ДОФУК/ДА** может свидетельствовать о стимулировании выброса **ДА**, т.е. о стимуляции тубероинфундибулярного дофаминергического пути (**ТИДА**). Учитывая ингибирующее действие **ДА** на секрецию **ПРЛ** в гипофизе, а также установленное влияние **ПРЛ** на синтез и секрецию тимических пептидов **ТЭК** (см. выше) можно предположить, что стимулирование **ТИДА** под действием тималина

является частью реципрокного механизма, регулирующего выделение пептидов тимуса. Неоднозначность результатов исследований, посвященных влиянию ПРЛ на секрецию пептидов тимуса ТЭК не дает возможности предполагать, является ли данная обратная связь положительной или отрицательной. Изменение содержания НА под влиянием пептидов тимуса может указывать на стимуляцию выделения норадреналина в гипоталамусе, что, учитывая роль НА в регуляции секреции кортикотропин-рилизинг-фактора в гипоталамусе (Dunn et al., 2004), может свидетельствовать о норадренергическом опосредовании ГГНС-стимулирующего эффекта ряда пептидов тимуса. Снижение соотношения 5-ОИУК/5-ГТ указывающее на возможное снижение выброса 5-ГТ в гипоталамусе, позволяет предполагать, что 5-ГТ-эргическая система гипоталамуса также принимает участие в механизме влияния тимических пептидов на ГГНС, однако взаимодействие 5-ГТ-эргической системы гипоталамуса и ГГНС является слишком многосторонним (Andrews, Matthews, 2004) для точной оценки роли 5-ГТ в подобном взаимодействии.



**Рис. 1. Влияние тималина на содержание рядаmonoаминов и их основных метаболитов в гипоталамусе.** НА – норадреналин, ДА – дофамин, ДОФУК – 3,4-дигидроксифенилуксусная кислота, 5-ГТ – 5-гидрокситриптиamin, 5-ОИУК – 5-гидрокси-3-индолуксусная кислота. Концентрации monoаминов и их метаболитов выражены в нмоль/г сырой ткани. В таблице представлены средние значения; значения  $M \pm S.D.$  см. в тексте. \* -  $P < 0.05$ .



**Рис. 2. Влияние тималина на соотношения ДОФУК/ДА и 5-ОИУК/5-ГТ в гипоталамусе.** ДА – дофамин, ДОФУК – 3,4-дигидроксифенилуксусная кислота, 5-ГТ – 5-гидрокситриптиamin, 5-ОИУК – 5-гидрокси-3-индолуксусная кислота. В таблице представлены средние значения величин соотношений ДОФУК/ДА и 5-ОИУК/5-ГТ. Значения  $M \pm S.D.$  см. в тексте.

На основании полученных нами данных, мы можем предположить, что в изменении функциональной активности ГГНС под влиянием тималина принимает участие моноаминергические системы гипоталамуса. Дальнейшие исследования необходимы для выявления того, является ли изменение содержания моноаминов гипоталамуса основным эффектом тималина, запускающим каскад реакций выделения гормонов гипоталамуса и гипофиза или же, наоборот, следствием первичной активации ГГНС.

### **Список литературы**

- Andrews M., Matthews S. 2004. Programming of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis: serotonergic involvement // Stress. V. 7. P. 15-27.
- Ban E., Gagnerault M., Jammes H. et al. 1991. Specific binding sites for growth hormone in cultured mouse thymic epithelial cells // Life Sci. V. 48. P. 230-240.
- Brown O., Sosa Y., Bolognani F. et al. Thymulin stimulates prolactin and thyrotropin release in an age-related manner // Mech. Age Dev. 1998. V. 104. P. 249–262.
- Brown O., Sosa Y., Dardenne M. et al. 1999. Growth hormone-releasing activity of thymulin on pituitary somatotropes is age dependent // Neuroendocrinology. V. 69. P. 20–27. – 2000. Studies on the gonadotropin-releasing activity of thymulin: changes with age // J. Gerontol. (Biol Sci). V. 55. P. 170–176.
- Dardenne M., Kelly P., Bach J. et al. 1991. Identification and functional activity of Prl receptors in thymic epithelial cells // Proc. Nat. Acad. Sci. V. 88. P. 9700-9704.
- Dunn A., Swiergiel A., Palamarchouk V. 2004. Brain circuits involved in corticotropin-releasing factor-norepinephrine interactions during stress // Ann. NY Acad. Sci. V. 1018. P.25-34.
- Fujino K., Yoshitake T., Kehr J. et al. 2003. Simultaneous determination of 5-hydroxyindoles and catechols by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection following derivatization with benzylamine and 1,2-diphenylethylenediamine // J. Chromatogr. A. V. 1012. P. 169-177.
- Goya R., Bolognani F. 1999. Homeostasis, thymic hormones and aging // Gerontology. V. 45. P. 174-178.
- Hadley A., Rantle C., Buckingham J. 1997. Thymulin stimulates corticotrophin release and cyclic nucleotide formation in the rat anterior pituitary gland // Neuroimmunomodulation. V. 4. P. 62–69.
- Hannestad J., Monjil D., Diaz-Esnal B. et al. 2004. Age-dependent changes in the nervous and endocrine control of the thymus // Microsc. Res. Tech. V. 63. P. 94-101.
- Kinoshita Y., Hato F. 2001. Cellular and molecular interactions of thymus with endocrine organs and nervous system // Cell. Mol. Biol. V. 47. P. 103-117.
- Paxinos G., Watson C. 1998. The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates, Fourth Edition. San Diego.
- Savino W., Smaniotto S., Binart N. et al. 2003. In vivo effects of growth hormone on thymic cells // Ann. NY Acad. Sci. V. 992. P. 179-185.

### **К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНОИДОВ В ТКАНЯХ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ ОТ ИХ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**П.В. Бедова**

*Марийский государственный университет, 424002 г. Йошкар-Ола,  
e-mail: bedova@marsu.ru*

Взаимоотношение видов моллюсков со средой обитания, динамика их популяций, и в конечном итоге самоформирование биоценоза загрязненных вод определяется в значительной степени наличием в клетках моллюсков системы окислительного

обмена, важнейшим элементом которой являются каротиноиды. На основе представления об участии каротиноидов в окислительном обмене клеток животных оказалось возможным прогнозировать устойчивость различных видов моллюсков к загрязнению среды их обитания.

Материалом наших исследований, проведенных в лаборатории кафедры зоологии и прикладной экологии, служили 12 видов пресноводных моллюсков, имеющих различную морфо-функциональную организацию. Моллюски отлавливались в относительно чистом водоеме и адаптировались к условиям лаборатории. Определение удельной концентрации каротиноидов (**Суд**) проводилось по методике В.Н. Карнаухова (1978).

Результаты наших исследований позволяют сделать вывод о том, что виды, органами дыхания которых являются жабры (*Crassiana crassa*, *Unio pictorum*, *Sphaerium corneum*, *Anodonta cygnea*, *Dreissena polymorpha*, *Viviparus viviparus*, *V. contectus*, *Bithynia tentaculata*) имеют меньшее содержание каротиноидов в тканях по сравнению с легочными моллюсками (*Lymnaea stagnalis*, *L. auricularia*, *Physa fontinalis*, *Planorbarius cornutus*) имеющими так называемое «легкое». Разница статистически достоверна.

Среди представленных 5 видов пластинчатожаберных моллюсков минимальная концентрация каротиноидов наблюдается у *C. crassa*, предпоглащающей чистые быстро текущие водоемы, а максимальная у *A. cygnea*. Среди 7 видов брюхоногих моллюсков наименьшая концентрация каротиноидов регистрируется у *V. contectus* из подкласса Prosobranchia, а наибольшая у *L. auricularia* из подкласса Pulmonata. Внутри семейства Viviparidae значение концентрации каротиноидов значительно не отличается друг от друга. Внутри семейства Lymnaeidae наблюдается варьирование **Суд** каротиноидов от 1.32 мг/100 г сырого веса у *L. stagnalis* до 2.26 мг/100 г сырого веса у *L. auricularia*.

Таким образом, при использовании **Суд** каротиноидов в качестве биохимического показателя загрязнения окружающей среды необходимо учитывать, что **Суд** каротиноидов различается у представителей различных систематических групп моллюсков. Поэтому при проведении биоиндикационных исследований необходимо брать особей одного вида. Для контроля брать экземпляры, обитающие в чистых водоемах и в исследуемой на загрязнение акватории.

## **ДИНАМИКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕГОЛЕТКОВ ЛЕНСКОГО ОСЕТРА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Е.Н. Бекина, И.В. Нефёдова

*ФГУП «ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства», 141821 Московская область,  
пос. Рыбное, e-mail: vniprh@mail.ru*

Ленский осетр, как объект товарного выращивания получает все большее распространение в рыбоводстве. Высокая адаптационная пластичность, повышенная скорость роста в более благоприятных температурных условиях позволяют использовать его в индустриальных тепловодных хозяйствах.

Целью исследований является определение физиологических показателей сеголетков ленского осетра, выращиваемых в условиях тепловодного хозяйства и использование этих показателей для контроля за ходом производственных процессов и для его совершенствования. Исследования проводились на базе Конаковского тепловодного хозяйства.

Проведен комплекс физиолого-биохимических исследований. Изучена сезонная динамика гематологических и биохимических показателей ленского осетра с целью определения его качества на основных этапах производственного цикла. Полученные данные позволяют выявить видовые особенности молоди ленского осетра, выращиваемого в условиях индустриального тепловодного хозяйства. Исследования проводились в период с 2001 по 2004 гг. Приведенные показатели и тенденции рассматриваются на основе обобщения результатов анализа за 4 года.

В первой половине сезона выращивания отмечается рост основных исследованных показателей, закономерно связанный с весовым ростом рыбы. Однако ежегодно к середине сезона (июль) отмечается нарушение естественной динамики показателей - снижение концентрации общего белка и гемоглобина в крови, которое совпадает с повышением температуру в бассейнах до значений, выходящих за пределы благоприятной (выше 26<sup>0</sup>C) (табл. 1).

**Таблица 1. Физиолого-биохимические показатели сеголетков ленского осетра на основных этапах производственного цикла**

Показатели	Дата анализа	
	июнь	июль
Масса, г	112±10	101±1
Гемоглобин, г/100	5.3±0.2	4.8±0.2
Гематокрит, %	21±1.0	22±1.0
Общий белок плазмы, %	2.19±0.2	1.81±0.2

Сеголетки ленского осетра в условиях применяемой в хозяйстве технологии выращивания достигают в конце сезона средней массы от 200 до 300 г, при этом концентрация гемоглобина в крови составляет 6.8-7.1 г/100 мл крови, концентрация общего белка в плазме - от 3.22 до 4.14%, показатель гематокрита - от 22 до 26%, содержание гликогена в печени – 6.0-6.5%.

Заслуживает внимания тот факт, что более высокой средней массе сеголетков соответствует и более высокие показатели концентрации сухого вещества и жира в мышцах, белка в мышцах и плазме крови по сравнению с менее благоприятным сезоном 2001 г. (табл. 2).

**Таблица 2. Физиолого-биохимические показатели сеголетков ленского осетра в конце сезона выращивания**

Сезон выращивания	Средняя масса, г	Гемоглобин, г/100 мл	Гематокрит, %	Общий белок, %	Общий химический состав мышц, %			
					влага	белок	жир	зола
2001	178±29	6.8±0.5	26 ±4.0	3.2±0.4	78.0	11.3	3.4	2.3
2004	290±50	6.7±0.4	20 ±1.8	4.1±0.2	76.7	17.2	5.1	1.02

С учетом этих обстоятельств можно сделать вывод, что физиолого-биохимические показатели сеголетков ленского осетра в сезоне 2004 г. можно рассматривать как показатели хозяйственной нормы.

АДАПТИВНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПРИОБРЕТЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЛИНИЯХ  
*MUSCA DOMESTICA L.* ПРИ СЕЛЕКЦИИ ФАКТОРАМИ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ

Г.В. Беньковская, М.П. Соколянская, А.Г. Николенко

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН,  
450054 г. Уфа, e-mail: bengal2@yandex.ru

Процесс адаптационной изменчивости, постоянно протекающий в популяциях живых организмов, вносит весомый вклад в эволюционные преобразования этих организмов, и так как эволюция – процесс, до сих пор окончательно не познанный, то исследования закономерностей адаптациогенеза не теряют своей актуальности.

Мы в своей работе предприняли попытку оценить адаптивную значимость устойчивости, формирующейся в результате воздействия на личинок комнатной мухи факторов различной природы: битоксибациллином (**БТБ**), высокой и низкой температурами.

Лабораторные линии комнатной мухи селектировали из исходной чувствительной линии Cooper (линия S), полученной из ВНИИХСЗР, в течение 25-ти поколений. Для формирования резистентности к битоксибациллину (линия R<sub>B</sub>) в корм для личинок (пшеничные отруби) добавляли **БТБ** в концентрации от 0.01% в F<sub>1</sub> до 0.17% в F<sub>25</sub>. Для формирования резистентности к высокой температуре (линия R<sub>H</sub>) стаканчики с личинками и кормом помещали в термостат на 30 мин при температурах от 35°C в F<sub>1</sub> до 64°C в F<sub>25</sub>. Для формирования резистентности к низким температурам (линия R<sub>C</sub>) стаканчики с кормом и личинками помещали в криостат на 30 мин при температурах от +15°C в F<sub>1</sub> до -6°C в F<sub>25</sub>.

В 25-м поколении мы сопоставили биотические показатели для исходной и всех селектируемых линий: длительность жизни имаго, выживаемость на преимагинальных стадиях развития, величины среднего веса пупариев.

Жизнеспособность в каждой линии определяется как выживаемостью в ходе онтогенеза, так и продолжительностью жизни на стадии имаго. Если в природных популяциях насекомых до стадии имаго доживает в среднем не более 10% от количества отложенных яиц, то в лабораторной культуре как правило эта величина выше, и по нашим наблюдениям в течение ряда лет для комнатной мухи составляет 20-30% от количества яиц. Именно этот показатель в наших модельных линиях наглядно демонстрирует цену, которой в каждом случае стоило приобретение устойчивости к стрессогенному фактору (табл.).

**Таблица. Выживаемость на разных стадиях онтогенеза в 25-м поколении лабораторных линий *Musca domestica L.***

Линия	Продолжительность жизни имаго, сутки (коэффициент вариации, %)	Выживаемость, % (коэффициент вариации, %)			Средний вес 1 пупария, мг
		На всей преимагинальной стадии	На стадии личинки	На стадии пупария	
S	55 (10.2)	20.35 (90.17)	25.7 (79.4)	60.75 (38.27)	6.95±0.05
R <sub>H</sub>	68 (18.5)*	5.57 (44.38)*	11.2 (89.19)	54.7 (15.63)	7.8±0.4*
R <sub>C</sub>	43 (9.0)*	24.07 (61.19)	28.8 (48.96)	90.33* (8.17)	6.6±0.5
R <sub>B</sub>	79 (16.3)*	28.7 (76.6)	35.85 (67.36)	70.75* (19.36)	11.5±0.75*

*Примечание:* \* - достоверное отличие от S-линии, P>95 %.

Продление жизни имаго очевидно для линий  $R_H$  и  $R_B$ , тогда как длительность жизни имаго линии  $R_C$  заметно сокращена. Тем не менее, однозначно судить о повышении либо понижении адаптированности в линии только по этому показателю нельзя. Сопоставление этих данных с оценкой выживаемости на преимагинальных стадиях развития показало, что в линии  $R_H$  выживаемость на всех преимагинальных стадиях резко снижена, тогда как в линиях  $R_C$  и  $R_B$  она выше, чем в исходной. Особое внимание следует уделить разбросу данных в каждой линии, определяемому по величине коэффициента вариации. Продолжительность жизни имаго в каждой линии колеблется в допустимых пределах, а разброс данных по выживаемости очень велик. Как видно, на стадии пупария разброс данных по выживаемости для каждой линии минимален; выше всего эта величина для S-линии. По всей видимости, этот эффект можно считать проявлением стабилизирующего действия отбора, проходящего в линиях под давлением стрессогенных факторов. Одновременно все представленные в графе «выживаемость» таблицы данные подтверждают адаптивный характер изменений в линиях  $R_C$  и  $R_B$  и подчеркивают тот факт, что за несомненный рост устойчивости к действию стрессора в линии  $R_H$  этой группе приходится расплачиваться очень высокой ценой – снижением жизнеспособности развивающихся особей.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что приобретенная в ходе 25 поколений селекции устойчивость к воздействию различных стрессогенных факторов в линиях, производных от одной исходной, не всегда совпадает с повышением адаптивного потенциала данной линии как популяции.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ПРИ ОЦЕНКЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ (НА ПРИМЕРЕ PERCIFORMES, CYPRINIFORMES)**

Н.А. Блащеница

*Тюменский государственный университет, 625043 г. Тюмень,  
e-mail: BlaschNA@mail.ru*

Стабильность развития (гомеостаз) характеризует способность организма поддерживать траекторию развития в определенных границах и является чувствительным индикатором состояния природных популяций. Наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия, представляющая собой мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния и являющаяся следствием зависимости онтогенетических процессов от внешних и внутренних факторов.

Объектом исследований явились выборки карасей из озера Кабанье и озера Магат. У рыб изучен ряд пластических и меристических признаков. Стабильность развития оценивалась по асимметрии 9 билатеральных морфологических признаков (число лучей в грудных плавниках, число лучей в брюшных плавниках, число жаберных тычинок на первой жаберной дуге, число глоточных зубов, число чешуй в боковой линии, количество отверстий надглазничного канала на лобных костях, количество отверстий надглазничного канала на теменных костях, количество отверстий канала затылочной комиссуры на теменных костях, число отверстий преоперкулярного канала на предкрышках).

Проведенные исследования выявили разную реакцию двух видов карасей на состояние окружающей среды. Средние значения признаков распределились в преде-

лах нормы. Величина флюктуирующей асимметрии по каждому признаку оценивалась по дисперсии абсолютного различия между сторонами.

Величина дисперсии асимметрии оказалась достоверно выше у серебряных карасей из озера Кабанье по количеству лучей в грудных и брюшных плавниках. По числу жаберных тычинок на первой жаберной дуге и по числу отверстий надглазничного канала на лобных костях показатели выше у серебряных карасей из озера Магат. Анализ дисперсии флюктуирующей асимметрии золотых карасей выявил иную закономерность. По числу отверстий надглазничного канала на теменных костях и по количеству отверстий преоперкулярного канала на предкрышках преимущество у золотых карасей из озера Магат. Максимальные значения дисперсии отмечаются для числа лучей в грудных плавниках, а минимальные для числа лучей в брюшных плавниках. Величина основного интегрального показателя стабильности развития – средней частоты асимметричного проявления на признак достоверно не отличается во всех выборках. У золотых карасей среднее число случаев асимметрии на одну особь больше, чем у серебряных карасей в обоих исследуемых водоёмах. Сравнение выборок карасей по средней величине асимметрии на признак достоверных различий не показало.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖАБЕРНОГО АППАРАТА *PACHYGRAPSUS MARMORATUS* (FABRICIUS, 1793) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Л.В. Бондаренко, О.И. Оскольская

*Институт биологии южных морей НАН Украины,  
99011 Украина, г. Севастополь, e-mail: osk@ibss.iuf.net*

Способность к адаптационным изменениям в строении и функционировании различных организмов и организменных структур является необходимым условием развития органического мира. В качестве такой организменной структуры можно рассматривать наиболее чувствительную к изменениям среды обитания дыхательную систему, эволюция которой шла по пути увеличения адсорбционной поверхности органов дыхания.

Цель настоящей работы заключается в сравнительном анализе морфофизиологических параметров жаберного аппарата одного из представителей Decapoda *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1793) из различных по экологическому состоянию районов Черного моря.

Сбор проб осуществляли в 2004 году в акватории Западного Крыма: бухты Казачья, Круглая, район мысов Толстый и Айя. В бухте Казачья были выделены 3 участка (выход, середина и кутовая часть), различающихся по содержанию растворенного органического вещества (**POB**) и бактериопланктона в морской воде. Для исследования использовали *P. marmoratus* с длиной панциря 20-25 мм. Предметом изучения служили плевробранхии краба, расположенные на боковой стенке тела под бранхиальной областью карапакса.

Для получения габитуальных показателей крабов использовали штангенциркуль, с помощью которого находили длину ( $L_{\text{кар}}$ ) и ширину ( $H_{\text{кар}}$ ) карапакса. Взвешивание производили на весах ВЛР-200. О состоянии жаберного аппарата животных судили по комплексу важнейших морфофизиологических характеристик: показателям

удельной ( $S/W$ ) и приведенной удельной поверхности ( $S_o$ ), уровню АТФазной активности (A). Морфологическими показателями жабр служили длина осевого стержня ( $L_c$ ), длина филамента ( $L_\phi$ ), его высота ( $H_\phi$ ), ширина ( $T_\phi$ ) и количество филаментов на единицу длины осевого стержня (n), определяемые с помощью бинокуляра с применением окулярной линейки. Исходя из того, что форма жаберного филамента *P. marmoratus* приближена к пирамидальной, рассчитывали площадь филамента ( $S_\phi$ ) и его объем ( $W_\phi$ ) по стандартным формулам. Вычислив общую площадь (S) и объем (W) жабр, находили их удельную поверхность ( $S/W$ ), а также приведенную удельную поверхность ( $S_o$ ), характеризующую степень развития жаберной поверхности организмов по формуле:  $S_o = \sqrt{S} / \sqrt[3]{W}$  (Алеев, 1986). АТФазную активность жаберных тканей ракообразных рассчитывали по количеству фосфора, отщепляемого АТФазой за единицу времени от АТФ. Расчет производили на единицу белка (Полевой, Максимов, 1978). Статистическую обработку полученных данных производили стандартными методами.

В процессе изучения морфофизиологических характеристик жаберного аппарата *P. marmoratus* из различных районов бухты Казачья (кутовая часть бухты, ее середина и выход из бухты) была выявлена прямая зависимость показателей массы жабр ( $r=0.98$ ), их площади ( $r=0.96$ ), объема ( $r=0.98$ ) и длины филаментов ( $r=0.87$ ) от количества РОВ и бактериопланктона в морской воде. Масса тела крабов и их жабр в 1.3 раза выше у организмов, обитающих в кутовой части бухты ( $t_s=5.0$ ). Достоверны и различия по общей длине филаментов ( $t_s=3.9$ ). Увеличение площади жабр у *P. marmoratus* из кутовой части бухты можно объяснить созданием зон гипоксии в этом районе, так как кислород интенсивно расходуется на окисление органического вещества, которого в кутовой части б. Казачья больше, чем в районе выхода из нее (Овсяный и др., 2000; Чепыженко, Оскольская, 2004). Ранее было высказано предположение, что увеличение площади жабр у черноморских митилид с глубиной может быть связано с понижением концентрации растворенного в воде кислорода (Заика и др., 1990). Кроме того, у глубоководных крабов общая поверхность жабр в 2.5-3.0 раза выше, чем у литоральных форм и в 4.0-5.0 раз превышает этот показатель у наземных видов (Проссер, 1977).

С ростом значений РОВ удельная поверхность жаберного аппарата ( $S/W$ ) у организмов исследуемой размерной группы уменьшается ( $r=-0.91$ ), что приводит к снижению интенсивности дыхания. Ранее показано (Алеев, 1986), что в связи с необходимостью предотвращения снижения значений  $S/W$  у адсорбтивных организмов начинается быстрое прогрессивное развитие поверхности тела, что находит выражение в росте величин приведенной удельной поверхности. Этот показатель мы используем также для характеристики степени развития жаберного аппарата животных. Снижение газообменных процессов компенсируется ростом площади (в 1.2 раза) и объема (в 1.3 раза) жабр. Также отмечена тенденция незначительного роста показателя их приведенной удельной поверхности ( $S_o$ ) у крабов из кутовой части бухты ( $r=0.76$ ). Аналогичные тенденции наблюдаются у черноморских моллюсков. Развитие жабр моллюсков в кутовых частях бухт с худшими по сравнению с выходами из бухт гидрологическими и гидрохимическими показателями происходит таким образом, что снижение физиологико-биохимических характеристик компенсируется повышением степени рассеченности жабр, что находит отражение в увеличении приведенной удельной поверхности. Показано, что дыхательный аппарат *Mytilus galloprovincialis* отвечает на изменения состояния среды обитания увеличением его приведенной удельной поверхности ( $S_o$ ) (Оскольская и др., 1999; Нестерова и др., 2003).

Сравнительный анализ полученных морфометрических показателей жаберного аппарата *P. marmoratus* из шести районов акватории Западного Крыма позволяет предположить, что состояние среды в акватории б. Круглая аналогична токовому в кутовой части б. Казачья. Площадь и объем жабр у представителей этих районов в 1.3 раза, чем у особей обитающих в районе мысов Айя и Толстый и выхода из б. Казачья. Показатели же удельной и приведенной удельной поверхности различаются незначительно (табл. 1).

Отмечено, что уровень энергетических процессов в жаберной ткани крабов, определяемый показателем АТФазной активности, снижается в 5.3 раза в связи с ростом РОВ и бактериопланктона в морской воде (табл. 2).

Известно, что АТФазная активность жабр находится в обратной зависимости и от уровня осадка в воде (Бондаренко, Оскольская, 2004). Выявлена положительная корреляционная связь между показателями АТФазной активности и удельной поверхностью жабр ( $r=0.84$ ) и отрицательная между выше названным показателем и приведенной удельной поверхностью. Аналогичные процессы наблюдали у некоторых представителей фито- и зообентоса (Оскольская, 1992; Оскольская и др., 1999). Анализируя данные уровня АТФазной активности жаберной ткани крабов из исследуемых районов можно также предположить, что состояние среды в акватории б. Круглая аналогична токовому в кутовой части б. Казачья. Показатель АТФазной активности жабр у представителей этих районов в 5 раз ниже, чем у особей обитающих в районе мысов Айя и Толстый и выхода из б. Казачья, что статистически достоверно ( $t_s=4.7$ ).

**Таблица 1. Морфометрические показатели жабр *P. marmoratus* из разных районов акватории б. Казачья, Круглая, мысов Толстый и Айя**

Район	$H_\phi$	$L_{oc}$	S	W	$m_{ж}$
б.Казачья (выход)	$0.93 \pm 0.06$	$8.12 \pm 0.49$	$717.5 \pm 59.5$	$13.3 \pm 1.8$	$0.19 \pm 0.01$
б.Казачья (середина)	$0.97 \pm 0.01$	$7.6 \pm 0.3$	$730.3 \pm 46.2$	$14.0 \pm 0.9$	$0.20 \pm 0.01$
б.Казачья (кут)	$1.05 \pm 0.09$	$8.3 \pm 1.08$	$888.8 \pm 193.9$	$17.5 \pm 4.5$	$0.23 \pm 0.04$
б. Круглая	$0.94 \pm 0.05$	$8.9 \pm 0.95$	$838.8 \pm 156.0$	$15.5 \pm 2.5$	$0.22 \pm 0.03$
м. Толстый	$0.95 \pm 0.05$	$7.5 \pm 0.6$	$630.7 \pm 136.8$	$11.3 \pm 2.9$	$0.17 \pm 0.01$
м. Айя	$0.91 \pm 0.07$	$7.9 \pm 0.8$	$717.4 \pm 162.8$	$13.4 \pm 3.3$	$0.20 \pm 0.01$

**Таблица 2. Морфофизиологические показатели жабр *P. marmoratus* из разных районов акватории б. Казачья, Круглая, мысов Толстый и Айя**

Район	S/W	So	A (мкг Р/г белка мин)
б. Казачья (выход)	$54.5 \pm 3.6$	$11.3 \pm 0.3$	$0.32 \pm 0.01$
б. Казачья (середина)	$52.3 \pm 0.2$	$11.2 \pm 0.1$	$0.26 \pm 0.03$
б. Казачья (кут)	$51.5 \pm 1.9$	$11.5 \pm 0.3$	$0.06 \pm 0.01$
б. Круглая	$52.1 \pm 2.1$	$11.6 \pm 0.5$	$0.04 \pm 0.01$
м. Толстый	$56.6 \pm 3.1$	$11.3 \pm 0.2$	$0.24 \pm 0.02$
м. Айя	$54.0 \pm 2.9$	$11.2 \pm 0.4$	$0.30 \pm 0.01$

Таким образом, выявлена прямая зависимость морфометрических параметров жаберного аппарата *P. marmoratus* от таких показателей среды обитания, как растворенное органическое вещество и содержание бактериопланктона. Данные, указывающие на степень развития жаберного аппарата ( $S_o$ ,  $H$ ) изменяются незначительно. Достоверность отличий уровня АТФазной активности жаберной ткани крабов из различных по экологическому состоянию районов Западного Крыма позволяет использовать этот показатель для оценки качества среды обитания.

**Список литературы**

- Алеев Ю.Г. 1986. Экоморфология. Киев: Наук. думка, 424 с.
- Заика В.Е., Валовая Н.А., Повчун А.С., Ревков Н.К. 1990. Митидиды Черного моря. Киев: Наук. думка, 208 с.
- Бондаренко Л.В., Оскольская О.И. 2004. Морфофизиологические характеристики некоторых представителей Decapoda акватории Карадага // Сб. науч. трудов. Симферополь: СОННАТ. Кн. 2. С. 166-173.
- Нестерова Р.А., Оскольская О.И., Тимофеев В.А. 2003. Индикаторные свойства *Chamelea gallina* (Bivalvia, Veneridae) и некоторых других компонентов морских экосистем // Вісник Дніпропетровського університету. Вип. 11. С. 38-42.
- Овсяный Е.И., Репетин Л.Н., Романов А.С. 2000. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты в условиях антропогенного воздействия // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь. С. 79-103.
- Оскольская О.И. 1992. Степень развития жаберной поверхности двустворчатых моллюсков как индикатор среды обитания // Тез. совещания. Москва. С. 106-108.
- Оскольская О.И., Тимофеев В.А., Бондаренко Л.В. 1999. Влияние загрязнения шельфовой зоны Чёрного моря на морфофизиологические характеристики мидии *Mytilus gallo-provincialis* // Экология моря. Вып.49. С.84-89.
- Полевой В.В., Максимов Г.Б. 1978. Методы биохимического анализа растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 192 с.
- Прессер Л.С. 1977. Кислород, дыхание и метаболизм // Сравнительная физиология животных. Т. 1. М.: Мир. С. 349-429.
- Чепыженко В.И., Оскольская О.И. 2004. Морфо-физиологический отклик представителей макрофитобентоса на параметры среды обитания // Экология: проблемы, решения – молодежное видение. Севастополь. С. 39-47.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ КРОВИ УБОЙНЫХ СВИНЕЙ**

Е.Ю. Бояркина, Р.Е. Киселева, З.Г. Шляпникова, Н.В. Семибратьева, Е.В. Романова  
*Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск*

Отъем – всегда наиболее критический период в свиноводстве. В этот период закладываются основы для будущего роста. Проблемы, с которыми сталкивается большинство производителей, - это низкое потребление корма, низкий уровень роста. Этиологическими факторами данных проблем являются недоразвитие пищеварительного тракта поросят в отъемном возрасте, низкая иммунологическая зрелость, изменение диет (с молока на корм) и, в итоге, усиление стресса, так как поросята отнимаются от свиноматки.

При отъеме изменение рациона очень важно, так как поросята подвержены смене диеты с молочного типа кормления на смешанный с существенной разницей в химическом составе. Для сохранения поголовья молодняка разработана биодобавка, содержащая полноценные белки из форменных элементов крови убойных свиней.

Кровь убойных животных представляет собой ценное белоксодержащее сырье для производства разнообразных видов продукции, имеющей широкий спектр использования. Главным направлением переработки данного сырья является производство пищевой и кормовой продукции (Файвишевский, 1993). Поэтому целью нашей работы явилось исследование качественных показателей крови убойных свиней и получение из нее биопродуктов.

Кровь свиней отбирали на Саранском пищекомбинате в момент забоя животных в количестве 1.5 л. В качестве основного антикоагулянта использовали 10% раствор цитрата натрия в соотношении 1:4. В цельной крови, в плазме и эритроцитарной массе определяли содержание белка биуретовым методом, гемоглобина унифицированным гемоглобинцианидным, глюкозы глюкозооксидным методами и общих липидов (унифицированный метод по реакции фосфорнованилинового реагента) (Меньшиков, 1987).

В результате исследований были получены данные. По данным табл. 1 наибольшее содержание общего белка отмечается в эритроцитарной массе – 78.56 г/л. Содержание гемоглобина в эритроцитах выше, чем в цельной крови на 36.73 г/л. Это объясняется тем, что в эритроцитарной массе содержится больше свободного гемоглобина. Глюкозы содержится в плазме крови 5.58 ммоль/л, в эритроцитах 4.71 ммоль/л, в цельной крови – 3.8 ммоль/л. Наиболее высоким содержанием общих липидов характеризуется цельная кровь по сравнению с плазмой и эритроцитами. На основе этих данных эритроциты отличаются наибольшими значениями по содержанию общего белка и гемоглобина, что делает их ценным продуктом для производства биопрепаратов. Низкое содержание общих липидов в эритроцитах увеличивает сроки хранения готового белкового препарата.

**Таблица 1. Сводные показатели крови убойных свиней**

Показатель	Цельная кровь	Плазма	Эритроциты
Общий белок, г/л	65.77	46.82	78.56
Гемоглобин, г/л	109.85	-	146.58
Глюкоза ммоль/л	3.8	5.58	4.71
Липиды, г/л	5.46	4.68	4.85

В лабораторных условиях мы подбирали оптимальные условия для получения биопрепаратов из крови убойных свиней на основе процесса свертывания крови: оптимальная температура, время выдержки смеси и продолжительность сушки биопрепарата (табл. 2).

Биопродукты из крови убойных свиней получали по рецептуре, которая предложена Залески (1980). Рецептура включала добавление к крови NaCl и CaCl<sub>2</sub> для ускорения процесса коагуляции, глюконата кальция как обогатителя, лимонная кислота добавлялась для создания оптимального pH. Известно, что при стрессах на стадии тревоги повышается образование адреналина, который, в свою очередь, вызывает усиленный гликогенолиз в печени и мышцах. Образующийся из гликогена сахар еще при жизни животного распадается до молочной кислоты, вследствие чего снижается pH. Смесь выдерживали при комнатной температуре 20<sup>0</sup>C и в термостате при температуре 40<sup>0</sup>C, отмечая время образования сгустка.

Полученную желеобразную массу разрезали на куски толщиной 20-40 мм и подвергали термической обработке при температуре 80<sup>0</sup>C в течение 40 минут для инактивации ферментных систем, с последующей сушкой биопродукта при комнатной температуре. Из табл. 2 видно, что наиболее благоприятными для получения биопродукта из крови убойных свиней являются варианты № 2 и № 4. Вариант № 2 включал в себя эритроцитарную массу, воду, глюконат кальция, сульфат магния, хлорид натрия, лимонную кислоту. Смесь выдерживали в термостате при температуре 40<sup>0</sup>C, время образования сгустка составило 8 ч. Содержание растворенного белка составило 110.74 г/л. Данное значение превышало концентрацию белка в эритроцитарной массе на 32.18 г/л.

**Таблица 2. Условия образования биопродукта из крови убойных свиней**

Рецептура биопродукта	Температурный режим, °C	Время коагуляции, ч	Содержание растворенного белка, г/л
№ 1 Эритроцитарная масса Вода+NaCl+CaCl <sub>2</sub> Лимонная кислота	20 40	16 10	98.5 103.25
№ 2 Эритроцитарная масса Вода+Глюконат кальция+MgSO <sub>4</sub> +NaCl Лимонная кислота	20 40	12 8	99.75 110.74
№ 3 Эритроцитарная масса Вода+NaCl+Глюконат кальция	20 40	12 8	96.56 101.25
№ 4 Эритроцитарная масса Вода+NaCl+CaCl <sub>2</sub> + Глюконат кальция	20 40	14 10	98.85 107.35

Вариант № 4 включал в себя эритроцитарную массу, воду, хлорид натрия, хлорид кальция, глюконат кальция. Смесь выдерживали в термостате при температуре 40°C, время образования сгустка составило 10 ч. Содержание растворенного белка составило 107.35 г/л. Данное значение превышало концентрацию белка в исходной эритроцитарной массе на 28.79 г/л.

Переработка животных субпродуктов в базовые биохимические вещества, такие, как белок, рассматривается как эффективный путь использования материалов. Белки эритроцитарной массы обладают такими свойствами как, увеличение потребления и переваримости компонентов корма; облегчение процесса отъема; сокращение смертности; сильный противовоспалительный эффект; стимуляция роста. В заключение следует отметить, что для получения биопродукта подходит эритроцитарная масса, так как она наиболее богата содержанием белка.

#### **Список литературы**

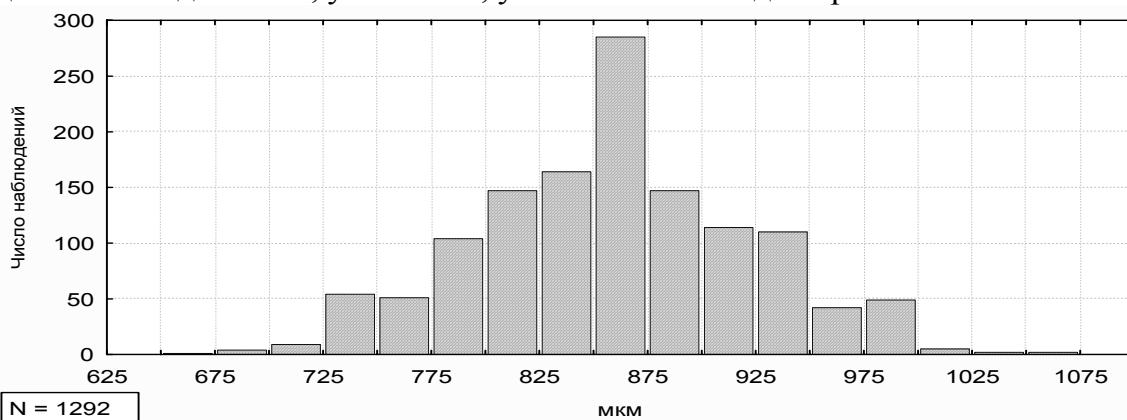
- Меньшиков В.В. 1987. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник. М.: Медицина, 368 с.  
 Файвишевский М.Л. 1993. Переработка крови убойных животных. М.: Колос, 726 с.  
 Залески С., Терешкевич Р., Лавик Б., Киежковски М. 1980. Способ переработки цельной крови животных. Патент ПНР № 122519. А 23. J 3/00.

#### **СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АЗОВСКОГО СУДАКА В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД**

Л.А. Бугаев, О.А. Рудницкая, А.С. Засядько  
*Азовский НИИ рыбного хозяйства, 344007 г. Ростов-на-Дону,*  
*e-mail: riasfp@aaanet.ru*

Были обследованы производители судака, отловленные в середине октября и в декабре 2002 г. В задачи исследования входил анализ восстановительных процессов в гонадах в посленерестовый период и в период подготовки к зиме. В октябре все об-

следованные самки имели гонады III стадии зрелости. К рассматриваемому периоду у 80% самок было отмечено полное восстановление гонад после нереста: отсутствовали или присутствовали в следовых количествах признаки остаточной резорбции не выметанных ооцитов; у 20% самок резорбция остаточных ооцитов еще не была завершена - в гонадах по всему объему располагались крупные (до нескольких миллиметров) конгломераты слипшихся лизирующихся икринок. Средний диаметр ооцитов новой генерации составлял 715–775 мкм, в том числе и для самок, находящихся на стадии резорбции невыметанных ооцитов. Состояние гонад самцов было нормальным, признаков резорбции или дегенерации обнаружено не было. У 20% самцов гонады находились в стадии II-III, у 40% - III, у 40% - III-IV стадии зрелости.



**Рис. Размерный ряд ооцитов судака (декабрь, 2002 г.).**

К началу декабря основной объем обследованных производителей составляли самки III-IV стадии зрелости (80%), остальные самки (20%) имели гонады в IV незавершенной стадии зрелости. Такое соотношение самок по стадиям зрелости в этот период соответствует многолетним наблюдениям. Исключение составляет 2001 год, когда доля самок с IV незавершенной стадией зрелости гонад составляла 43%. Статистический анализ диаметров ооцитов показал, что все обследованные особи созревали синхронно, без явного отставания или опережения (рис.). Функциональное состояние гонад у подавляющего большинства самок было нормальным, признаков остаточной резорбции не отмечено. Только в единственном случае (2% от обследованных особей) попалась самка с тотальной резорбцией гонад. Гонады при этом имели нормальный размер. Содержимое гонад представляло собой гомогенную массу темно-коричневого цвета, имеющую консистенцию пластилина. Контуры отдельных ооцитов не выявлялись.

## **МОНИТОРИНГ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЗОВСКОГО СУДАКА**

Л.А. Бугаев, О.А. Рудницкая, А.С. Засядько  
Азовский НИИ рыбного хозяйства, 344007 г. Ростов-на-Дону,  
e-mail: riasfp@aaanet.ru

В качестве объекта наблюдения был взят азовский судак, являющийся сегодня, на фоне катастрофического снижения численности осетровых рыб, одним из ценнейших объектов рыбного промысла в бассейне Азовского моря. Отбор проб крови производили из хвостовой артерии, мазки крови для лучшей сохранности фиксировали смесью Никифорова. Анализ мазков осуществлялся в отсроченном режиме по окон-

чании полевых работ. Период непрерывных наблюдений – март месяц (нерестовая миграция) 1998–2003 гг.

По данным О.А. Рудницкой с соавторами (2000, 2001), анализ состояния рыб на основе гематологических методик выявил, что в марте 1998 года на мазках крови были обнаружены тромбоциты, которые располагались группами от 6 до 20 штук; у клеток были увеличены размеры, ядра рыхлые. Цитоплазма эритроцитов в основном была базофильная. Наблюдался анизо- и пойкилоцитоз клеток красной крови с полиморфизмом ядер. Часто встречались делящиеся эритроциты, количество которых по сравнению с нормой было увеличено в 10 раз (Житенева и др., 1997). Отмечались вакуолизированные клетки и клетки с отслоением цитоплазмы. Уровень эритропоэза оказался повышен по сравнению с нормой. Такие изменения характерны для условий стрессовых ситуаций при воздействии каких-то токсических агентов, вызывающих разрушение или изменение клеток красной крови. В лейкоцитарной формуле в этот период был отмечен сдвиг в сторону увеличения нейтрофилов, что свидетельствует о начале воспалительных процессов. Содержание моноцитов и лимфоцитов было в пределах нормы. Эозинофилы отсутствовали.

В этот же период 1999 года (Рудницкая и др., 2001) кровь производителей судака полностью соответствовала норме, но с повышением температуры в марте наблюдалось появление признаков анемии. Содержание гемоглобина падало со 115 мг% до 40–80 мг%. В клетках красной крови была повышена гипохромазия, интенсифицировался эритропоэз с 2.1–3.6 до 10.4–11.8, отмечалось появление макроцитов. В лейкоформуле вдвое было увеличено число моноцитов и нейтрофилов.

Исследования показали, что в марте 2000 г. в клетках красной крови отмечались единичные патологические изменения; интенсивность эритропоэза была в норме. Лейкоцитарная формула самок судака также была в пределах нормы, у самцов – фиксировалось повышенное содержание нейтрофилов.

Сезон 2001 г. также характеризовался нормализацией гематологических показателей судака. Тем не менее, у производителей были отмечены изменения, связанные с анемией обследованных рыб. Увеличение в крови самок судака нейтрофилов младших возрастных групп подтверждает наличие анемии, вызванной нарушениями газообмена у мигрирующих на нерест рыб. Об этом же свидетельствовало отсутствие молодых форм эритропоэза. Все эритроциты были представлены дефинитивными формами. Среди них отмечались микроциты и отслоение цитоплазмы. Повышенное количество моноцитов по сравнению с нормой на 20% указывало на локальные воспаления в организме.

Показатели крови у производителей судака, отловленных в весенний период 2002 г. в прибрежной зоне были без патологий, лейкоцитарная формула отклонений от нормы не показывала. По состоянию структуры тканей исследованный органов судака можно отметить умеренное воздействие негативных факторов среды обитания в Азовском море.

При сравнении с многолетними данными у судака в 2003 году отмечено увеличение количества нейтрофилов. Это, в свою очередь, повлияло на индекс сдвига лейкоцитов. Причиной может быть воспаление или накормленность в период вылова. Анализ морфологии красных клеток крови выявил следующие дегенеративные формы эритроцитов: гипохромазию, вакуолизацию цитоплазмы, патологическую зернистость. Из регенеративных отмечены безъядерные клетки и шистоциты. Это результат усиленного деления эритроцитов.

Полученные данные говорят о том, что, в целом, гематологические показатели у производителей судака демонстрируют положительную динамику. Отмеченные во

все годы наблюдения анемические изменения в крови могут быть следствием воздействия повышенных температур как в зимний, так и в весенний период. Токсические же изменения, связанные с качеством среды обитания и кормления, показывают снижение интенсивности действия этих факторов. Все перечисленные изменения появляются при неблагоприятных абиотических условиях и могут считаться компенсаторными.

**СТАНОВЛЕНИЕ ГОНАДОТРОПНОЙ ФУНКЦИИ ГИПОФИЗА  
У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ПО СПОСОБУ РАЗМНОЖЕНИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП РЫБ ИЗ ОТРЯДА КАРПООБРАЗНЫХ**

А.Б. Бурлаков, А.А. Медведева, О.Г. Полуэктова

Московский государственный университет, 119899 г. Москва,

e-mail: [burlakova@mail.ru](mailto:burlakova@mail.ru)

Положение рыб в ряду позвоночных, особенности их биологии, обусловленные обитанием в водной среде, многообразие приспособлений к размножению - все это привлекает к данной группе животных внимание широкого круга специалистов, занимающихся исследованиями развития, строения и функционирования репродуктивной системы. Многообразие в способах размножения (существуют все переходы от икрометания до сложных форм вынашивания и живорождения), в строении органов репродуктивной системы и особенностях ее регуляции значительно шире у рыб, чем у всех других групп позвоночных животных. Разнообразные условия обитания обусловили появление в эволюции рыб ряда физиологических приспособлений (в том числе, и в гормональной регуляции репродуктивной системы), позволяющих успешно адаптироваться к изменениям среды. Именно чрезвычайная пластичность такой регуляторной системы дает функциональную основу для закрепления в эволюции у отдельных систематических групп различных форм гермафродитизма, открывает возможность плавных переходов от единовременного икрометания к порционному и обратно, создает условия для регуляции численности потомства и соотношения в нем самцов и самок.

Проведено сравнительное исследование развития гипофиза и становления его гонадотропной функции у различных представителей двух семейств отряда карпообразных рыб (*Cypriniformes*), относящихся к различным экологическим группам: пелагофиально размножающегося толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (*Cyprinidae*), и фитофиально размножающегося вьюна *Misgurnus fossilis* (*Cobitidae*).

Показано, что образование гипофиза у толстолобика начинается через 7-8 часов после вылупления зародыша. При этом от крыши передней кишki отшнуровывается вытянутый эпителиальный тяж недифференцированных клеток и подходит к дну промежуточного мозга, из которого впоследствии образуется аденогипофизарная часть железы. Через сутки после вылупления клеточный тяж отшнуровывается от стенки кишki. У личинок в возрасте 4 суток (стадии 23, длина тела 7.4 мм) форма гипофизарного зачатка еще существенно отличается от дефинитивной формы гипофиза. На этой стадии он уплощен и вытянут в ростро-каудальном направлении. В гипофизе уже можно различить нейро- и аденогипофиз, а в последнем - три доли: про-, мезо-, метааденогипофиз. По мере дальнейшего развития форма гипофиза становится более овальной, начинается цитологическая дифференцировка клеток аденогипофиза. У десятидневных личинок (стадия 26, длина тела 8.2 мм) в аденогипофизе появляются первые соматотропоциты - клетки, производящие соматотропный гормон. Первые базофильные клетки – тиреотропоциты (вырабатывающие тиреотропный гормон) по-

являются в возрасте 16-20 дней после вылупления (28 стадия развития, длина 9.4 мм) на границе про- и мезоаденогипофиза, а также вдоль корней нейрогипофиза.

Начиная с III этапа развития (40-45 дней, длина 22-25 мм), когда мальки толстолобика переходят на питание путем отцеживания пищи в толще воды, в гипофизе появляются базофильные клетки более округлой формы, расположенные как в центральной, так и в периферической зоне мезоаденогипофиза. Они представляют собой центральные и периферические гонадотропоциты, продуцирующие гонадотропные гормоны. В гонадах мальков в это время идентифицируется лишь небольшое количество первичных половых клеток (**ППК**).

Образование гипофиза у вынона начинается еще до вылупления на стадии 36. От крыши передней кишки, так же как и у толстолобика, отшнуровывается плотный эпителиальный тяж клеток, подходящий к области гипоталамуса. Через 10-12 часов (стадия 38, размер 5.5 мм) он отшнуровывается от крыши кишки и начинается формирование адено-гипофиза. Спустя 7 дней после вылупления (стадия 40, длину тела 5.8-6.4 мм) гипофиз четко обособляется от гипоталамической области. Появляются первые ацидофильные соматотропоциты.

По прошествии 14 дней (длина тела 6.0-6.9 мм) параллельно цитологической дифференцировке клеток в гипофизе продолжается морфологическая дифференцировка органа. К этому времени в адено-гипофизе выделяются три зоны: про-, мезо- и метаадено-гипофиз.

По мере дальнейшего развития форма гипофиза становится более овальной, начиная с 25 дня после вылупления (размеры личинок 6.3-7.1 мм) на препаратах выявляются тиреотропоциты и центральные и периферические гонадотропоциты. Таким образом, становление гонадотропной функции в онтогенезе вынона происходит уже в возрасте 20-25 дней после вылупления.

**ППК** у вынона появляются перед вылуплением. К этому времени зачатки гонад уже сформированы. К 22 дню с момента вылупления в гонадах присутствует большое количество **ППК**.

Таким образом, у фитофильно размножающегося вынона в более раннем возрасте, при значительно меньших размерах тела, чем у пелагофильно размножающегося толстолобика, происходит становление гонадотропной функции гипофиза, что четко коррелирует и с более развитым функциональным состоянием гонад.

## **ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДИ ЛЕНСКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER BAERII* BRANDT) И ГИБРИДА ЛЕНСКОГО ОСЕТРА СО СТЕРЛЯДЬЮ В САДКАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ**

А.Ю. Волкова

Петрозаводский государственный университет, 185640 г. Петрозаводск,  
e-mail: golubewat@mail.ru

На Европейском Севере интенсивно развивается садковое рыбоводство. Экономическую эффективность этого направления рыбоводства в дальнейшем целесообразно повышать не только за счет увеличения объемов производства форели, но и путем разнообразия видового состава выращиваемых рыб. Одним из таких объектов могут стать осетровые, обитавшие в прежние годы в этом регионе.

В настоящее время разработаны и широко применяются технологии искусственного выращивания многих видов осетровых в центральных и южных регионах России. Что касается Северо-запада, то такие сведения единичны и относятся лишь к выращиванию ленского осетра и стерляди, как видов, наиболее приспособленных к

климатическим условиям этого региона (Краснодемская и др., 1983; Абраменко, Полтавцева, 1997).

В связи с разнообразием условий, в которых могут выращиваться осетровые, возникла необходимость расширения перечня объектов товарного рыбоводства. В результате работ по гибридизации были получены различные гибриды почти всех комбинаций осетровых. Самым продуктивным и быстрорастущим среди них принято считать бестера – гибрида белуги со стерлядью, который широко применяется в тепловодном рыбоводстве. Также признан перспективным гибрид, полученный при использовании самок ленского осетра и самцов стерляди - остера, так как он резистентен к неблагоприятным факторам среды, имеет высокие вкусовые качества (как стерлядь), а по продуктивности лишь незначительно уступает ленскому осетру (Баранов, 2000; Васильева, 2000; Виноградов, Речинский, 2002).

Исходя из вышесказанного, задачей нашей работы в 2004 году было сравнить по продуктивным качествам (темперы роста и выживаемость) молодь ленского осетра и остера, выявить особенности выращивания этих видов на Кедровозерском рыбоводном заводе (Карелия) и разработать технологические приемы их культивирования в условиях естественных температур.

Экспериментальные работы выполнялись в Карелии на Кедровозерском рыбоводном заводе ОАО «Кивач». Посадочный материал, сеголетки ленского осетра и гибрида осетра со стерлядью, был доставлен на Кедровозерский рыбозавод 25.06.04. Средняя масса осетра составляла в начале периода выращивания 15 г, средняя длина 8 см, остера - 19.4 г и 12 см, соответственно. После адаптации в бассейнах рыбоводного завода 5 июля молодь осетра была размещена в 3 одинаковых садках 1.5x1.5x1.0 м расположенных в форелевой канаве, с плотностью посадки 1; 1.9 и 2.9 кг на 1 м<sup>2</sup>. С аналогичной плотностью были размещены в таких же садках сеголетки остера. В садках при различной плотности посадки в течение 89 дней исследовали рост и выживаемость молоди ленского осетра и остера. Рыб выращивали на гранулированных комбикормах производства финской фирмы «Rehuraisio». Количество корма определяли в соответствии с температурой воды и средней массой рыб, корм вносили вручную 6 раз в сутки.

В начале и в конце исследуемого периода молодь была пересчитана и взвешена. По полученным данным определяли средний штучный вес и среднесуточный прирост веса (Винберг, 1956). Температуру воды и содержание растворенного в воде кислорода измеряли ежедневно. Температура воды в период выращивания молоди в канавах колебалась в июле – от 12 до 17°C, в августе – от 15.5 до 18.5°C, в сентябре – от 11 до 16°C и в октябре – от 11°C и ниже. Содержание кислорода в канавах было 11-12 мг/л.

За исследуемый период выживаемость опытных групп молоди была достаточно высокой (табл.). В группе с самой высокой плотностью посадки (193.8 шт./м<sup>2</sup>) выживаемость молоди осетра была значительно ниже, чем в группах с меньшей плотностью и составила 88.3%. Аналогичная картина наблюдалась среди сеголетков гибрида. В садке с плотностью посадки 147 шт./м<sup>2</sup> выживаемость остера была самой низкой среди опытных групп. В этом садке количество погибших рыб (84 экз., т.е. 25.3%) превысило нормативные показатели. Допустимый отход при выращивании сеголетков осетра не должен превышать 10% (Смольянов, 1987; Козлов, Абрамович, 1986). Самые высокие показатели выживаемости – 94.3 и 94.4% - наблюдались и у осетров, и у гибридов в группах со средней плотностью посадки (131.6 и 95.6 шт./м<sup>2</sup> соответственно).

**Таблица. Результаты выращивания сеголетков ленского осетра и остера в садках Кедровозерского рыбоводного завода при различной плотности посадки**

Показатели	Осетр			Остер		
Плотность посадки, шт./м <sup>2</sup> кг./ м <sup>2</sup>	1 69.7	1.9 131.6	2.9 193.8	0.9 51.1	1.9 95.6	2.9 147
Количество в начале периода, шт	157	296	436	115	215	332
Выживаемость, шт %	147 93.6	279 94.3	385 88.3	97 84.3	203 94.4	248 74.7
Средний вес, г в начале периода в конце периода	15 113.8	15 118.7	15 121.8	19.4 129	19.4 141	19.4 118.2
Среднесуточный прирост веса, %	5.28	5.4	5.5	4.9	5.26	4.76
Индивидуальный прирост, г	98.8	103.7	106.8	109.6	121.6	98.7
Индивидуальный прирост, %	598.7	691.3	812	565	627	509.2

За исследуемый период молодь ленского осетра и остера показала достаточно высокий темп роста, увеличив начальную среднюю массу в 6-8 раз. Данные по результатам выращивания сеголетков представлены в таблице. При начальной средней массе 15 г у осетра и 19.4 г у гибрида за 89 дней опыта наибольший индивидуальный прирост (121.6 г, т.е. 627% от начального среднего веса) наблюдался у сеголетков остера в садке со средней плотностью посадки (1.9 кг/м). В группе молоди остера с наибольшей плотностью посадки темп роста по всем показателям (как и выживаемость) был самым низким. Индивидуальный прирост в этом садке составил 98.8 г, среднесуточный прирост 4.7%.

У осетра во всех трех вариантах различие в индивидуальных приростах было незначительным, 98.8; 103.7 и 106.8 г по мере увеличения плотности посадки. В такой же последовательности возрастали и среднесуточные приrostы – 5.3; 5.4 и 5.5%. Эту особенность можно объяснить тем, что пищевые потребности молоди осетровых в группах с малой численностью уменьшаются, так как снижается уровень энергетического обмена. Увеличение плотности посадки способствует возрастанию энергетического обмена, и, следовательно, стимулирует рост рыб (Гершанович, 1991).

Опыты позволили сделать вывод, что наибольший темп роста проявляют сеголетки остера, но лишь в оптимально благоприятных условиях выращивания. Принимая во внимание, что температурные, гидрохимические условия, кормление за исследуемый период были оптимальными, можно считать, что на рост и выживаемость молоди в большей степени повлияла плотность посадки. Высокая скученность рыб в небольшом пространстве ведет, как правило, к угнетению роста вследствие повышения энергетических затрат, повышению восприимчивости рыб к неблагоприятным факторам среды, в том числе к заболеваниям, к увеличению вариабельности размеров (Гершанович, 1987; Бретт, 1983). В нашем случае высокая плотность посадки остера способствовала снижению темпов роста и выживаемости молоди в результате вспышки миксобактериоза.

Ленский осетр в таких же условиях, как и остер показал высокие темпы весового роста, причем по мере увеличения плотности посадки скорость роста рыб возрастила и была наибольшей в садке с плотностью посадки 2.9 кг/м<sup>2</sup>, средний вес сеголетков осетра в этой группе был 121.8 г. Минимального значения средней штучной массы 113.8 г достигли рыба в садке с наименьшей плотностью посадки 69.7 шт./м<sup>2</sup> (1 кг/м<sup>2</sup>). Повышенные плотности посадки ленского осетра в нашем случае способствовали наилучшему весовому росту. Некоторые авторы (Гершанович, 1987, 1991; Тренклер,

1984) объясняют такую особенность взаимодействием, влияющим на пищевое поведение рыб. В больших по численности группах это взаимодействие стимулирует питание, а в малых группах стимуляции питания не происходит.

Проведенная экспериментальная работа показала перспективность выращивания молоди ленского осетра и остера в садках Кедровозерского рыбоводного завода. Учитывая положительные результаты нашей работы, планируется продолжить исследование и разработку методов выращивания осетровых в условиях Северо-Западного региона. Полученные в ходе исследования материалы могут быть использованы в качестве методических указаний по выращиванию сеголетков осетровых на рыбоводных предприятиях Европейского севера.

### **Список литературы**

- Абраменко М.И., Полтавцева Т.Г. 1997. Искусственное воспроизводство и выращивание северодвинской стерляди в Архангельской области // Тез. докл. I конгресса ихтиологов России. М.: Изд-во ВНИРО. С. 304.
- Баранов А.А. 2000. Остер – объект товарного рыбоводства // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. М.: ВНИИПРХ. Вып. 75. С. 54-58.
- Бретт Д.Р. 1983. Факторы среды и рост // Биоэнергетика и рост рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. С. 275–345.
- Васильева Л.М. 2000. Биологические и технологические особенности аквакультуры осетровых в условиях нижнего Поволжья. Астрахань, 190 с.
- Винберг Г.Г. 1956. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: Белорусский университет, 253 с.
- Гершанович А.Д., Пегасов В.А., Шатуновский М.И. 1987. Экология и физиология молоди осетровых. М.: Агропромиздат, 214 с.
- Гершанович А.Д., Тауфик Л.Р. 1991. Влияние концентрации корма и плотности посадки на размер рациона молоди осетровых // ДАН СССР. Т. 317. № 5. С. 1277–1230.
- Козлов В.И., Абрамович Л.С. 1986. Товарное осетроводство. М.: Россельхозиздат, 115 с.
- Краснодемская К.Д. и др. 1983. Выращивание молоди сибирского осетра в условиях северо-запада // Биологические основы осетроводства. М.: Наука, 1983. С. 270.
- Смольянов И.И. 1987. Технология формирования и эксплуатации маточного стада сибирского осетра в тепловодных хозяйствах. М.: ВНИИПРХ, 33 с.
- Тренклер И.В. 1984. Адаптация молоди белуги к искусственному корму и стандарт посадочного материала при выращивании ее в морских садках // Осетровое хозяйство водоемов СССР. Астрахань. С. 262–263.

### **ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ОНТОГЕНЕЗА АМФИПОД (CRUSTACEA, AMPHIPODA) В ВОДОЕМЕ- ОХЛАДИТЕЛЕ БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

М.Ю. Воронин, М.В. Ермохин

*Саратовский государственный университет, 410026 г. Саратов,  
e-mail: voroninmj@yandex.ru*

Биомониторинг водоемов-охладителей электростанций предполагает разработку комплекса альтернативных показателей, отражающих состояние экосистемы в целом и отдельных ее компонентов. В биоценозах водоемов понто-каспийского бассейна структурообразующим таксоном считаются амфиподы, в водоеме-охладителе Балаковской АЭС (БАЭС) они также могут быть отнесены к доминантам бентосных сообществ.

Нами был проведен сбор бокоплавов на мелководьях в верхней зоне Волгоградского, на приплотинном участке Саратовского водохранилища и водоемо-охладителе БАЭС. Пробы отбирали с 13 по 23.07.02 г. (20 выборок) и 5.05.03 г. (10 выборок), в общей сложности исследовано 2462 особи 10 видов амфипод. Наиболее разнообразные морфологические отклонения (в большинстве случаев асимметричные) зарегистрированы в строении глаза (размер, меньший по сравнению с дефинитивным состоянием, измененная форма, отсутствие отдельных фасеток, полная редукция). Для асимметрии глаз бокоплавов характерны такие черты как незначительность различий, ненаправленность и отсутствие взаимосвязи в проявлении признака между сторонами, что позволяет по критериям В.М. Захарова (1987) диагностировать ее как флюктуирующую. Это дает возможность использовать обнаруженный феномен в анализе стабильности индивидуального развития как интегрального показателя состояния популяции, сбалансированности генома и оптимальности условий обитания вида.

Уровень флюктуирующей асимметрии измеряли с использованием двух дублирующих методов: по доле асимметричных особей в выборке и нарушений развития глаз (отношения количества глаз, ненормальной для данного вида формы или развития к общему числу глаз в выборке). Достоверность различий между разными выборками проверяли по ц критерию Фишера.

Станции отбора проб располагались на относительно небольшом в масштабе ареала вида удалении друг от друга (около 40 км), что позволило избежать влияния на результат различий в уровне флюктуирующей асимметрии между географически удаленными популяциями. Плотность животных и уровень флюктуирующей асимметрии часто положительно коррелируют. Однако нами связи между этими популяционными показателями не обнаружено. Можно утверждать, что все различия в уровне флюктуирующей асимметрии между разными выборками наблюдались в силу локального действия экологических факторов.

Водоем-охладитель БАЭС, испытывает значительные антропогенные нагрузки: термическое загрязнение, вероятное попадание радиоактивных веществ, периодически проводится обработка гербицидами высшей водной растительности. Однако в выборках бокоплавов из водоема-охладителя уровень флюктуирующей асимметрии статистически достоверно ниже, чем в Волге, что указывает, как минимум, на отсутствие значительного отрицательного влияния на стабильность развития бокоплавов.

Гидрологические и гидрохимические характеристики водоема-охладителя сильно отличаются от естественных водоемов: повышена температура воды, содержание минеральных солей. Большинство видов бокоплавов обитающих в водоеме-охладителе БАЭС относятся понтон-каспийской фауне, недавно совершившей экспансию в пресные водоемы. Их развитие в водоеме статистически значимо стабильнее, чем в пресной речной воде Волги. Однако внутри водоема-охладителя отсутствует градиент солености, но стабильность развития в выборках со станций с различной температурой значимо различается. Во всех статистически достоверных случаях различия уровня флюктуирующей асимметрии стабильность развития амфипод значимо выше на участках водоемов с более высокой температурой. Следует отметить, что летом ракообразные отсутствовали в непосредственной близости от водосброса АЭС, где температура воды достигала 37–40°C. Этот феномен связан с высокой оксифильностью. Летом 2002 г. бокоплавы находили оптимальные условия для развития на значительном удалении от АЭС при температуре воды не более 32°C.

Для многих видов животных обнаружены циклические сезонные изменения уровня флюктуирующей асимметрии в популяциях. Подобное явление обнаружено

нами у большинства исследованных видов. Уровень флюктуирующей асимметрии в летних выборках выше, чем в весенних. У большинства видов бокоплавов в течение года наблюдается два максимума размножения: весной (май) и в конце лета (август). Особи весенней генерации (встреченные в пробах летом 2002 г.) развиваются при относительно низкой температуре воды (в водоемах с естественным температурным режимом – 10–15°C, в водоеме-охладителе – 20°C). Бокоплавы, рожденные в конце лета, перезимовавшие и встреченные в пробах весной 2003 г., проходили развитие при температуре примерно на 10°C выше, чем весенняя генерация, что определило большую стабильность их развития. Чувствительность к повышению температуры воды в период развития объясняется высоким температурным оптимумом большинства исследованных видов.

Исследования количественной связи стабильности развития амфипод с температурным режимом водоемов и другими факторами среды могут оказаться важными для решения ряда теоретических и прикладных задач. На основании таких данных можно прогнозировать трансформацию таксоценозов амфипод естественных водоемов в условиях многолетних климатических изменений и техногенных – при изменении режима их эксплуатации. Сравнительный анализ стабильности онтогенеза понто-каспийских амфипод в водоеме-охладителе и прилежащих к нему волжских водохранилищах (Волгоградском и Саратовском) позволил определить степень близости к оптимуму условий обитания этих вселенцев.

## **ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ ЖИВОТНЫХ**

М.Х. Гайнутдинов, Т.Б. Калинникова

*Институт экологии природных систем Академии наук Республики Татарстан,  
420087 г. Казань, e-mail: mgainutdinov@ntm.ru*

Для понимания механизмов сложных процессов, индуцированных глобальным потеплением климата Земли в популяциях большого количества видов животных различных типов и классов, важное (большое) значение имеют представления о закономерностях и стадиях эволюции термотолерантности животных. Эта эволюция включает в себя как изменения механизмов угнетающего и повреждающего действия высокой температуры на организмы животных, обусловленные их прогрессивным усложнением в процессе эволюции, так и приобретение организмами животных приспособлений к негативному влиянию на них высокой температуры.

У специализированных клеток, составляющих многоклеточные организмы пойкилотермных животных, сохранились приспособления к повреждающему действию высокой температуры, приобретенные на стадии одноклеточных организмов. Эти приспособления, такие как экспрессия белков теплового шока, адаптивная модификация фосфолипидов клеточных мембран и другие предотвращают и репарируют тепловые повреждения клеток и одноклеточных организмов Protozoa на молекулярном уровне и восстанавливают избирательную проницаемость клеточных мембран, которая нарушается высокой температурой. В то же время, прогрессивное усложнение пойкилотермных животных в ходе эволюции изменило причины угнетающего и повреждающего действия высокой температуры на организм. В соответствии с принципом прогрессивной интеграции Спенсера, означающим, что прогрессивная дифференциация и специализация в ходе эволюции сопряжены с повышением уровня интеграции частей организма, организмы Metazoa уже на стадии кишечнополостных приобрели специальную интегративную систему (нейроэндокринная система), осуществля-

ляющую нервными и эндокринными сигналами массивную интеграцию клеточных функций в мышцах, висцеральных и половых органах. Поэтому для сохранения функций целого многоклеточного организма животного и его выживания в условиях экстремального увеличения температуры необходимы не только теплоустойчивость специализированных клеток, но и устойчивость к высокой температуре сложных процессов интеграции клеточных функций. Результаты сравнительного анализа термотолерантности организмов большого количества видов пойкилотермных животных и выделенных из этих организмов клеток свидетельствуют о том, что тепловая дезинтеграция клеточных функций, а не тепловое повреждение или тепловая гибель клеток является причиной угнетающего и повреждающего действия высокой температуры на организмы Metazoa, так как теплоустойчивость клеток всегда значительно выше термотолерантности целого организма. Наиболее вероятным механизмом тепловой дезинтеграции клеточных функций на уровне организма Metazoa, проявляющейся в нарушении поведения, размножения, развития и гомеостаза переносимым клетками увеличением температуры, является тепловая дезинтеграция нейронов в ЦНС. Все сложные интегративные функции ЦНС осуществляются не отдельными нейронами, а ансамблями взаимосвязанных нейронов, и поэтому хаотическое действие высокой температуры на системы детерминированных связей между нейронами может быть причиной тепловых нарушений функций ЦНС и, как следствие, тепловых нарушений функциональной целостности организмов пойкилотермных Metazoa.

Основные факты, свидетельствующие в пользу гипотезы тепловой дезинтеграции нейронов в ЦНС сводятся к следующему: 1) ЦНС является мишенью обратимого угнетающего действия высокой температуры на поведение пойкилотермных животных; 2) нарушения синаптических связей между нейронами в моторных нервных центрах беспозвоночных и пойкилотермных позвоночных вызываются тепловыми воздействиями, подпороговыми для повреждения нейронов и других клеток, составляющих организм; 3) тепловая закалка многоклеточных организмов животных, основным механизмом которой является экспрессия стрессовых белков, включает в себя не только увеличение теплоустойчивости клеток защитой белков и мемран от тепловых повреждений, но и защиту (стабилизацию) синаптических связей между нейронами от нарушения этих связей увеличением температуры, подпороговым для повреждения клеток и целого организма; 4) модификация систем связей между нейронами мотивирующими обонятельными стимулами и нейрофармакологическими воздействиями вызывает сильные изменения термотолерантности организмов круглых червей, колчатых червей и ракообразных; 5) одним из приспособлений, приобретенных в процессе эволюции тропическими и пустынными животными, как пойкилотермными (ящерицы), так и гомойотермными (антилопы), является их способность сохранять температуру мозга на несколько градусов ниже, чем температура тела в условиях экстремального увеличения температуры; 6) причиной угнетающего и повреждающего действия гипертермии на организмы млекопитающих и человека являются нарушения функций ЦНС увеличением температуры тела, которое не оказывает прямого повреждающего действия на нейроны.

В связи с тем, что тепловая дезинтеграция нейронов в нервной системе является механизмом теплового угнетения поведения нематоды *Caenorhabditis elegans*, очевидно, что качественное изменение механизмов угнетающего и повреждающего действия высокой температуры на организм животных произошло на ранних стадиях эволюции Metazoa (кишечнополостные → плоские черви → круглые черви) до приобретения организмами животных органов дыхания и циркуляторной системы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-04-48719).*

## ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РЫБ СЕМЕЙСТВА БЫЧКОВЫХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Т.В. Гладкий, Л.П. Чумаченко, В.В. Заморов, Ю.Н. Олейник  
Одесский национальный университет, 065000 Украина, г. Одесса,  
e-mail: alex\_balams@mail.ru

Семейство бычковые (Gobiidae) в северо-западной части Черного моря представлено видами с разными экологическими требованиями. Наибольшее число видов приурочено к прибрежным водам и представлено, преимущественно, морскими формами (бычок-ратан и др.). Некоторые морские эвригалинные виды (например, бычок-кругляк, кнут) способны интенсивно осваивать опресненные и пресные водоемы, формируя популяции со своеобразными (специфическими) биологическими и морфофизиологическими характеристиками.

В практике для исследования видов, популяционных группировок рыб чаще используются морфологические признаки, в то время как сведения о физиологических параметрах (в частности, гематологические показатели) малочисленны или отсутствуют вообще. В то же время известно, что кровь является чувствительным и информативным индикатором состояния организма рыб. В настоящее время важную роль для характеристики организма и популяций занимает исследование крови. Это дает основание ряду авторов (Калашникова, 1976; Лугаськова, 2003) предлагать использование гематологических показателей для оценки состояния популяций рыб, а также морфофизиологического статуса отдельных организмов и видов.

Изложенное выше и определило цель нашей работы – изучить гематологические параметры бычка-кругляка и бычка-ратана, представляющих собой разные экологические группы бычковых рыб (эвригалинные и мезогалинные виды).

Объектом исследования являлись два вида бычков: бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas) и бычок-ратаан *Neogobius ratan* (Nordmann). Отлов бычков проводили в июле 2004 г. на акватории Одесского залива в районе биологической станции Одесского национального университета им. И.И. Мечникова. Всего обработано 93 экземпляра бычка-кругляка (64 самца и 29 самок) и 24 экземпляра бычка-ратаана (18 самцов и 6 самок).

Кровь для исследования брали из хвостовой вены после отсечения хвостового плавника. В крови определяли содержание эритроцитов, концентрацию гемоглобина, скорость оседания эритроцитов (**СОЭ**) по стандартным методикам. Исследование морфологии эритроцитов проводили на мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимза.

Морфологическое изучение форменных элементов эритроидного ряда осуществляли под светооптическим микроскопом. Фотографическая регистрация и морфометрическое исследование проводили с использованием цифровой фотокамеры и программы Photo M 1.21, предназначеннной для цитофотометрии.

Измеряли длину (L) эритроцита (длинная полуось эллипсоида), ширину (B) (короткая полуось эллипсоида). На основании морфометрических показателей вычисляли значения производных параметров: удлиненность (отношение длины эритроцита к ширине) и объем эритроцита.

Средние показатели морфометрических параметров вычисляли по данным обмеров 100 эритроцитов на каждом мазке крови. Оценку полученных совокупностей данных проводили методами стандартной статистики с определением статистической значимости результата (P).

На мазках крови отмечено большое разнообразие форм эритроцитов, которые составляют ряд, отражающий процесс развития эритроцитов. На одном мазке у всех исследованных рыб обнаруживаются и округлые, и значительно вытянутые эллипсоидные клетки. Эллипсоидную форму имеют зрелые эритроциты, а округлую – молодые. Удлиненность эритроцитов (т.е. величина отношений его продольной длины к поперечной) может служить характеристикой степени зрелости эритроцитов.

Эритроциты самцов бычка-кругляка характеризовались, преимущественно, эллипсоидной формой. Средняя длина эритроцитов бычка-кругляка составляла  $11.8 \pm 0.13$  мкм, ширина –  $9.53 \pm 0.17$  мкм, средний объем эритроцита составлял  $565.4 \pm 21.7$  мкм<sup>3</sup>. Средние морфометрические показатели эритроцитов самок существенно не отличались от таковых у самцов.

При ранжировке эритроцитов по удлиненности было показано, что у самцов бычка-кругляка этот показатель находится в пределах от 1 до 1.6 ед., причем основная масса эритроцитов (85.4%) имеет удлиненность менее 1.4 ед. У самок бычка-кругляка показатель удлиненности эритроцитов достигал 2 ед., а количество молодых эритроцитов (удлиненность менее 1.4 ед.) на 11% меньше, чем у самцов.

Средние показатели длины и ширины эритроцитов бычка-ратана существенно не отличались от таковых бычка-кругляка. Однако, в отличие от бычка-кругляка, более молодые эритроциты доминировали в крови самок, составляя 80% от всего количества эритроцитов, что на 8% больше по сравнению с самцами.

Ядро эритроцитов исследованных видов рыб расположено в центре, окружено гомогенно окрашенной цитоплазмой. У некоторых особей встречаются эритроциты с деформированными ядрами, которые имеют бобовидную форму или бухтообразные вдавливания (рис.).

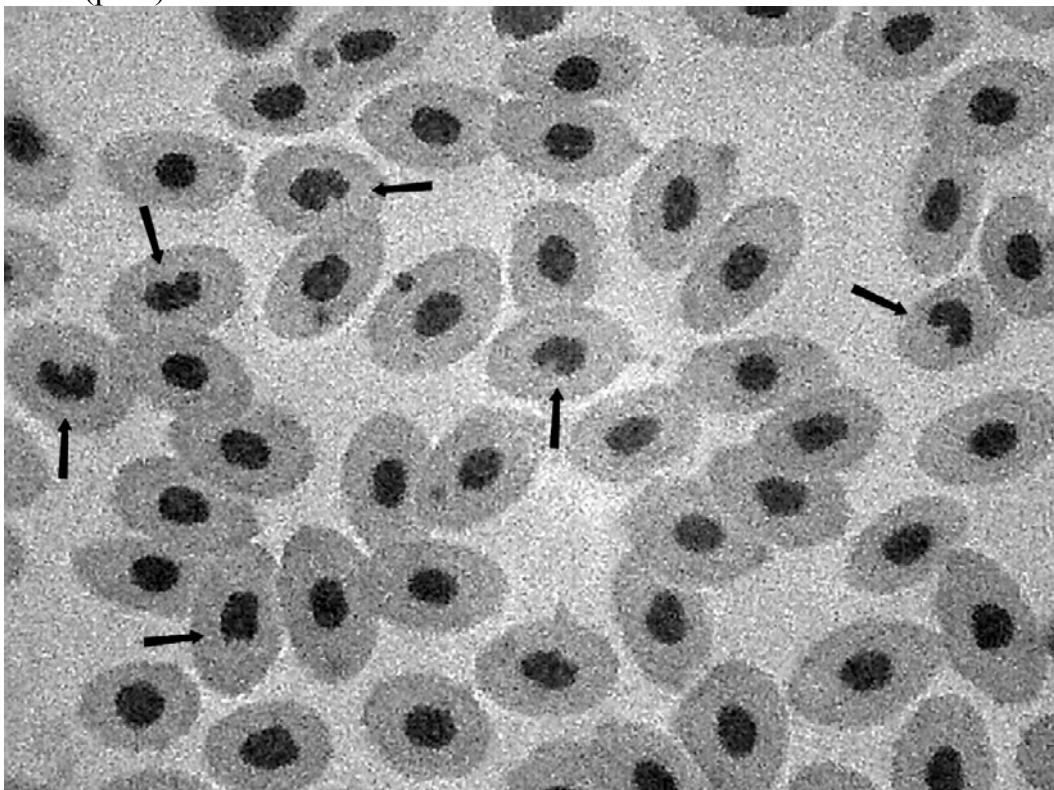


Рис. Эритроциты крови бычка-ратана. Стрелками указаны эритроциты, содержащие деформированные ядра.

У исследуемых видов отмечена различная частота встречаемости деформированных ядер. Так, у бычка-кругляка на 1000 эритроцитов приходится, в среднем, три

клетки с аномальным ядром, что составляет 0.3 %. У бычка-ратана количество эритроцитов с аномальными ядрами существенно больше и составляет 2-2.4 % от всех эритроцитов (рис.). По данным ряда авторов деформация ядер эритроцитов рыб может быть обусловлена действием токсических агентов (тяжелые металлы и др.) (Witeska, 2001). Данные особенности могут указывать на различную чувствительность эритроцитов крови бычков различных видов к условиям обитания. Можно сказать, что бычок-ратан реагирует более остро на условия окружающей среды.

Гематологические исследования показали, что в крови исследованных видов бычков содержится  $0.95\text{--}1.06 \cdot 10^{12}/\text{л}$  эритроцитов, различия по полу не обнаружены. Однако, как видно из таблицы, содержание гемоглобина у самцов достоверно выше, чем у самок обоих видов. Величина скорости оседания эритроцитов находилась в пределах 4.4–5.9 мм/час.

**Таблица. Показатели крови некоторых видов рыб семейства Бычковых**

Вид	Самцы				Самки			
	<i>n</i>	Er $10^{12}/\text{л}$	Hb г/л	СОЭ мм/ч	<i>n</i>	Er $10^{12}/\text{л}$	Hb г/л	СОЭ мм/ч
Кругляк	64	$1.06 \pm 0.04$	$44.5 \pm 1.14$	$4.4 \pm 0.5$	29	$0.95 \pm 0.06$	$38.9 \pm 1.84$	$5.9 \pm 0.6$
Ратан	18	$0.95 \pm 0.07$	$43.6 \pm 3.27$	$5.8 \pm 1.1$	6	$1.09 \pm 0.08$	$39.6 \pm 3.14$	$5.6 \pm 3.6$

Таким образом, из представленных данных видно, что гематологические показатели крови являются достаточно стабильным показателем у исследованных рыб. Из морфометрических показателей эритроцитов наиболее чувствительным является параметр «удлиненность», который указывает на степень их зрелости. При цитометрии обнаружена высокая степень деформированности ядер у представителей вида бычка-ратана, что указывает на высокую чувствительность данного вида к факторам внешней среды.

### **ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СТРУКТУРУ МЕМБРАН ЛИЗОСОМ ПРИ ОСТРОЙ И ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛЬНОЙ ИТОКСИКАЦИИ**

Т.Н. Гордейчук, С.Е. Фоменко, Н.Ф. Кушнерова, В.Г. Спрыгин  
Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,  
e-mail: [tgordejchuk@poi.dvo.ru](mailto:tgordejchuk@poi.dvo.ru)

При взаимодействии организма с химическими соединениями (ксенобиотиками) происходит нарушение структуры мембран лизосом, определяющееся как следствие химического стресса. Одним из наиболее распространенных стрессирующих химических агентов является этиловый спирт. Потребление крысами Вистар 15% этанола в качестве единственного источника жидкости в течение 3 мес сопровождалось достоверным увеличением активности мембраносвязанного фермента лизосом печени бета-глюказидазы на 23% по сравнению с контролем. Активность матричного фермента лизосом печени бета-галактозидазы имела тенденцию к увеличению (в среднем на 12%). При потреблении 15% этанола в течение 6 мес в ткани печени активность бета-глюказидазы увеличилась на 78%, а бета-галактозидазы в 1.5 раза. Количество гексоз в гликопротеинах печени снизилось на 38%. Одновременно отмечалось снижение содержания гексозаминов на 14%. То есть, через 6 мес потребления 15% этанола в печени крыс отклонения изученных биохимических параметров были более существенными.

венными по сравнению с данными 3-х месячного эксперимента. Внутрибрюшинное введение 33% этанола в дозе 7.5 мл/кг в течение 7 дней сопровождалось достоверным увеличением активности бета-галактозидазы на 28% и снижением активности бета-глюкозидазы на 39%. Повышение активности бета-галактозидазы обусловило уменьшение количества гексоз и гексозаминов в мембраносвязанных гликопротеинах, являющихся субстратом для этого фермента. Эти изменения вызваны разжижающим действием этанола на структуру мембран, что способствовало повышению их проницаемости. В группе крыс, потреблявших композицию из 15% этанола с растительным комплексом полифенолов из гребней Дальневосточного винограда «Диприм» (патент RU1072309, свидетельство на товарный знак № 1907216) в течение 3 мес и нативного экстракта (0.8 мл/кг) после острой алкогольной интоксикации (7 дней) изменения в активности лизосомальных гидролаз, количестве гексоз и гексозаминов отсутствовали. Через 6 мес потребления композиции отмечалось достоверное увеличение активности бета-глюкозидазы на 35% и снижение бета-галактозидазы на 25% при одновременном уменьшении количества гексоз на 10%. Эти изменения были менее значительны, чем таковые при потреблении этанола без растительного комплекса полифенолов. Одним из биохимических механизмов данного феномена является встраивание полифенолов диприма в мембрану и ее модификация в сторону снижения проницаемости.

## **РЕЗОРБЦИЯ ИКРЫ СИНЦА В СВИЯЖСКОМ ЗАЛИВЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ЕЕ ФАКТОРЫ**

В.Н. Григорьев

*Казанский государственный университет, 420008 г. Казань,  
e-mail: docdrig@mail.ru*

Многолетние исследования экологии рыб в условиях зарегулирования речного стока свидетельствуют о том, что в этот период происходят серьезные изменения в воспроизводстве отдельных видов. Это обстоятельство обусловлено формированием качественно нового водоема, к которому адаптируются гидробионты. Приспособление к новым условиям существования у разных видов рыб различалось. Одни из них оказались нетребовательными к качеству нерестилищ и стали откладывать икру в условиях равнинных водохранилищ Европы на различный субстрат в широком диапазоне глубин. Другие в этом плане оказались консервативными и сохранили свой характер нереста, который был свойственен им в речных условиях. К таким видам относится синец, у которого практически не изменились места нереста. Это типичный фитофил, откладывающий икру в прибрежных участках с глубинами до одного метра на прошлогоднюю растительность. Его нерестилища располагаются в защищенных от ветра участках, где развивается водная и прибрежная растительность.

Куйбышевское водохранилище входит в состав волжских водохранилищ с относительно большой сработкой воды. Режим уровня воды его претерпевает существенные колебания в весенний период. В зависимости от характера использования водных ресурсов в отдельные годы (1967, 1973, 1984, 1989, 2004) весной наблюдались крайне низкие абсолютные отметки уровня воды. В эти годы мелководные участки Свияжского залива Куйбышевского водохранилища, покрытые при нормальном подпорном горизонте луговой и водной растительностью обсыхали, а прибрежья представляли собой заиленные участки с полузатопленными пнями и корягами, которые являлись субстратом для закладки икры.

Такая обстановка в 2004 году привела к тому, что у самок синца, находящихся на IV стадии зрелости половых продуктов началась резорбция икры. За период с 21 по 26 мая было выловлено 23 самки на IV стадии зрелости. У 86.9% особей наблюдалась дегенерирующая икра. Самок с текущими половыми продуктами в весенний период этого года не наблюдалось. В значительно меньшей степени это явление отмечалось у видов, нетребовательных к качеству нерестилищ (лещ, плотва и др.). Это обстоятельство позволяет с большей определенностью отнести синца к видам с узкой экологической пластичностью. Пополнение запасов его идет успешно только при высоком и относительно стабильном весеннем уровне воды.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАД-ИЗОЦИТРАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ И НАД-МАЛАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ ИЗ МИТОХОНДРИЙ КАРДИОМИОЦИТОВ В НОРМЕ И ПРИ ИШЕМИИ

О.А. Дашина, О.А. Сафонова, Т.Н. Попова

Воронежский государственный университет, 394000 г. Воронеж,

e-mail: solga@bio.vsu.ru

В последнее время значительно возрос интерес к исследованию функционирования ферментов клеточного метаболизма в условиях усиления образования активных форм кислорода (**АФК**), выступающих в качестве повреждающих агентов биосистем различного уровня. К патологиям, сопровождающимся интенсификацией свободно-радикального окисления (**СРО**) и увеличением уровня **АФК**, относят многие сердечно-сосудистые заболевания. Существует гипотеза, что в регуляции уровня **АФК** может играть роль ингибирование ферментов цикла трикарбоновых кислот (**ЦТК**). В связи с этим целью данной работы явились исследование функционирования ферментов **ЦТК** НАД-изоцитратдегидрогеназы (**НАД-ИДГ**) и НАД-малатдегидрогеназы (**НАД-МДГ**) при ишемии миокарда. В работе использовали самцов белых лабораторных крыс массой 250-300 г. Экспериментальную ишемию миокарда (**ЭИМ**) моделировали путем 40-минутной окклюзии левой коронарной артерии. Исследование свойств ферментов проводили с использованием очищенных ферментных препаратов, полученных с помощью методов дифференциального центрифугирования, гель-фильтрации на сефадексе G-25 и ионообменной хроматографии на ДЭАЭ-целлюзне. Согласно полученным результатам, активность **НАД-ИДГ** и **НАД-МДГ** в условиях **ЭИМ** снижается в 2 и 2.6 раза соответственно по сравнению со значениями в норме. Для **НАД-ИДГ** в условиях ишемии происходит возрастание величины  $K_m$  по отношению к изоцитрату и ионам  $Mn^{2+}$  в 2.3 и 2.6 раз соответственно, при этом значения  $K_m$  по отношению к **НАД<sup>+</sup>** не изменяются. Величины  $V_{max}$  по изоцитрату,  $Mn^{2+}$  и **НАД<sup>+</sup>** для реакции, катализируемой **НАД-ИДГ**, снижаются приблизительно в 1.7 раза. Таким образом, анализ данных параметров позволяет говорить об уменьшении сродства **НАД-ИДГ** к субстрату и кофактору в условиях ишемии. Для митохондриальной **НАД-МДГ** величина  $K_m$  по оксалоацетату и **НАДН** при **ЭИМ** ниже соответствующих параметров для ферmenta из интактного сердца в 1.7 и 1.3 раза соответственно. В то же время в условиях патологии отмечено снижение отношений  $V_{max}/K_m$  по субстратам катализируемой реакции, что свидетельствует об уменьшении эффективности работы ферmenta. Показано, что при ишемии наблюдается сдвиг рН-оптимума ИДГ- и МДГ-реакций в более кислую сторону, что может быть следствием развивающегося ацидоза. При патологии наблюдается снижение устойчивости ферментов к воздействию

предденатурационных и денатурационных температур. Описанные изменения некоторых физико-химических свойств **НАД-ИДГ** и **НАД-МДГ** могут быть объяснены изменениями конформационного состояния молекул белка в условиях интенсификации **СРО**, вызванного ишемией миокарда.

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЛАБИЛЬНОСТЬ ВКУСОВОЙ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА ХЕМОСЕНСОРНЫХ АДАПТАЦИЙ У РЫБ

Г.В. Девицина

Московский государственный университет, 119992 г. Москва,  
e-mail: ichthyology@mail.ru

В основе формирования адекватного поведения в ответ на стимулы разной модальности лежат сложные процессы центральной интеграции полисенсорной афферентации. Изучение этих процессов является фундаментальной проблемой физиологии сенсорных систем (Адрианов, 1980). В данной работе, применяя методы световой и электронной микроскопии, изучали компенсаторные изменения, происходящие в рецепторном и мозговом отделах вкусовой и обонятельной систем рыб (мальки сибирского осетра - *Acipenser berii* и обыкновенного карпа - *Cyprinus carpio*) после хронического двустороннего аносмирования. Препараты анализировали с помощью светового микроскопа фирмы Nikon, соединённого с видеокамерой Hamamatsu, компьютером Makintosh Performa 630 и принтером Epson-Stilus-600, а также электронного сканирующего микроскопа Hitachi S-405A.

Обонятельные мешки осетров и карпов через 3 месяца после термоакутизации полностью застали нормальной кожей, при этом у них отсутствовали обонятельные розетки и обонятельные нервы. Обонятельные луковицы сидячего типа у осетра и стебельчатого типа у карпа в 2-3 раза уменьшились в размерах, а обонятельные луковицы карпа соединялись с полушариями переднего мозга за счёт сокращения длины обонятельных трактов. Сравнительный анализ контрольных и опытных гистологических препаратов мозга показал, что ольфакторная деафферентация вызывала в первичных сенсорных центрах обонятельной системы (обонятельных луковицах) рыб чётко выраженные процессы дегенерации. В ядрах переднего мозга, представляющих вторичные и третичные проекции обонятельной системы (Nieuwenhuys, 1982), ольфакторная деафферентация вызывала достоверную активацию нейронов. Одновременно в первичных вкусовых центрах продолговатого мозга (проекции V, VII, IX, X нервов) у аносмированных рыб также обнаружена достоверная активация нейронов (Девицина, Касумян, 2000). Наиболее интенсивные изменения морфометрических показателей проявили нейроны *Lobi facialis*, которые принимают аfferенты наружной вкусовой системы, хорошо развитой у придонных видов рыб. Можно заключить, что обонятельная и вкусовая системы рыб функционально взаимосвязаны, что выражается в изменениях морфометрических показателей нейронов не только обонятельных, но и вкусовых центров, особенно чётко проявляющихся в центрах наружной вкусовой рецепции. Рецепторной аппарат наружной вкусовой системы, представленный вкусовыми почками на поверхности усиков, у аносмированных как осетров, так и карпов претерпевал сильные морфологические изменения, которые направлены на интенсификацию функции поиска химического сигнала. Если у интактных рыб на ровной поверхности усиков преобладали вкусовые почки погружённого типа, то после операции на усиках появлялись крупные эпидермальные бугры, несущие несколько вкусовых почек достоверно большего размера, которые возвышались над по-

верхностью эпидермиса, при этом, среднее число почек, приходящихся на единицу площади поверхности усика, увеличивалось на 27-30%. Подобные морфологические изменения вкусовых почек наблюдались и на поверхности губ аносмированных рыб. Однако в слизистой выстилке нёба изменения вкусовых рецепторов не проявлялись (Касумян, Девицина, 1997). Отметим, что подопытные виды рыб, имеющие различный эволюционный уровень развития головного мозга, проявили одинаковые адаптивные реакции.

Таким образом, в ЦНС как костистых рыб так и хрящевых ганоидов возможна интеграция хемосенсорных афферентаций уже на уровне первичных сенсорных ядер черепно-мозговых нервов. Оба вида рыб являются типичными бентофагами, для которых химическая рецепция играет важную роль в формировании пищевого поведения. В условиях хемосенсорного дефицита (ольфакторная депривация) компенсаторная гипертрофия наружной вкусовой системы составляет основу сложного механизма формирования поведенческих адаптаций и ориентации в водной среде.

*Работа выполнена при поддержке Грантов: РФФИ № 03-04-49230 и «Университеты России».*

### **Список литературы**

- Адрианов О.С. 1980. Узловые вопросы локализации и организации церебральных функций // Современные аспекты учения о локализации и организации церебральных функций. М.: Медицина. С. 200-216.
- Девицина Г.В., Касумян А.О. 2000. Центральное взаимодействие хемосенсорных систем у осетровых рыб. // Сенсорные системы. Т.14. № 2. С.107-117.
- Касумян А.О. Девицина Г.В. 1997. Влияние ольфакторной депривации на хемосенсорную чувствительность и состояние вкусовых рецепторов у осетровых рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 37. № 6. С. 823-835.
- Касумян А. О. 1997. Вкусовая рецепция и пищевое поведение рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 37. № 1. С. 78-93.
- Nieuwenhuys R. 1982. An Overview of the Organization of the Brain of Actinopterygian Fishes // Am. Zool. V. 22. P. 287-310.

## **ДЕКСАМЕТАЗОН-ИНДУЦИРОВАННЫЙ АПОПТОЗ ЦЕЛОМОЦИТОВ ГОЛОТУРИИ *EUPENTACTA FRAUDATRIX***

Л.С. Долматова\*, О.А. Шиткова\*, А.М. Сапожников\*\*

\*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,  
e-mail: dolmatova@poi.dvo.ru

\*\*Институт биоорганической химии РАН, 117997 г. Москва

Апоптоз - запрограммированная гибель клеток - играет важную роль в клеточном ответе. Филогенетически апоптоз прослеживается от эукариот до растений, насекомых и животных. В иммунной системе позвоночных одной из наиболее часто реализуемых форм апоптоза является апоптоз, вызванный глюкокортикоидами (Ярилин, 1996). При этом глюкокортикоидные гормоны являются одними из главных физиологических регуляторов активности иммунокомпетентных клеток *in vivo*, оказывая значительное влияние на направление и степень выраженности иммунных реакций. Метаболиты кортикостероидов были найдены и у морских звезд (Gurst et al., 1973). Вместе с тем апоптозу морских беспозвоночных и, в частности, иглокожих, посвящены лишь единичные работы (Voronina, Wessel, 2001; Roccheri et al., 2002), при

этом нам не удалось найти работ, посвященных апоптозу иммунных клеток этих животных и механизмам его регуляции. Ранее проведенное нами исследование влияния синтетического глюкокортикоидного гормона дексаметазона ( $\Delta$ ) на апоптоз двух фракций фагоцитов голотурии, *Eupentacta fraudatrix*, *in vitro* (Dolmatov et al., 2004), по-видимому, является первым в этой области. В состав целомоцитов данного вида голотурии входят такие клетки, участвующие в защите организма от чужеродных агентов, как фагоциты (функциональные аналоги макрофагов позвоночных) и морулоподобные клетки. Ранее нам удалось получить две фракции фагоцитов голотурии, различные по степени чистоты фракций, а также фракцию, относительно обогащенную морулоподобными клетками (Dolmatova et al., 2003).

Целью настоящей работы явилось сравнительное изучение влияния дексаметазона на апоптоз фагоцитов и морулоподобных клеток голотурии, *E. fraudatrix*, *in vitro*, а также на апоптоз фагоцитов *in vivo*.

Голотурии *E. fraudatrix* (длиной 65-70 мм) содержали в аквариуме с аэрируемой морской водой при соответствующей сезонной температуре не менее недели до начала эксперимента. Животных разрезали, целомическую жидкость сливали в сосуд с антикоагулирующим раствором (30 мМ ЭДТА, 31 г/л NaCl, 50 мМ трис-HCl, pH 7.6) в соотношении объемов 1:2. Для экспериментов *in vitro* целомическую жидкость 15-25 животных объединяли для последующего центрифугирования. В экспериментах *in vivo* использовали целомическую жидкость отдельных животных. Фракции, обогащенные фагоцитами до 92% (опыты *in vitro*) или 98% (опыты *in vivo*) и морулоподобными клетками до 46%, получали центрифугированием в градиенте плотности фиколла-верографина, как описано ранее (Долматова и др., 2002). Чистоту полученных фракций определяли исследованием мазков, окрашенных 1% раствором метиленовой сини на 1% растворе буры. Жизнеспособность клеток определяли тестом исключения трипанового синего. Клетки инкубировали с дексаметазоном (KRKA, Словакия) в концентрациях  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-4}$  М (три серии экспериментов) при 22°C в течение 48 и 72 час. *In vivo* животным вводили дексаметазон из расчета 1 и 10 мкг/г массы, целомическую жидкость отбирали через 1 час после инъекции.

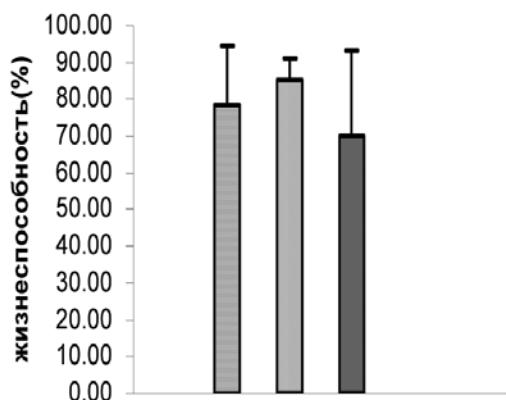
Образцы клеточных суспензий, полученных в экспериментах *in vitro*, (0.3-0.5 млн клеток) центрифугировали (1000g в течение 5 мин при 4°C), а затем к осадку добавляли 40 мкл 4% раствора формалина, делали мазки. Апоптоз клеток определяли по морфологическим изменениям ядер с помощью окраски связывающимся с ДНК флюорохромом (Komatsu et al., 1998) бис-бензимидом (Hoeschst 33342). Клетки серии экспериментов *in vivo* фиксировали 70% ледяным этианолом для последующих исследований апоптоза методом проточной цитометрии. Фиксированные клетки дважды отмывали фосфатно-солевым буфером и окрашивали йодидом пропидия (10 мкг/мл) при 37°C 1 час в темноте. Цитометрию проводили на цитометре FACScan (Becton Dickinson, Lincoln Park, NJ, USA), используя программное обеспечение Cell Fit (Becton Dickinson). Апоптоз рассчитывали по проценту гиподиплоидных клеток. Результаты обрабатывали статистически, используя критерий Стьюдента.

Исследование апоптоза фракции фагоцитов (до 92% чистоты) с помощью окраски клеток Hoeschst 33342 показало, что  $\Delta$  в концентрациях  $10^{-4}$  и  $10^{-6}$  М через 48 час инкубации *in vitro* вызывал незначительную стимуляцию апоптоза (данные не приводятся). Через 72 часа инкубации уровень апоптоза при действии тех же концентраций  $\Delta$  возрастал более значительно, максимально при концентрации  $10^{-4}$  М (с  $50.1 \pm 9.2\%$  в контроле до  $79.3 \pm 10.8\%$  при действии гормона). При этом жизнеспособность клеток при всех исследованных концентрациях  $\Delta$  существенно не отличалась от контрольной через 48 час инкубации или даже превышала ее (при концентрации  $10^{-7}$  М), а через 72 час значительно снижалась при концентрациях  $\Delta$   $10^{-4}$  и  $10^{-6}$  М, но не  $10^{-7}$  М, на 44 и

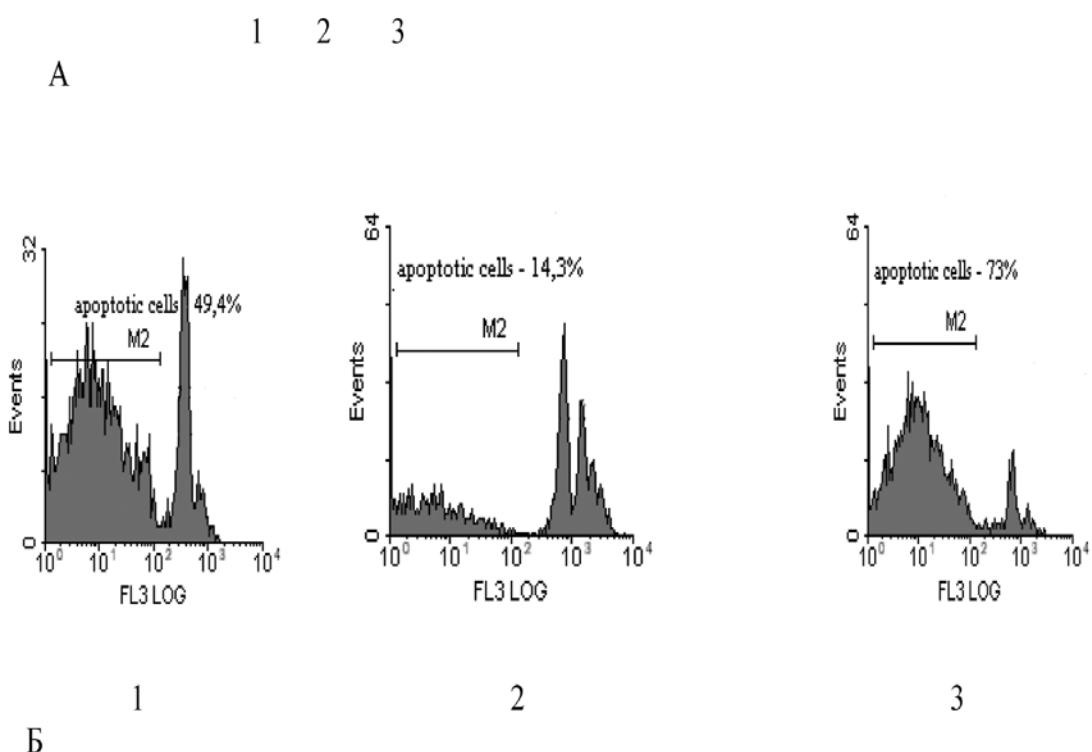
47%, соответственно (в контроле в этот период жизнеспособность составила  $77.3 \pm 12.6\%$ ). Таким образом, апоптоз вносит существенный вклад в снижение жизнеспособности клеток при действии гормона. Ранее при исследовании влияния Д на апоптоз двух фракций фагоцитов, оцениваемый по фрагментации ДНК с использованием электрофореза в агарозном геле (Dolmatov et al., 2004) нами было выявлено, что через 48 час инкубации незначительная стимуляция апоптоза наблюдалась только при концентрации Д  $10^{-7}$  М, а возрастание апоптоза через 72 часа отмечено только при концентрации Д  $10^{-4}$  М. Используемый подход к оценке уровня апоптоза в настоящей работе позволил не только выразить его количественно, но и более точно установить концентрационную зависимость эффектов Д. Необходимо отметить, что электрофоретический анализ апоптоза в целомоцитах голотурий несколько затруднен относительно высоким уровнем фонового (спонтанного) апоптоза по сравнению с таковым в лейкоцитах крови позвоночных ( $22.6 \pm 5.8\%$  в целомоцитах голотурии в данной серии экспериментов).

Ранее проведенные нами исследования (Dolmatov et al., 2004) выявили также различную чувствительность двух фракций фагоцитов голотурии к апоптогенному действию Д. Авторами было высказано предположение о том, что одним из возможных объяснений причин этого явления может быть разница в чистоте фракций, в частности, более высокая примесь морулоподобных клеток в одной из фракций фагоцитов. В связи с этим, в настоящей работе мы исследовали также влияние Д на апоптоз фракции, обогащенной морулоподобными клетками до 44%. Было показано, что в этой фракции целомоцитов Д при концентрации  $10^{-7}$  М снижал апоптоз через 48 час (с  $14.7 \pm 4.3\%$  в контроле до  $11.1 \pm 1.7\%$ ) и вызывал возрастание апоптоза, начиная с концентрации Д  $10^{-6}$  М. Через 72 час инкубации Д в последней концентрации уже снижал уровень апоптоза по сравнению с контролем. Сходные колебания отмечены в жизнеспособности клеток данной фракции: через 48 час значительное снижение жизнеспособности (на 19%) отмечено только при концентрации Д  $10^{-6}$  М (с  $86.1 \pm 18.5\%$  в контроле до  $69.2 \pm 5.6\%$ ), а через 72 часа снижение жизнеспособности (13%) отмечено только при концентрации Д  $10^{-4}$  М. В концентрации  $10^{-7}$  М Д даже стимулировал жизнеспособность клеток. Сопоставление результатов по апоптогенному влиянию Д на две исследованные фракции целомоцитов свидетельствует о более значительной чувствительности к апоптозу фракции, обогащенной фагоцитами, по сравнению с фракцией, обогащенной морулоподобными клетками. Аналогичное соотношение чувствительности этих фракций мы наблюдали при определении уровней спонтанного апоптоза при исследовании методом электрофореза (наши неопубликованные данные). По-видимому, это связано с более высоким уровнем оксидантной активности в фагоцитах по сравнению с морулоподобными клетками (Dolmatova et al., 2003), поскольку активные формы кислорода и оксидантный стресс играют важную роль в развитии апоптоза (Зенков и др., 1999). В свою очередь, полученные данные ставят под сомнение зависимость разницы в чувствительности двух фракций фагоцитов от степени примеси морулоподобных клеток.

В связи с перспективностью использования фагоцитов голотурий для моделирования клеточного ответа позвоночных, представляло интерес также выяснение закономерностей действия Д на фагоциты *in vivo*. Через 1 час после инъекции Д (1 или 10 мкг/г) жизнеспособность клеток при концентрации 10 мкг/г снижалась на 8.5%, а при концентрации 1 мкг/г, напротив, даже возрастала на 7% (рис. 1А). Соответственно, стимуляция апоптоза (на 48%) происходила только при концентрации 10 мкг/г, а при концентрации 1 мкг/г наблюдали даже снижение уровня апоптоза (на 71%) (рис. 1Б). Таким образом, за короткий период эксперимента, снижение жизнеспособности значительно отставало от роста уровня апоптоза, что соответствует данным других авторов, полученным на лейкоцитах позвоночных (Curi et al., 1998).



**Рис. Влияние дексаметазона на жизнеспособность (А) и апоптоз (Б) фагоцитов голотурии *E. fraudatrix* *in vivo*. 1 - контроль; 2 - дексаметазон в концентрации 1 мкг/г массы; 3 - дексаметазон 10 мкг/г. Взятие материала через 1 час после инъекции гормона. Апоптоз определяли методом цитометрии. По оси абсцисс - интенсивность флуоресценции (логарифмическая шкала), по оси ординат - количество клеток.**



Проведенные исследования показали, что Д как *in vitro*, так и *in vivo* оказывает дозо- и время зависимые эффекты на уровень апоптоза в целомоцитах голотурии *E. fraudatrix*. Апоптотическое действие Д оказывает в относительно больших концентрациях по сравнению с его эффектами на клетки позвоночных.

Большая резистентность фагоцитов голотурий может быть связана как с относительной нефизиологичностью дексаметазона для иглокожих, так и с высоким уровнем антиоксидантной ферментной защиты фагоцитов голотурий, продемонстрированной нами ранее (Долматова и др., 2004). Необходимо отметить, что глюкокортикоидные гормоны у позвоночных вызывают преимущественно иммуносупрессию и считаются индукторами апоптоза, хотя отмечены случаи антиапоптотического действия этих гормонов, особенно в условиях повышения апоптоза другими агентами (Sasson, Amsterdam, 2003). Механизмы антиапоптотического действия глюкокортикоидов у позвоночных во многом неясны. Способность дексаметазона оказывать модулирующее действие на апоптоз иммуноцитов голотурий также нуждается в дальнейшем исследовании.

### **Выводы**

1. Дексаметазон ( $10^{-4}$  и  $10^{-6}$  М) обладает модулирующим действием на апоптоз целомоцитов голотурии *E. fraudatrix* *in vitro* и *in vivo*.
2. Модулирующий эффект дексаметазона на апоптоз целомоцитов зависит от его концентрации и времени воздействия.
3. Фракция морулоподобных клеток менее чувствительна к гормон-индуцированному апоптозу, чем фракция фагоцитов с чистотой до 92%.

### **Список литературы**

- Долматова Л.С., Добряков Ю.И., Ковалева А.Л., Шиткова О.А. 2002. Исследование влияния хаурантин на активность антиоксидантных ферментов в целомоцитах дальневосточных голотурий // Бюл. физиол. патол. дыхания. Вып. 11. С. 54-57.
- Долматова Л.С., Елисейкина М.Г., Ромашина В.В. 2004. Антиоксидантная ферментная активность целомоцитов дальневосточной голотурии *Eupentacta fraudatrix* // Ж. эвол. биох. и физиол. Т. 40. № 2. С. 104-111.
- Зенков Н.К., Меньшикова Е.Б., Вольский Н.Н., Козлов В.А. 1999. Внутриклеточный окислительный стресс и апоптоз // Успехи соврем. биол. Т. 119. № 5. С. 440-450.
- Ярилин А.А. 1996. Апоптоз и его место в иммунных процессах // Иммунология. № 6. С. 10-23.
- Curi T., Demelo M., Palanca A., Miyasaka C., Curi, R. 1998. Percentage of phagocytosis, production of  $O_2^-$ ,  $H_2O_2$  and NO, and antioxidant enzyme activities of rat neutrophils in culture // Cell. Biochem. Funct. V. 16. P. 43-48.
- Dolmatov I.Yu., Dolmatova L.S., Shitkova O.A., Kovaleva A.L. 2004. Echinoderms: München / Eds. Heinzeller T., Nebelsick J.H. Leiden, London, New York, Philadelphia, Singapore: A.A. Balkema Publishers. P. 105-111.
- Dolmatova L.S., Eliseykina M. G., Timchenko N. F. 2003. Generation of reactive oxygen species in the different fractions of the coelomocytes of holothurian *Eupentacta fraudatrix* in response to the thermostable toxin of *Yersinia pseudotuberculosis* *in vitro* // Chinese J. Limnology and Oceanology. V. 21. № 4. P. 293-304.
- Gurst J.E., Sheikh Y.M., Djerassi C. 1973. Synthesis of corticosteroids from marine sources // J. Am. Chem. Society. V. 9. № 2. P. 628-629.
- Komatsu N., Oda T., Muramatsu T. 1998. Involvement of both caspase-like proteases and serine proteases in apoptotic cell death induced by ricin, modeccin, diphtheria toxin, and *Pseudomonas* toxin // J. Biochem. V. 124. P. 1038-1044.
- Roccheri M.C., Tipa C., Bonaventura R., Matranga V. 2002. Physiological and induced apoptosis in sea urchin larvae undergoing metamorphosis // Int. J. Dev. Biol. V.46. N6. P. 801-806.
- Sasson R., Amsterdam A. 2003. Pleiotropic anti-apoptotic activity of glucocorticoids in ovarian follicular cells // Biochem. Pharmacol. V. 66. P. 1393-1401.
- Voronina E., Wessel G. 2001. Apoptosis in sea urchin oocytes, eggs and early embryos // Molecular reproduction and development. V. 60. P. 553-561.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА БИОПОЛИМЕРОВ ХРОМАТИНА РЕГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ПЕЧЕНИ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ЧАСТИЧНОЙ ГЕПАТЭКТОМИИ**

А.А. Дудко, В.А. Трофимов

Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск,  
e-mail: biotech@moris. ru

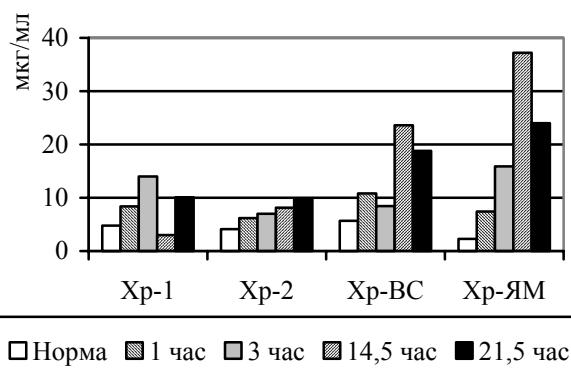
После стимуляции неделящихся клеток к пролиферации происходит комплекс биохимических реакций, необходимых для регулирования генной экспрессии. Активация хроматина связана с началом функционирования группы новых генов или митотического оперона и выражается в динамичной и быстро наступающей интенсификации синтеза РНК. В работе представлены данные, характеризующие динамику из-

менения содержания ДНК, РНК и белка во фракциях хроматина, различающихся прочностью прикрепления к ядерному матриксу, в периоды активно регенерирующей печени мышей с неодинаковым уровнем активной транскрипции (1-3 часов) и репликации (14-24 часов).

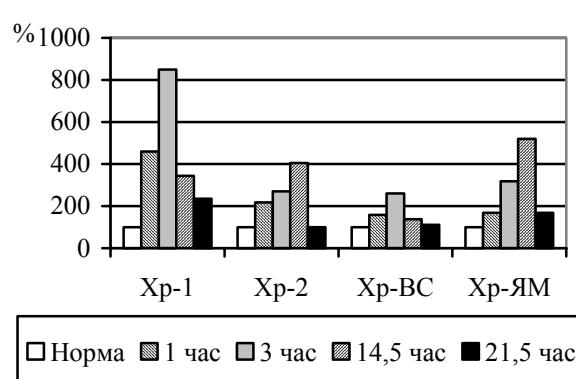
В опыте использовали белых беспородных мышей весом 20-30 г. Операцию резекции печени проводили под поверхностным эфирным наркозом в среднем 15 мин в 9-10 ч утра. Ядра выделяли в среде 0.05 М трис-HCl (рН 9.0) с 0.25 М сахарозы, 5 мМ CaCl<sub>2</sub>, 20 мМ NH<sub>4</sub>Cl при 4°C, очищали в среде с 0.25 % тритоном X-100 и осаждали через 1 М сахарозу при 1000 g. Активацию эндогенной Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>-ДНКазы проводили в течение 15 мин при 30°C в 0.05 М трис-HCl (рН 8.0) с 0.25 М сахарозой, 10 мМ MgCl<sub>2</sub> и 1 мМ CaCl<sub>2</sub> (Бойков и др., 1995; Борисова и др., 2003). Фракции хроматина экстрагировали ТМ буфером (10 мМ Tris-HCl pH 7.5) с различной ионной силой. Количества общего белка измеряли по методу Бредфорд. Белковый спектр оценивали электрофорезом в денатурирующих условиях в 15% ПААГ по методу Леммли. Количество ДНК определяли с реактива Дише, РНК с орциновым реагентом. Выделение ДНК проводили с использованием набора (DIAtomTM DNA Prep). Электрофорез ДНК проводили в агарозном геле. Регистрацию полученного электрофореза проводили в проходящем УФ-свете с использованием системы видеосканирования DNA-Analiz фирмы BIOcom.

В печени после частичной гепатэктомии отмечается несколько периодов, характеризующихся максимальным накоплением РНК, белков, ДНК. Так максимальный уровень РНК приходится на 3 час после гепатэктомии. При этом уровень РНК возвращается к контрольным показателям только к 21.5 часу после гепатэктомии.

Во фракции растворимого хроматина (ХР-1) наблюдается изменение уровня ДНК в зависимости от времени гепатэктомии. Уровень ДНК максимален к 3 часу после гепатэктомии и превышает контрольные показатели на 70 %. При этом уровень белка в данной фракции максимален к 3 часу после гепатэктомии и превышает уровень контроля на 750%. Во второй фракции растворимого хроматина (ХР-2) уровень ДНК максимально возрастает к 21.5 часу после гепатэктомии, тогда как содержание белка максимально возрастает к 14.5 часу, превышая уровень контроля на 300%.



**Рис. 1. Динамика изменения уровня ДНК во фракциях хроматина после частичной гепатэктомии (мкг/мл).**



**Рис. 2. Динамика изменения уровня белка во фракциях хроматина после частичной гепатэктомии (в % от контроля).**

Во фракции высокосолевого хроматина (ХР-ВС) уровень ДНК максимален к 14.5 часу и составляет 70% контроля. Уровень белка во фракции ХР-ВС максимален к 3 часу, превышая уровень контроля на 150%. В хроматине прочно связанным с ядерным матриксом (ХР-ЯМ) уровень ДНК максимален к 14.5 часу, он превышает контрольные показатели на 250%. Уровень белка в ХР-ЯМ максимален к 14.5 часу и в 4 раза превышает контрольные значения.

Таким образом, при частичной гепатэктомии содержание ДНК, РНК и белка в разные сроки наблюдение колеблется в весьма широких пределах. Динамика изменения содержания ДНК характеризует репликативную активность, а динамика содержания РНК и белка транскрипционную активность. Генетические процессы в данной экспериментальной модели регенерирующей печени характеризуются определенной периодичностью. При этом хроматин, различающийся прочностью прикрепления к ядерному матриксу, также имеет ряд специфических черт, характеризующих периодичность его вовлечения в тот или иной генетический процесс.

### **Список литературы**

Бойков П.Я., Костюк Г.В., Терентьев А.А., Шевченко Н.А. 1995. Концентрированиеprotoонкогенов в ядрах гепатоцитов // Молекулярная биология. Т. 29. Вып 5. С. 1137-1144.

Борисова Н.П., Костюк В.Г., Шевченко Н.А. и др. 2003. Двойственный характер действия эндогенных ДНКаз на транскрипционно активный и неактивный хроматин // Бюл. экспер. биол. и мед. Т. 135. № 3. С. 294-298.

## **ИМПУЛЬСНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНОВ МЕДИАЛЬНОГО ВЕСТИБУЛЯРНОГО ЯДРА ПРИ СВЕТОВОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ СТИМУЛЯЦИЯХ**

М.Л. Егиазарян, С.Г. Саркисян, С.М. Минасян, И.В. Маркарян

*Ереванский государственный университет, 375025 Армения, г. Ереван,*

*e-mail: anatom@ysu.am*

В последние годы исследования направлены на выявление биологических основ взаимодействия человека и окружающей среды на основе комплексного эколого-физиологического подхода, включающего анализ экологической значимости природных, социальных и технических факторов для организма. Целью настоящей работы явилось изучение фоновой импульсной активности (**ФИА**) нейронов медиального вестибулярного ядра (**МВЯ**) при световой и вибрационной стимуляциях.

Эксперименты проведены в условиях острого опыта на 16 крысах, наркотизированных нембуталом. Вибрация проводилась на вибростенде ЭВ-1 (частотой 60 Гц, амплитудой 0.4 мм) ежедневно по 2 ч в течение 5-и дней. Половина животных в процессе эксперимента дополнительно подвергалась низкочастотной световой стимуляции. Анализ регистрируемой **ФИА** проводился по компьютерной программе для биологических сигналов. Определялись стационарность и нестационарность импульсных потоков, величина межимпульсных интервалов (**МИ**), паттерн их распределения. Проводился аутокорреляционный анализ построения аутокоррелограмм **МИ** до 8-го порядка, отражающих регулярность текущей импульсной активности. Динамическая структура импульсного потока оценивалась по сериальным коэффициентам корреляции для совокупности сходных **МИ** в импульсных потоках до 50-го порядка. Для стационарных единиц рассчитывались средняя частота и коэффициент вариации.

Анализ показателей **ФИА** нейронов **МВЯ** выявил достоверные изменения основных характеристик **ФИА** нейронов и средней частоте после 5-и дневного вибрационного воздействия по сравнению с нормой.

При световой стимуляции установлены достоверные изменения характеристик нейрональной активности **МВЯ** по степени регулярности, динамическим показателям, модальности гистограмм **МИ**. Средняя частота **ФИА** нейронов **МВЯ** в контрольной группе составляла  $23.6 \pm 1.5$  Гц с преобладанием среднечастотных (11-30 Гц)

единиц. После световой стимуляции средняя частота **ФИА** нейронов понижалась до  $15.6 \pm 1.7$  Гц, при этом наблюдалось смещение в сторону преобладания нейронов, разряжающихся с частотой менее 10 Гц.

Полученные данные являются отражением процессов трансформации импульсной активности нейронов **МВЯ**, происходящих под воздействием стрессорных факторов.

## МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЩЕНКОВ ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К НЕВОЛЕ

И.А. Ерохина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 183010 г. Мурманск,  
e-mail: chiv1@front.ru

Морские млекопитающие до сих пор еще остаются недостаточно изученной с точки зрения биохимии группой животных, что делает вполне обоснованным выбор их в качестве объектов исследований. При содержании зверей в неволе непременным условием их длительного благополучия является снижение действия многочисленных стресс-факторов. С последними животные сталкиваются уже в момент пленения и транспортировки, в результате чего с первых дней пребывания в неволе в их организме происходят метаболические сдвиги, направленные на приспособление к новым условиям жизни. Первые недели после отлова считаются критическими и во многом определяющими выживаемость и дальнейшую жизнь млекопитающих в неволе (Ridgway, 1972). Характеристика динамики и выраженности отдельных биохимических изменений в крови играет важную роль в оценке характера адаптации животных к неволе и прогнозе существования их в заданных условиях. В рассматриваемом аспекте нельзя обойти изменения минерального состава крови ввиду важной роли минеральных веществ как компонентов ферментов, участвующих в поддержании клеточных функций, включая и те, что обеспечивают резистентность организма (Beisel, 1982). Последнее, в свою очередь, является чрезвычайно важным фактором в способности адаптироваться к изменившимся условиям существования.

Исследовали сыворотку крови щенков гренландского тюленя (*Phoca groenlandica* Erxleben, 1777) в возрасте около 20 суток в период голодаия после завершения молочного вскармливания и перехода к самостоятельному питанию. Этот период определяет специфическую особенность развития тюленей, т.к. в это время животные расходуют питательные вещества, накопленные во время молочного вскармливания. Так как голодание является физиологическим, а не патологическим состоянием щенков тюленя, последнее позволяет рассматривать в качестве действующего негативного процесса в течение наблюдения только стресс.

Во время зверобойного промысла тюленей на Белом море животных обследовали в условиях, близких к естественным, а затем доставляли их вертолетом в океанариум Мурманского морского биологического института КНЦ РАН. Тюленей содержали в закрытом помещении в ваннах с проточной морской водой. Взятие крови проводили на третий сутки после помещения тюленей в океанариум, а затем через 10 и 18 суток пребывания животных в неволе. В период наблюдения к самостояльному питанию звери не приступали.

Кровь брали из экстрадуральной вены. Пробирки с кровью оставляли на 1 ч при комнатной температуре для образования кровяного сгустка. Затем сыворотку отделя-

ли центрифугированием. Концентрацию меди, цинка, железа, магния, кобальта, марганца, натрия и калия определяли методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии на ААС-3. Содержание кальция определяли комплексонометрическим методом, неорганического фосфора – реакцией с ванадат-молибдатным реагентом. Показатели стресс-реакции (содержание эозинофилов, глюкозы, бактерицидная активность сыворотки крови) определяли общепринятыми лабораторными методами (Колб, Камышников, 1976). Статистическую обработку результатов проводили по (Кокунин, 1975).

У щенков гренландского тюленя, помещенных в океанариум, отмечены признаки стресс-реакции – увеличение уровня глюкозы в крови, эозинопения и снижение естественной резистентности организма (табл. 1). Первые два показателя считаются классическими критериями стресса у морских млекопитающих (Ridgway, 1972). На 18-е сутки наблюдения такие показатели, как количество эозинофилов и бактерицидная активность стабилизировались (различия по сравнению с контролем статистически недостоверны). Однако повышенное по сравнению с контролем содержание глюкозы не позволяет говорить о полном отсутствии стресс-реакции у тюленей в этот период.

**Таблица 1. Значения показателей стресс-реакции у щенков гренландского тюленя, помещенных в океанариум**

Показатели крови	Естественные условия, n=12	Время содержания в океанариуме (сут)		
		3, n=7	10, n=8	18, n=8
Эозинофилы (%) <sup>*</sup>	3.55±0.43	4.43±0.86 (>0.05)	1.75±0.39 (<0.01)	2.00±0.90 (>0.05)
Глюкоза (ммоль/л)	4.45±0.31	6.28±0.46 (<0.01)	7.15±0.85 (<0.01)	6.58±0.38 (<0.001)
Бактерицидная активность (%)	37.7±1.12	27.05±2.24 (<0.001)	32.14±0.98 (<0.01)	35.29±2.27 (>0.05)

*Примечание. В скобках указана степень достоверности различий по сравнению с соответствующими показателями в естественных условиях (то же для табл. 2); звездочкой отмечено, что абсолютное число лейкоцитов не изменилось (7.5-8.2 тыс/мкл); n – количество животных (то же для табл. 2).*

Результаты определения минеральных веществ в крови тюленей представлены в таблице 2.

По интенсивности изменений концентрации в первые дни содержания в неволе изученные катионы можно разделить на две группы: 1) повышение уровня на 3-и сутки пребывания в неволе составляет от 200 до 400% к исходному; 2) повышение уровня выражено в меньшей степени – до 150% к исходному, и для одного катиона – калия – отмечено понижение. В первой группе оказались железо, марганец, цинк, магний, кобальт, во второй – медь, кальций, фосфор, натрий.

Интересна динамика содержания марганца в период наблюдения. В отличие от других изученных катионов, его концентрация увеличивается вплоть до 10 сут, и только после этого начинается снижение, тогда как у других катионов после значительного повышения уровня на 3-и сутки эксперимента происходит столь же значительное снижение.

После незначительного, по сравнению с динамикой других катионов, повышения уровня меди на 3-и сутки эксперимента, содержание ее не претерпевает в дальнейшем существенных изменений. Это находит свое объяснение в свете представлений о чрезвычайно важной роли этого микроэлемента в организме и особенностях его метаболических функций. Так, ионы меди по сравнению с ионами других металлов

активнее реагируют и образуют более устойчивые комплексы с аминокислотами и белками, служат исключительно эффективными катализаторами, особенно в сочетании с белками. К тому же медь легко переходит из одного валентного состояния в другое, что особенно благоприятствует ее метаболическим функциям. В сыворотке крови почти вся медь входит в состав церулоплазмина, который не только выполняет роль резервуара для меди, но и транспортную функцию, регулируя баланс меди и обеспечивая выведение избытка меди из организма.

**Таблица 2. Содержание минеральных веществ в сыворотке крови щенков гренландского тюленя в первые дни пребывания в неволе**

Минеральные вещества	Естественные условия, n=12	Время содержания в океанариуме (сут)		
		3, n=7	10, n=8	18, n=8
Медь, мкмоль/л	14.15±0.42	22.76±0.61 (<0.001)	20.41±0.64 (<0.001)	22.02±0.55 (<0.001)
Цинк, мкмоль/л	23.42±0.69	76.14±2.11 (<0.001)	32.16±0.93 (<0.001)	37.83±1.14 (<0.001)
Кобальт, мкмоль/л	0.24±0.01	1.85±0.05 (<0.001)	0.48±0.02 (<0.001)	0.30±0.01 (<0.001)
Марганец, мкмоль/л	0.065±0.01	0.22±0.04 (<0.001)	0.25±0.03 (<0.001)	0.12±0.01 (<0.001)
Железо, ммоль/л	0.31±0.01	1.53±0.04 (<0.001)	0.86±0.02 (<0.001)	0.75±0.02 (<0.001)
Магний, ммоль/л	6.79±0.02	29.42±0.09 (<0.001)	16.13±0.05 (<0.001)	9.72±0.03 (<0.001)
Кальций, ммоль/л	7.94±0.51	19.74±0.60 (<0.001)	10.43±0.26 (<0.001)	9.24±0.28 (<0.001)
Фосфор, ммоль/л	3.73±0.17	4.95±0.15 (<0.001)	4.20±0.10 (<0.05)	3.61±0.12 (>0.05)
Кальций/Фосфор	1.60±0.28	3.99±0.54 (<0.001)	2.48±0.17 (<0.02)	2.56±0.24 (<0.02)
Калий, ммоль/л	4.74±0.02	1.37±0.01 (<0.001)	5.35±0.04 (<0.001)	3.45±0.02 (<0.001)
Натрий, ммоль/л	141.78±4.20	278.76±8.40 (<0.001)	159.47±4.77 (<0.01)	99.82±2.80 (<0.001)
Натрий/Калий	29.91±2.10	203.47±3.24 (<0.001)	29.26±1.76 (>0.05)	28.93±2.04 (>0.05)

Известно, что у млекопитающих стрессовые воздействия вызывают усиление неферментативного пути свободнорадикального окисления липидов в организме, в результате чего в различных органах и тканях накапливаются токсические продукты, обладающие гемолитической активностью. Эти соединения повреждают структуры клеточных мембран, в том числе транспортные системы, в результате чего увеличивается проницаемость и ингибируется активный перенос веществ (Меерсон и др., 1981).

Есть сведения о том, что у морских млекопитающих при стрессе в плазме происходит снижение уровня натрия и увеличение уровня калия разной интенсивности в зависимости от степени адаптированности животных (Мухля, Орлов, 1990). Наши исследования выявили противоположную направленность изменений этих катионов в сыворотке тюленей в первые дни пребывания в неволе. Видимо, объяснить этот факт можно с позиций исследователей, обнаруживших, что динамика калия при стрессе зависит от исходного содержания его в крови. В.И. Мартемьянов и сотр. (1987) в исследованиях на рыбах показали, что концентрация калия при стрессе понижается, ес-

ли объекты перед началом эксперимента уже находились в состоянии стресса. Соответственно, в крови животных уже наблюдалась гиперкалиемия и были включены системы, работа которых направлена на снижение концентрации калия в крови. Добавочное воздействие на фоне включенных защитных систем практически не оказывает дополнительного влияния в сторону увеличения содержания калия в плазме крови. Наоборот, концентрация его продолжает снижаться, стремясь к низкому оптимальному уровню (Мартемьянов и др., 1987).

Кроме абсолютных значений концентрации натрия и калия в крови, показателем состояния калий-натриевого насоса служит отношение между этими катионами. В таблице 2 видно, что значительное изменение этого показателя происходит на 3-и сутки пребывания тюленей в неволе. Однако, уже на 10-е сутки соотношение между натрием и калием возвращается к исходному и остается на этом уровне в дальнейшем.

По характеру изменений в минеральном составе сыворотки крови тюленей в период послеотловной адаптации последний можно разделить на 2 стадии. В первой, занимающей 1-3 сутки пребывания в неволе, происходят наиболее значительные сдвиги в содержании всех изученных катионов, отражая острую реакцию организма на действие стресс-фактора. Следующая стадия более протяженная и занимает все время до окончания эксперимента – до 18-ти суток пребывания в неволе. В этот период организм, видимо, активно использует компенсаторные механизмы для восстановления гомеостаза. Причем, степень возвращения уровней изученных показателей к исходному неодинакова. Наиболее выражена она для следующих катионов – медь, кальций, фосфор, натрий, калий, подтверждая их важность в нормальном функционировании организма. Поэтому компенсаторные механизмы более активны именно в отношении этих катионов.

В то же время следует отметить, что в течение периода наблюдения не произошло возвращения всех изученных показателей к исходному уровню. Это говорит о том, что период адаптации все еще продолжается, хотя реакция на стресс уже не носит острый характер. Впрочем, об этом же свидетельствуют наши данные по содержанию глюкозы – одного из показателей стресс-реакции у тюленей (табл. 1). В связи с вышеизложенным возникает вопрос о том, в течение какого времени происходит угасание стрессорных сдвигов и относительная стабилизация биохимических показателей крови у морских млекопитающих. Судя по нашим данным, этот период занимает более 18 суток. У других авторов (Мухля, Орлов, 1990) он ограничен 8-11 сутками пребывания животных в неволе. Несомненно, что период стабилизации зависит от многих факторов, в частности, от силы стрессового воздействия, от физиологического состояния животных.

### **Список литературы**

- Кокунин В.А. 1975. Статистическая обработка данных при малом числе опытов // Укр. биохим. журн. Т. 47. № 6. С. 776-790.
- Колб В.Г., Камышников В.С. 1976. Клиническая биохимия. Минск: Беларусь, 311 с.
- Мартемьянов В.И., Лиманский В.В., Бекина Е.Н., Яржомбек А.А. 1987. Динамика калия в плазме крови карпа при стрессе в зависимости от исходного содержания // Биохимия молоди рыб в зимовальный период. Петрозаводск. С. 89-95.
- Меерсон Ф.З., Архипенко Ю.В., Рожицкая И.И., Коган В.Е. 1981. Повреждение  $\text{Ca}^{++}$ -транспортирующей системы саркоплазматического ретикулума сердца при эмоционально-болевом стрессе // Бюл. экспер. биол. и мед. № 4. С. 405-406.
- Мухля А.М., Орлов М.М. 1990. Соотношение ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и гормонов коры надпочечников в крови у морских млекопитающих на разных этапах адаптации к пребыванию в

неволе // Тез. докл. X Всес. совещ. по изуч., охране и рац. исп. морских млекопитающих. М. С. 202-203.

Beisel W.P. 1982. Single nutrients and immunity // Amer.J.Clin.Nutr. V. 35. № 2. P. 34-38.

Ridgway S.H. 1972. Homeostasis in aquatic environment // Mammals of the sea, biology and medicine. P. 590-747.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПЕСТИЦИДОВ ДЛЯ ДАФНИЙ**

**Н.А. Жердев**

*Азовский НИИ рыбного хозяйства, 344007 г. Ростов-на-Дону,*

*e-mail: riasfp@aaanet.ru*

Проблема предупреждения неблагоприятного воздействия химических веществ на окружающую среду в настоящее время приобретает большое медико-биологическое значение. Одним из путей поступления в окружающую среду вредных веществ является увеличение количества новых синтетических пестицидов, применяемых в сельскохозяйственном производстве. Пестициды биологически активные вещества, поступая в окружающую среду способны циркулировать и накапливаться в ней. Попадая тем или иным путем в организм животных и человека, они воздействуют на ход обменных процессов, вызывая патологические изменения функций.

Существует проблема между возрастающей массой поступающих новых синтетических пестицидов и определением их биологической активности по физико-химическим свойствам веществ (Новиков и др., 1994). В разрешении этой проблемы в токсикологических исследованиях немаловажную роль играют методы математического моделирования и прогнозирования токсичности ксенобиотиков.

Анализ научной литературы показал, что существует тесная корреляционная связь между параметрами токсичности и некоторыми физико-химическими свойствами органических веществ: молекулярной массой, плотностью, температурой плавления и кипения (Заугольников, 1978; Голубев, Люблина, 1973; Люблина, Голубев, 1963; Люблина и др., 1971).

Из существующих физико-химических констант отражающих зависимость биологической активности химических веществ от их строения является коэффициент распределения октанол/вода ( $K_{ow}$ ), характеризующий способность веществ проникать через биологические мембранны и накапливаться в биологических структурах, а также их токсичность (Dudek, Short, 1992; Enslein, 1988; Щербакова и др., 2000).

Методы математического прогнозирования в экспериментальных исследованиях острой токсичности пестицидов позволяют сократить временные затраты с одной стороны, с другой – правильно планировать эксперимент и обоснованно выбирать концентрации веществ.

Цель работы заключалась в выявлении взаимосвязи показателей среднелетальных концентраций в остром опыте и коэффициентов распределения октанол/вода действующих веществ пестицидов.

Было проанализировано 21 действующее вещество пестицидов, относящихся к различным химическим классам. Данные по  $K_{ow}$  взяты из справочника по пестицидам (The Pesticide Manual, 1997).

В качестве тест-объекта использовали молодых особей *Daphnia magna* в возрасте трех дней. Среднелетальные концентрации ( $LK_{50}$ ) исследуемых действующих веществ пестицидов определяли на основе результатов острого опыта, проводившегося в течение 96 ч методом пробит-анализа по В.Б. Прозоровскому. Значения  $\log K_{ow}$  и

среднелетальных концентраций представлены в таблице. Экспериментальные величины ЛК<sub>50</sub> имели довольно большой разброс, поэтому они логарифмировались.

Для выявления степени связанности двух рядов показателей, значения которых являются двух сравниваемых переменных logK<sub>ow</sub> и logЛК<sub>50</sub>, вычисляли коэффициент корреляции (r), составивший величину -0,869, что показывает на значительную со-пряженность между исследуемыми признаками. Коэффициент корреляции свидетельствует о том, что величины сравниваемых показателей logK<sub>ow</sub> и logЛК<sub>50</sub> связаны обратной зависимостью, показывающей, что с уменьшением коэффициента октанол/вода увеличиваются значения ЛК<sub>50</sub>, т.е. к уменьшению токсичности и наоборот. Выявленная зависимость между logK<sub>ow</sub> и logЛК<sub>50</sub> позволило вывести регрессионное уравнение следующего вида: logЛК<sub>50</sub> = 3.009 – 0.6492 × logK<sub>ow</sub>

Это уравнение, по величине logK<sub>ow</sub> для действующих веществ пестицидов позволяет рассчитать теоретически ожидаемую среднелетальную концентрацию в ост-ром эксперименте для дафний.

**Таблица. Коэффициенты распределения октанол/вода и параметры острой экспериментальной и прогнозируемой токсичности действующих веществ пестицидов**

№ по п/п	Название действующего вещества	logK <sub>ow</sub>	ЛК <sub>50</sub> , мг/л	
			экспере- ментальные	прогнози- руемые
1	Лямбда-цигалотрин	7.0	0.007	0.029
2	Флузиафоп-П-бутил	4.5	1.09	1.226
3	Квизалофоп-П-тефурил	4.32	2.56	1.604
4	Феноксикарб	4.07	0.568	2.331
5	Фипронил	4.0	0.172	2.588
6	Толилфлуанид	3.9	6.75	3.005
7	Имазалил	3.82	2.2	3.387
8	Клодинафоп-пропаргил	3.8	90.0	3.49
9	Пенконазол	3.72	46.35	3.933
10	Тебуканазол	3.7	7.0	4.052
11	Триадимефон	3.11	16.0	9.786
12	Триадименол	3.08	45.75	10.235
13	Спироксамин	2.79	4.0	15.787
14	Фуберидал	2.67	3.76	18.887
15	Амидосульфурон	1.63	1510.0	89.357
16	Метамитрон	0.83	85.0	295.345
17	Йодосульфурон-метил натрия	0.7	800.0	358.674
18	Имидаклоприд	0.57	112.5	435.582
19	Изксрафлютол	0.365	77.75	591.718
20	Глюфосинат аммония	0.1	685.0	879.225
21	Биспиробак натрия	-1.03	10200.0	4758.499

В таблице представлены экспериментально установленные и прогнозируемые величины ЛК<sub>50</sub> для 21 действующего вещества пестицидов. Из этого числа, 9 прогнозируемых значений ЛК<sub>50</sub> находились в пределах одного порядка, 11 отличались на один порядок и одно - на два порядка.

Среднелетальные концентрации действующих веществ пестицидов, как мы видим из выше изложенного, проявляют выраженную зависимость от величины коэф-

фициента распределения октанол/вода, что позволяет использовать эту константу для ориентировочного определения среднелетальных концентраций и выбора концентраций при постановке острых экспериментов на дафниях.

### **Список литературы**

- Голубев А.А. и др. 1973. Количественная токсикология. Л. Медицина, 287 с.
- Заугольников С.Д. и др. 1978. Экспрессные методы определения токсичности и опасности химических веществ. Л. Медицина, 182 с.
- Люблина Е.И., Голубев А.А. 1963. Применение метода корреляционных плеяд для обнаружения связей между свойствами веществ и их токсичностью // Применение математических методов в биологии. Л. Т. 2. С. 90.
- Люблина Е.И. и др. 1971. Рекомендации для предварительной оценки токсичности химических веществ ускоренным методом. Л., 51 с.
- Новиков С.М. и др. 1994. Современные проблемы применения компьютерных систем для оценки токсикологической и экологической опасности химических веществ // Гигиена и санитария. № 5. С. 4-5.
- Щербакова Н.И. и др. 2000. К вопросу о предварительной оценке токсичности пестицидов // Основ. пробл. рыбного хоз-ва и охраны рыбохоз. водоемов Азово-Черноморского бас. Ростов-на-Дону. С. 355-361.
- Dudek R.B., Short R.D. // J. Toxicol. Environ. Health. 1992. V. 37. P. 511-518.
- Enslein K. // Toxicol. Industr. Health. 1988. V. 4. № 4. P. 479-498.

### **ПОКАЗАТЕЛИ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ *RANA ARVALIS* НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

О.Н. Жигилева, А.В. Буракова

Тюменский государственный университет, 625043 г. Тюмень,

e-mail: zhigileva@mail.ru

Амфибии составляют существенный компонент водных и наземных биоценозов и являются удобным объектом биологического мониторинга антропогенно-нарушенных территорий. Из множества различных методов оценки состояния популяций животных, последнее время уделяется особое внимание показателям флуктуирующей асимметрии (Гилева, Нохрин, 2001; Чеботарева, Изюмов, 2001; Гелашвили и др., 2002). Величина флуктуирующей асимметрии, определяемая как незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии между двумя сторонами тела, является характеристикой, по которой можно судить о стабильности развития организма (Захаров, 2001). Стабильность развития – это способность организма к формированию генетически детерминированного фенотипа. Основу любой морфологической изменчивости составляет генетическая, самым доступным методом выявления которой в популяциях любых видов организмов служит изучение полиморфизма белков. Как правило, эти подходы используются независимо друг от друга, между тем, в комплексном мониторинге природных популяций очевидна ценность интегрированных исследований. В связи с этим целью нашей работы была комплексная эколого-генетическая характеристика состояния популяций остромордой лягушки на урбанизированных и фоновых территориях.

Материалом для исследования послужили остромордые лягушки, отловленные в летний период 2003 и 2004 гг. в разных районах юга Тюменской области. Всего

ручным способом было отловлено 147 взрослых особей лягушек, в том числе в окрестностях биостанции «Озеро Кучак» Нижне-Тавдинского района – 105, в районе ТЭЦ-2 в черте г. Тюмени – 20 и окрестностях с. Рожево Голышмановского района – 22 особи. Для оценки стабильности развития использовали показатели флюктуирующей асимметрии по 12 признакам на левой и правой сторонах тела: число полос на бедре, голени и стопе, число пятен на бедре, голени, стопе и спине, число белых островков на внутренней стороне 2-го, 3-го и 4-го пальцев, число пор на внутренней стороне 4-го пальца, число зубов на сошнике. Уровень флюктуирующей асимметрии оценивали по следующим показателям: средняя частота асимметричного проявления на признак, которая представляет собой число асимметричных признаков на особь, деленное на число проанализированных признаков (Чубинишвили, 1998); среднее число случаев асимметрии на 1 особь, которое получается путем деления числа случаев асимметрии в выборке на количество особей; доля асимметричных особей по всем признакам – количество асимметричных лягушек, поделенное на объем выборки, %; доля асимметричных особей по разным признакам – число случаев асимметрии по каждому из признаков, деленное на объем выборки, % (Романов, Ковалев, 2004). Для оценки генетической изменчивости популяций лягушек стандартным методом электрофореза в ПААГ изучен полиморфизм белков мышц. Всего исследовано 14 локусов, кодирующих неспецифические эстеразы, ААТ, СОД, МДГ, миогены.

В популяциях остромордой лягушки по 12 исследованным признакам асимметричны 99-100% особей, на каждую особь приходится 4.7-4.9 случаев асимметрии. Средняя частота асимметричного проявления на признак составляет 0.39-0.41 и достоверно не различается в разных районах (табл.).

**Таблица. Показатели флюктуирующей асимметрии остромордой лягушки**

Признак	Район исследования		
	Кучак	ТЭЦ-2	с. Рожево
Ср. частота асимметричного проявления на признак	0.39 ± 0.01	0.41 ± 0.03	0.40 ± 0.02
Ср. число случаев асимметрии на особь	4.66	4.90	4.80
Доля асимметричных особей по признакам:			
Число полос на бедре	48.57 ± 3.45	50.00 ± 7.91	63.64 ± 7.25
Число пятен на бедре	53.33 ± 3.44	75.00 ± 6.85*	40.91 ± 7.41
Число полос на голени	60.95 ± 3.37	50.00 ± 7.91	63.64 ± 7.25
Число пятен на голени	60.00 ± 3.38	65.00 ± 7.54	77.27 ± 6.32**
Число полос на стопе	48.57 ± 3.45	50.00 ± 7.91	72.73 ± 6.72*
Число пятен на стопе	48.57 ± 3.45	60.00 ± 7.75	45.45 ± 7.51
Число пятен на спине	76.19 ± 2.94	85.00 ± 5.65***	63.64 ± 7.25
Число ост-ков на 2ом пальце	0.95 ± 0.67	0	0
3ем пальце	1.90 ± 0.94*	0	0
4ом пальца	5.71 ± 1.60*	0	0
Число пор	3.81 ± 1.32*	0	0
Число зубов на сошнике	57.14 ± 3.41	55.00 ± 7.87	50.00 ± 7.54
По всем признакам	99.05 ± 0.67	100	100

*Примечание: \* - достоверно больше по сравнению с другими районами ( $P<0.05$ ); \*\* - достоверно больше по сравнению с Кучаком ( $P<0.05$ ); \*\*\* - достоверно больше по сравнению с Рожево ( $P<0.05$ ).*

Доля асимметричных особей по разным признакам варьирует от 1.9 до 85%. Наибольшую степень асимметрии проявляют лягушки по числу пятен на спине, голени, бедре и стопе, причем лидируют по этим показателям лягушки, отловленные в районе ТЭЦ-2 и с. Ражево. У кучаковских лягушек выявлена асимметрия по числу белых островков и пор на пальцах. Также были исследованы различающиеся по антропогенной нагрузке биотопы в окрестностях биостанции. Не выявлено достоверных отличий по общим показателям флюктуирующей асимметрии и по большинству исследованных признаков у лягушек, отловленных в карьере, липняке и вдоль железнодорожного полотна. Исключение составляют признаки: число островков и пор на пальцах, асимметрия по которым выявлена только у лягушек из карьера и липняка. У лягушек, отловленных вдоль железной дороги, понижены среднее число случаев асимметрии на особь и доля асимметричных особей по всем признакам, что может быть связано с большим давлением отбора на асимметричных животных в этом биотопе.

Доля полиморфных локусов (95%) составила в районе биостанции 53.8%, в черте города она была ниже - 42.8%, а средняя частота гетерозигот на локус, напротив, была несколько выше в городе ( $17.2 \pm 6.2$ ), чем в районе биостанции ( $11.6 \pm 3.6$ ). У остромордых лягушек на фоновых (оз. Кучак, с. Ражево) и урбанизированных (г. Тюмень, ТЭЦ-2) территориях выявлен значительный уровень флюктуирующей асимметрии и генетической изменчивости. В популяции асимметрично 99-100% особей, на каждую в среднем приходится до 5 случаев асимметрии; полиморфны около 50% изученных локусов со средней частотой гетерозигот 12-17% на локус. Не выявлено достоверных различий в уровнях асимметрии и полиморфизма лягушек на фоновых и урбанизированных территориях. Остромордая лягушка обладает высокой экологической и генетической пластичностью, которая позволяет ей адаптироваться к обитанию в антропогенно-нарушенных ландшафтах.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Минобразования РД02-1.4-8.*

#### Список литературы

- Гелашвили Д.Б., Чупрунов Е.В., Логинов В.В., Силкин А.А. 2002. Структурно-информационные показатели флюктуирующей асимметрии амфибий на загрязненных территориях // Современные проблемы водной токсикологии. Тез. докл. конф. Борок. С. 81-82.
- Гилева Э.А., Нохрин Д.Ю. 2001. Флюктуирующая асимметрия краинометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиационного неблагополучия // Экология. № 1. С. 22-49.
- Захаров В.М. 2001. Онтогенез и популяция (Стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. № 3. С. 164-168.
- Романов Н.С., Ковалев М.Ю. 2004. Флюктуирующая асимметрия серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 1. С. 109-117.
- Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г. 2001. Морфологическая изменчивость, флюктуирующая асимметрия и частота микроядер в эритроцитах периферической крови у серебряного карася *Carassius auratus gibelio* из пруда-отстойника бытовых стоков // Вопросы ихтиологии. Т. 41. № 2. С. 283-285.
- Чубинишвили А.Т. 1998. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе средней Волги // Экология. № 1. С. 71-74.

## **ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ АДЕНИЛАТОВ В ТКАНЯХ КАРПА**

А.А. Жиденко, О.Б. Мехед, Е.В. Бибчук

*Черниговский государственный педагогический университет, 14053 Украина,  
г. Чернигов, e-mail: imc@chspu.edu.ua*

Процесс интенсификации сельского хозяйства с каждым годом приобретает все более значительные масштабы, в связи с чем усиливается приток пестицидов в водные объекты, что в свою очередь приводит к нарушению экологического равновесия и разбалансированию процессов саморегуляции водоёмов. Исследования, проведенные на Украине в 1990 году, показали, что в ряде регионов страны пестициды проникли в грунтовые воды на глубину до 220 м. Всего в подземных водах было выявлено 40 видов остаточных количеств пестицидов и их метаболитов (Злобин и др., 2003).

Известно, что основным источником загрязнения водоемов пестицидами является сток талых, дождевых и грунтовых вод с обработанных площадей, а также снос воздушной волной во время обработки объектов, находящихся в непосредственной близости к водоёмам. Кроме того, пестициды могут целенаправленно быть внесены в воду в качестве инсектицидов, гербицидов, ихтиоцидов, моллюскоцидов, бактерицидов и др.

Попавшие в водоем пестициды могут включаться в трофические цепи и круговорот веществ. В результате чего наблюдается их накопление в органах и тканях гидробионтов, в мule, водорослях и водных растениях (Метелев и др., 1971), что, в свою очередь, оказывает неблагоприятное действие при использовании продукции водоемов пищевой промышленностью.

Как известно, устойчивость рыб к действию неблагоприятных экологических факторов определяется их энергообеспеченностью, т.е. способностью ферментативных систем организма генерировать достаточное количество макроэргических соединений для противодействия этим факторам.

Аденозинтрифосфорная кислота является уникальным аккумулятором энергии и может быть источником фосфора и энергии для разнообразных процессов, которые обеспечивают жизнедеятельность организма и вкусовые качества рыбы. Исходя из вышеизложенного, целью данной работы было: изучить влияние гербицидов – 2.4-ДА (аммонийной соли 2.4-дихлорфеноксикусной кислоты) и зенкора на содержание аденилатов в белых мышцах, печени и мозге двухлеток карпа (товарной рыбы).

При исследовании действия пестицидов, их концентрацию (0.2 мг/л) создавали путем внесения рассчитанных количеств 40%-ного водного раствора 2.4-ДА аммониевой соли и 70%-ного порошка зенкора в воду 200-литровых аквариумов. После 14-дневной инкубации при постоянном гидрохимическом режиме воды. Качественно и количественно содержание аденилатов в тканях рыб определяли используя пластиинки «Силуфол» для тонкослойной хроматографии (Маяревская, 1985).

Полученные данные были обработаны статистически по методу И.А. Ойвина (1960). Кроме того, для более полной оценки состояния аденилатной системы в исследуемых тканях карпа в условиях пестицидной нагрузки были рассчитаны следующие характеристики энергетического состояния клетки: аденилатный энергетический заряд (АЭЗ) и отношение действующих масс аденилаткиназной реакции (ДМАК) (Ленинджер, 1985).

Результаты, полученные в ходе исследования, приведены в таблице. Анализ полученных данных показал тканевую и пестицидную специфичность в изменениях содержания аденилатов. Под влиянием зенкора происходит снижение концентрации ATP, ADP, AMP во всех исследуемых тканях, за исключением мозговой, где содержание AMP увеличивается на 23.5%, а уровень ADP практически не изменяется,

**Таблица. Показатели энергетического обмена в тканях двулетнего карпа в условиях гербицидной нагрузки, мкмоль/г ткани (M±m, n=5)**

№		Контроль	2.4-ДА	P	Зенкор	P
Белые мышцы						
1	ATP	1.647±0.336	0.768±0.241	<0.1	0.888±0.414	<0.5
2	ADP	2.145±0.125	0.907±0.301*	<0.01	0.295±0.016*	<0.01
3	AMP	2.450±0.350	2.012±0.250	<0.5	1.239±0.328*	<0.05
4	ATP/ADP	0.768	0.847		3.010	
5	Сумма аденилатов	6.242	3.607	-	2.422	-
6	АЭЗ	0.436	0.339	-	0.428	-
7	ДМАК	0.877	1.878	-	12.646	-
Печень						
1	ATP	3.481±0.380	3.734±0.210	<0.5	1.147±0.142*	<0.001
2	ADP	1.511±0.308	1.190±0.275	<0.5	0.915±0.005	<0.1
3	AMP	4.693±0.484	2.747±0.109*	<0.01	4.428±0.409	<0.5
4	ATP/ADP	2.304	3.138		1.254	
5	Сумма аленилатов	9.685	7.671	-	6.490	-
6	АЭЗ	0.437	0.564	-	0.247	-
7	ДМАК	7.155	7.244	-	6.066	-
Мозг						
1	ATP	1.432±0.463	1.579±0.196	<0.5	0.901±0.354	<0.1
2	ADP	1.425±0.322	1.036±0.466	<0.1	1.611±0.389	<0.5
3	AMP	1.703±0.475	0.748±0.046	<0.01	2.147±0.207	<0.1
4	ATP/ADP	1.001	1.524	-	0.559	-
5	Сумма аленилатов	4.560	3.363	-	4.659	-
6	АЭЗ	0.470	0.624	-	0.366	-

поэтому для этой ткани неизменна и сумма аденилатов. Что касается 2.4-Д, то его действие противоположно: сумма аденилатов во всех тканях значительно меньше, чем в контроле, а уровень ATP в печени и мозге практически не изменяется. Из исследованных тканей наибольшие негативные изменения наблюдаются в белых мышцах, а наименьшие - в мозге. Снижение ADP более, чем в 7 раз в белых мышцах под действием зенкора приводит к резкому увеличению отношения действующих масс аденилаткиназной реакции и невозможности ресинтеза ATP, что подтверждается высоким значением отношения ATP/ADP=3.010, при некоторой стабильности АЭЗ.

При действии 2.4-Д тенденция несколько иная, особенно для печени и мозга: при некоторой стабильности ДМак незначительное возрастание АЭЗ, что свидетельствует об активизации энергетического обмена при действии 2.4-Д и истощении энергетических ресурсов при действии зенкора.

#### Список литературы

- Врочинский К.К., Теличенко М.М., Мережко А.И. 1980. Гидробиологическая миграция пестицидов. М.: Изд-во МГУ, 120 с.
- Жиденко А.А., Яковенко Б.В., Явоненко А.Ф. 1990. Состояние энергогенерирующей системы в тканях у зимующей молоди карпа. Ак. Наук УССР. Редколлегия «Гидробиологического журнала». Киев, 27 с.

- Злобін Д.А., Кочубей Н.В. 2003. Співжиття в агроекосистемах. Бур'яни, хвороби та шкідники // Загальна екологія. Суми: Уріверситетська книга. С. 272-278.
- Леннінджер А. 1985. Основы біохімії. Т. 2. М.: Мир, 640 с.
- Маляревская А.Я., Бильк Т.И. 1985. Определение макроэргических соединений в мышцах и печени рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Часть V. Вильнюс. С. 83-89.
- Метелев В.В., Капаев А.И., Дзасохова Н.Г. 1971. Водная токсикология. М.: Колос, 247 с.
- Ойвин И.А. 1960. Статистическая обработка результатов экспериментального исследования // Патол., физиол. и эксперим. терапия. № 4. С. 76-85.

## **ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ТКАНЯХ КАРПА**

А.А. Жиденко, О.Б. Мехед, Е.В. Близнюк

Чернігівський державний педагогічний університет, 14053 Україна,  
г. Чернігів, e-mail: imc@chspu.edu.ua

Использование все более действенных средств защиты культурных растений от вредителей и сорной растительности приводит с каждым годом к увеличению притока пестицидов в водные объекты. Ситуация усугубляется тем, что в природных условиях пестициды в большинстве случаев действуют не индивидуально, а в комплексе с другими токсикантами, где влияние каждого из них даже в концентрациях, лежащих в пределах ПДК, может быть причиной существенных нарушений в сложных и взаимосвязанных звеньях экосистемы.

Поэтому становится все более актуальным изучение особенностей протекания обмена веществ и его интенсивности в тканях гидробионтов в условиях загрязнения среды пестицидами, а также токсикорезистентности гидробионтов. Количество пестицидов, которые уносятся поверхностным стоком, зависит от их физико-химических свойств, условий применения (товарная форма, метод применения и норма расхода) и климатических особенностей (наличие водной эрозии почв, выпадение ливней и пр.).

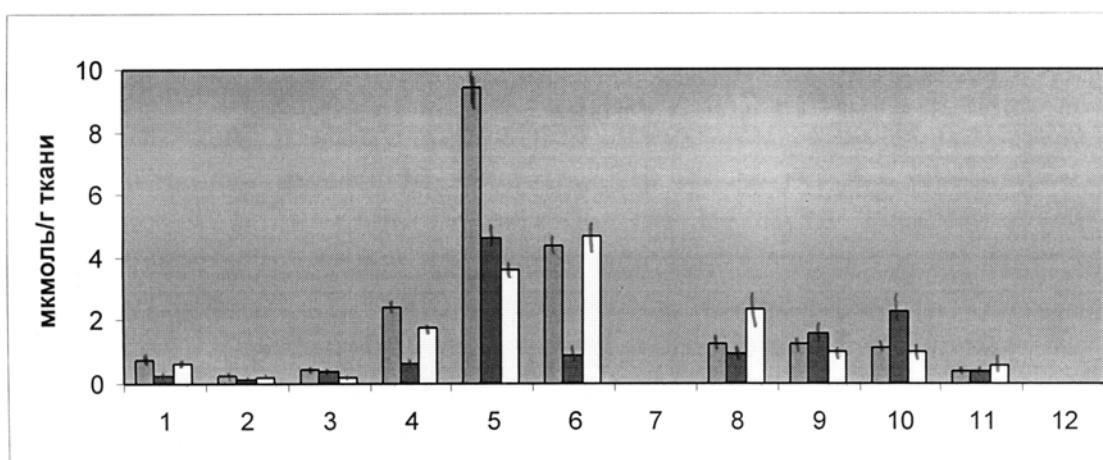
Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы было: изучить влияние гербицидов – 2.4-ДА (аммонийной соли 2.4-дихлорфеноксиусной кислоты) и зенкора на содержание свободных аминокислот в белых мышцах, печени и мозге двухлеток карпа (товарной рыбы).

При исследовании действия пестицидов, их концентрацию (0.2 мг/л) создавали путем внесения рассчитанных количеств 40%-ного водного раствора 2.4-ДА аммониевой соли и 70%-ного порошка зенкора в воду 200-литровых аквариумов. В тканях рыб определяли качественное и количественное содержание аминокислот методом восходящей хроматографии (Пасхина, 1964; Ali, 1983).

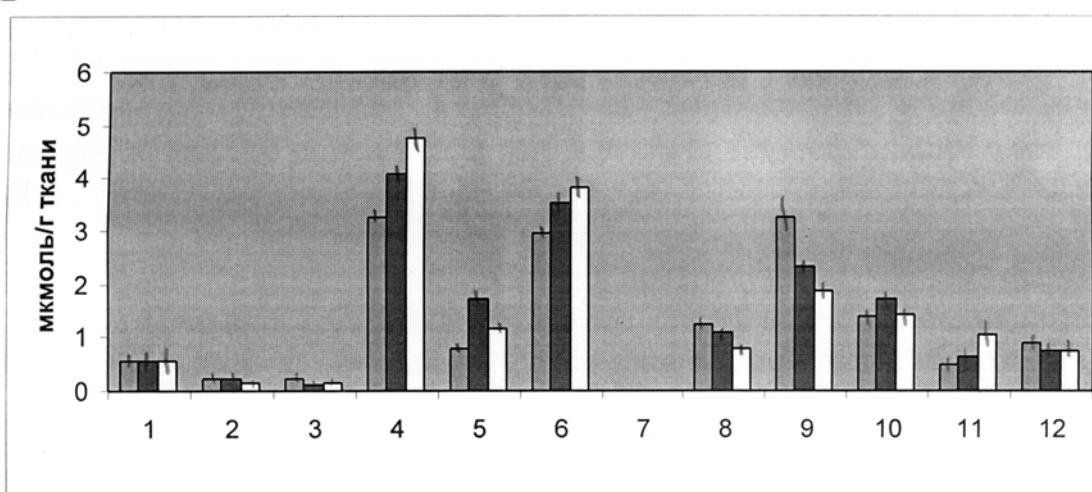
Полученные данные были обработаны статистически по методу И.А. Ойвина (1960). Анализ показал, что под действием обоих гербицидов в белых мышцах рыб увеличилась сумма свободных аминокислот (на 11.3% при токсикозе 2.4-ДА и практически на 82% - зенкором), это вероятнее всего указывает на высокий уровень катаболизма мышечных белков и недостаточную ферментативную активность в использовании этих аминокислот. В то же время при использовании 2.4-ДА наблюдается уменьшение количества изолейцина (практически в 3 раза), аспарагиновой кислоты (в 4 раза), серина с глицином (в 2 раза) и глутаминовой кислоты (в 5 раз) с одновременным увеличением количества цистеина практически в 2 раза. В то время как под действием зенкора в 2.1 раза уменьшается количество валина, в 1.2 раза - лизина и

А – белые мышцы; Б – печень; В – мозг

А



Б



В

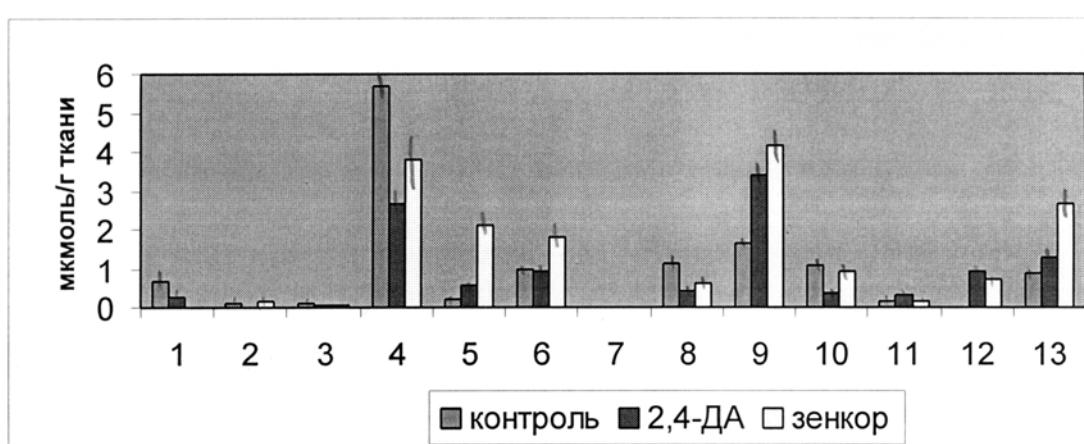


Рис. Влияние гербицидного токсикоза на содержание свободных аминокислот в тканях карпа ( $M \pm m$ ,  $n=5$ ). 1 – лей+изо; 2 – фен; 3 – вал; 4 – гли; 5 – асп; 6 – глу; 7 – арг; 8 – тре; 9 – лиз; 10 – цис; 11 – ала; 12 – гис; 13 – ГАМК.

цистеина, в 2.6 раза - смеси серина с глицином и в 2 раза увеличивается количество треонина.

Под действием обоих токсикантов в печени, аналогично белым мышцам, увеличивается показатель суммы свободных аминокислот на 10% независимо от применяемого пестицида, а в мозге исследованных рыб изменения данного показателя неоднозначны: при токсикозе 2.4-ДА наблюдается его уменьшение на 15%, в то время как зенкор вызывает увеличение суммы свободных аминокислот на 24%.

В печени и мозге карпа под действием зенкора отмечено увеличение содержания глутаминовой кислоты, что согласуется с известными фактами о центральной роли данного метаболита на пути диссимиляции остальных аминокислот в процессе их дезаминирования через глутаматдегидрогеназную систему (Хочачка, Сомеро, 1988), аналогичная закономерность при действии обоих токсикантов характерна и для другой дикарбоновой кислоты – аспарагиновой, принимающей участие в трансаминазной реакции.

Увеличение содержания аланина свидетельствует об усилении процессов переаминирования. Количество цистеина в разных органах рыб изменяется неоднозначно, что можно объяснить участием в адаптивной перестройке структуры мембранных белков и синтезе глутатиона (Савицкий, 1982). Уменьшение уровня фенилаланина, валина, глицина и других аминокислот объясняется усилением катаболизма аминокислот в условиях пестицидной нагрузки, как это описано для рыб в условиях интоксикации фенолом (Сомкина, 1968).

### **Список литературы**

- Ойвин И.А. 1960. Статистическая обработка результатов экспериментального исследования // Патол., физиол. и эксперим. терапия. № 4. С. 76-85.
- Пасхина Т.С. 1964. Количественное определение аминокислот при помощи хроматографии на бумаге // Современные методы в биохимии. Москва: Медицина. С. 162-181.
- Савицкий И.В. 1982. Биохимия. М.: Вища. школа, 147 с.
- Сомкина Н.В., Кричевская А.А. 1968. Аминокислоты в мозге рыб // Журн. эвол. физиол. и биохим. Т. 24. № 6. С. 489-493.
- Хочачка П., Сомеро Д. 1988. Биохимическая адаптация. М.: Мир, 568 с.
- Ali S.N. 1983. Paper chromatographic separation of phosphate esters, tricarboxylic cycle acids and amino acid in extracts from malaria parasites // Liverpool School of Tropical Medicine Pembroke Place. V. 7. P. 35-41.

## **НАРУШЕНИЕ ПРО-/АНТИ-ОКСИДАНТНОГО БАЛАНСА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ СОЛЯМИ МЕДИ И КОБАЛЬТА**

Е.Ю. Зайченко, Е.В. Севериновская, А.И. Дворецкий, М.А. Григорова  
*Днепропетровский национальный университет, 49050 Украина,*  
*г. Днепропетровск, e-mail: dvoretsk@ff.dsu.dp.ua*

Техногенное загрязнение окружающей среды солями металлов ведет к поступлению в организм существенных количеств этих элементов, часто превышающих допустимые нормы. В наших экспериментах исследовалось хроническое влияние  $\text{Co}^{2+}$  (5 ПДК) и  $\text{Cu}^{2+}$  (20 ПДК), поступавших в организм животных с водой для питья в концентрациях, соответствующих уровням индустриальных и аграрных загрязнений, на уровень малонового диальдегида (**МДА**), активность антиокислительных ферментов – супероксиддисмутазы (**СОД**) и каталазы (**КАТ**), а также на общую антиокислительную активность (**ОАА**). Установлено, что ионы меди приводят к достоверному увеличению уровня **МДА** – конечного продукта перекисного окисления липидов (**ПОЛ**)

– практически во всех органах, кроме легких и плазмы крови. Самый высокий прирост МДА установлен в эритроцитах (на 103%), достаточно существенный – в больших полушариях мозга (на 53%), мозжечке (на 47%), стволе мозга (на 42%), сердце (на 49%), селезенке (на 27%) и печени (на 17%), результатом чего могут быть серьезные нарушения обмена веществ. Анализируя влияние  $\text{Co}^{2+}$  на процессы ПОЛ, можно отметить, что в большинстве объектов содержание МДА по сравнению с контролем не изменялось. Достоверный прирост этого показателя был отмечен лишь в селезенке (21%), легких (40%) и эритроцитах (66%). Таким образом, установлено токсическое действие избытка меди и кобальта, необходимых для организма в качестве микроэлементов, а также органоспецифичность усиления процессов липопероксидации. Последняя может быть связана с различной степенью накопления, связывания и выведения металлов в изученных органах. Меньший подъем ПОЛ в случае кобальта, по сравнению с медью, очевидно, обусловлен значительной разницей в концентрации данных элементов в воде для питья. При изучении состояния антиоксидантной защиты клеток от действия продуктов свободнорадикальных реакций выявлено, что активность СОД и КАТ во всех органах и тканях значительно повышается под влиянием как меди, так и кобальта, что свидетельствует о мобилизации компенсаторно-защитных механизмов организма в ответ на образование свободных радикалов и длительное накопление первичных липидных перекисей. Однако, общая антиокислительная активность, которая отражает эффективность защитного процесса, значительно снижена при действии обоих металлов, за исключением случаев сердца и больших полушарий головного мозга. Таким образом, интоксикация организма медью и кобальтом приводит к разрегулированию защитных свойств антиоксидантной системы в целом в ответ на усиление процессов ПОЛ, несмотря на эффективное функционирование отдельных звеньев этой многокомпонентной разноуровневой системы.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ И СКОРОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ У ПРУДОВОЙ ЛЯГУШКИ *RANA LESSONAE*

Р.И. Замалетдинов\*, В.И. Беляевский\*\*, Р.И. Михайлова\*\*

\*Институт экологии природных систем АН РТ, 420087 г. Казань,

\*\*Казанская государственная академия ветеринарной медицины, 420074  
г. Казань, e-mail: i.ricinus@rambler.ru

Исследование демографии природных популяций – важный аспект в системе сохранения биологического разнообразия. Демографическая характеристика популяции – показатель особенностей ее эволюции в непрерывно изменяющихся условиях обитания. Земноводные характеризуются значительной продолжительностью жизни в сочетании с высокой смертностью, особенно на ранних этапах онтогенеза и являются удобным объектом для изучения демографии популяций.

Земноводных можно классифицировать как животных с «бесконечным» ростом – то есть они способны расти на протяжении всей своей жизни (Мина, Клевезаль, 1976). На основании этого положения в традиционных подходах исследования демографической структуры популяций и роста амфибий до второй трети прошлого столетия господствовал метод относительного определения возраста особей по их положению в ряду возрастного состава выборки. В настоящее время принято считать, что наиболее надежным методом для исследования демографии популяций амфибий яв-

ляется массовое индивидуальное мечение с повторным отловом. Однако, этот подход имеет существенные ограничения, которые не позволяют использовать его в ряде случаев (Ищенко, 1999). Наибольшее распространение, в силу своей относительной простоты, в практике получил метод абсолютного определения возраста по регистрирующим структурам, основанный на выявлении различной скорости роста костной ткани во время вегетационного периода и спячки, когда образуются хорошо заметные слои, называемые в литературе линиями склеивания (Смирна, 1989; Castanet, Smirina, 1990). Данный подход позволяет не только определить с высокой точностью абсолютный возраст особи, но и провести ретроспективную оценку размеров тела – иначе говоря, определить скорость линейного роста (Смирна, 1983). В настоящее время возможность исследования возраста скелетохронологическим методом показана для более, чем 30 видов земноводных (Smirina, 1994).

Целью данного исследования является прижизненное определение возраста амфибий скелетохронологическим методом и исследование особенностей размерно-возрастной структуры популяции на примере массового для Республики Татарстан вида – прудовой лягушки.

Материалом послужила выборка прудовых лягушек *Rana lessonae* Camerano, 1882 (n=97), которая была собрана в течение полевого сезона (с мая по октябрь) 2003 года на территории Раифского участка Волжско-Камского государственного заповедника на оз. Гнилое. Озеро Гнилое – небольшой лесной водоем, представляющий собой «окно» в сфагновой сплавине. Оно окружено кустарниково-осоковой сплавиной, переходящей к юго-востоку в осоково-сфагновое болото. Дно выровнено илистыми отложениями. Максимальная глубина, включая донные отложения, достигает 11 м (Тайсин, 1996). Достоверность определения лягушек была подтверждена методом проточной ДНК-цитометрии в Институте цитологии РАН (Боркин и др., 2003). Для определения возраста были взяты поперечные срезы фаланг четвертого пальца на правой задней конечности. Срезы толщиной 23 мКм были сделаны из середины диафиза фаланги по стандартной методике (Смирна, 1989; Castanet, Smirina, 1990). Для определения темпов резорбции костной ткани со стороны эндоста мы сопоставляли диаметр (D) костно-мозговой полости и диаметры (средняя величина суммы максимального и минимального диаметра поперечного среза) неправильных окружностей, образуемых первой, второй и последующими линиями склеивания. Измерение диаметра костно-мозговой полости включало эндостальное кольцо, так как резорбция первоначально отложенной периостальной кости, в которой формируются годовые слои, идет со стороны эндоста, при этом расширяется костно-мозговая полость и формируется слой эндостальной кости. Чтобы сопоставление вышеуказанных промеров было корректным, срезы у всех экземпляров срезы брали из строго определенного участка – где проходит отверстие для кровеносного сосуда. Это отверстие находится в самом центре диафиза трубчатых костей, где наиболее широк слой периостальной кости. Промеры проводились окуляр-микрометром (цена деления – 0.0111 мм). Полученные данные были статистически обработаны при помощи пакета Statistica v. 5,5 A.

Использование трубчатых костей для определения возраста земноводных предпочтительнее по сравнению с плоскими костями, в связи с лучшей видимостью слоистой структуры. Вместе с тем использование в качестве регистрирующей структуры трубчатых костей сопряжено с возможной погрешностью, связанной с резорбцией линий склеивания у молодых животных до наступления половозрелости. Показано, что после наступления половозрелости темп резорбции линий склеивания, соответствующих первым зимовкам, со стороны эндостальной полости резко замедляется и при анализе результатов ею можно пренебречь (Turner, 1960). Для чистоты оценки мы отдельно проводили анализ темпов резорбции у взрослых самок и самцов (определение пола проводилось по вторичным половым признакам без вскрытия животных).

На всех препаратах линии склеивания были видны четко. Максимальное число линий склеивания – пять. Линия склеивания, соответствующая первой зимовке, на всех препаратах полностью резорбирована.

Проведенный нами анализ темпов резорбции линий склеивания (табл. 1) показал, что у части самцов резорбция прекращается уже после первой зимовки, а у части после второй. У первой группы самцов максимальная продолжительность жизни не превышала 3 лет (на срезах видны две полные линии склеивания). Для самок характерна полная резорбция первой линии склеивания, и частичная или полная резорбция второй линии. Таким образом, если наше предположение о темпах резорбции верно, то самцы из исследованной популяции достигают половозрелости на втором-третьем, а самки на третьем году жизни. Максимальная продолжительность жизни особей в исследованной выборке составляет семь лет. Этого возраста достигают как самцы, так и самки. Наши результаты соответствуют данным, приводимым в литературе (Боркин, 1998).

В табл. 2 представлены данные о размерах особей разных возрастов. На основании этих данных можно сделать вывод, что максимальные размеры тела не соответствуют большему возрасту, а сами размеры особей разного возраста могут перекрываться.

Размеры самцов и самок одного возраста почти не отличаются, хотя имеет место тенденция больших размеров у самок. Самцы, достигающие половозрелости после первой зимовки, в ряду одновозрастных особей имеют несколько большие размеры, однако различия недостоверны.

Следует отметить почти полное отсутствие различий по длине тела между половозрелыми особями разных возрастов – показатели длины тела в большинстве случаев достоверно отличаются только по сравнению с сеголетками и годовиками. Это свидетельствует о неравномерном росте особей в пределах одной популяции и о невозможности использования линейных размеров тела в качестве критерия оценки возраста.

**Таблица 1. Ширина костномозговой полости и кости в середине диафиза фаланги четвертого пальца правой задней конечности прудовых лягушек**

Пол	Показатель	D <sup>*</sup> костно-мозговой полости с эндостальными колышками	D <sup>*</sup> кости, ограниченной			D кости у особей старше 5 лет	D кости у сеголеток (M±m / lim)	D кости у годовиков без учета ♂♂** (M±m / lim)
			1-й л.с.	2-й л.с.	3-й л.с.			
♂♂	M±m / Lim (n)	19.95±0.47 / 18.3-24.52 (n=16)	22.05±1.40 / 19.85-27 (n=5)	25.32±2.17 / 20.05-35.47 (n=7)	29.31±2.21 / 29.13-35.57 (n=2)	37.09±0.78 / 35.19-39.23 (n=5)		
♂♂**	M±m / lim (n)	14.95±1.35 / 12.3-21.5 (n=18)	23.05±1.4 / 18.85-25 (n=3)	24.44±1.26 / 21-31.65 (n=7)	-	-	13.77±0.66 / 10.8 - 16.35 (n=14)	20.97±0.41 / 18.8 - 23.7 (n=19)
♀♀	M±m / lim (n)	21.48±1.04 / 17.3-26.5 (n=22)	22.87±0.73 / 18.85-25.65 (n=7)	26.57±0.48 / 22.3-29.44 (n=7)	31.32±1.03 / 27.13-38.57 (n=2)	41.54±3.51 / 26.15-51.8 (n=6)		

\* все измерения представлены в делениях окуляр-микрометра; \*\* отмечены самцы, у которых резорбция линий склеивания прекратилась после первой зимовки (на втором году жизни).

Таблица 2. Средняя длина тела (L) особей разного возраста прудовой лягушки и уровень различия по показателю *t*-критерия Стьюдента

Воз- раст и пооказа- тели	0	*1♂♂	1	*2♂♂	2	*3♂♂	3♂♂	3♀♀	4♂♂	4♀♀	5♂♂	5♀♀	6♂♂	6♀♀	7♂♂	7♀♀
M	30.17	44.6	38.44	56.94	53.17	56.72	57.21	58.75	61.71	64.36	60.1	75	62.65	65.49	68.9	67.94
m	1.94	4.45	1.76	4.11	3.12	1.81	1.37	2.84	2.45	2.03	2.8	8.4	2.31	1.754	0.2	1.57
Lim	22-	37.6-	27.2-	49.6-	48.5-	52.7-	50.9-	38.5-	55.4-	56.9-	57.3-	66.6-	57.5-	51.6-	68.7-	62.9-
(n)	19	8	14	3	5	7	5	7	7	7	7	2	2	3	3	2
0	-															
*1♂♂	<b>3.15</b>	-														
1	<b>2.97</b>	1.29	-													
*2♂♂	<b>5.88</b>	2.04	<b>4.13</b>	-												
2	<b>6.26</b>	1.58	<b>4.11</b>	0.73	-											
*3♂♂	<b>10.00</b>	<b>2.52</b>	<b>7.24</b>	0.05	0.98	-										
3♂♂	<b>11.37</b>	<b>2.71</b>	<b>8.42</b>	0.06	1.19	0.22	-									
3♀♀	<b>8.30</b>	<b>2.68</b>	<b>8.42</b>	0.36	1.32	0.60	0.49	-								
4♂♂	<b>29.38</b>	<b>20.93</b>	<b>7.71</b>	1.00	2.15	1.64	1.60	0.79	-							
4♀♀	<b>12.18</b>	<b>4.04</b>	<b>9.66</b>	1.62	<b>3.01</b>	<b>2.81</b>	<b>2.92</b>	1.61	0.83	-						
5♂♂	<b>8.78</b>	<b>2.95</b>	<b>6.55</b>	0.63	1.65	1.01	0.93	0.34	0.43	1.23	-					
5♀♀	<b>5.20</b>	<b>3.20</b>	<b>4.26</b>	1.93	2.44	2.13	2.09	1.83	1.52	1.23	1.68	-				
6♂♂	<b>10.76</b>	<b>3.60</b>	<b>8.34</b>	1.21	2.44	2.02	2.03	<b>14.28</b>	0.28	0.56	0.70	1.42	-			
6♀♀	<b>13.49</b>	<b>4.37</b>	<b>10.89</b>	1.91	<b>3.44</b>	<b>3.48</b>	<b>3.72</b>	2.02	1.25	0.42	1.63	1.11	0.98	-		
7♂♂	<b>19.82</b>	<b>5.46</b>	<b>17.20</b>	2.90	<b>5.03</b>	<b>6.69</b>	<b>8.44</b>	<b>3.57</b>	<b>2.92</b>	2.23	<b>3.13</b>	0.73	2.70	1.93	-	
7♀♀	<b>15.13</b>	<b>4.95</b>	<b>12.53</b>	2.50	<b>4.23</b>	<b>4.69</b>	<b>5.16</b>	<b>2.83</b>	2.14	1.40	<b>2.44</b>	0.83	1.90	1.04	0.61	-

\* отмечены симмы, достигающие половой зрелости после первой зимовки; \*\* жирным шрифтом выделены статистически достоверные различия ( $P<0.05$  и выше).

Таким образом, мы можем говорить о том, что в пределах одной популяции среди самцов существуют две морфы лягушек, различающиеся по скорости полового созревания, и не отличающиеся существенно по скорости роста.

Полученные нами результаты свидетельствуют о внутрипопуляционном полиморфизме особей по скорости полового созревания, который обеспечивает стабильность численности в изменяющихся условиях среды. Известно, что если в популяции присутствуют особи, которые обладают быстрым ростом (как правило, они имеют и большие размеры в личиночной стадии) и более ранним созреванием, то эта часть проходит весь жизненный цикл быстрее, меньшее число раз участвуя в размножении. Такие особи имеют большие размеры уже на личиночной стадии, они в более ранние сроки проходят метаморфоз при больших размерах тела. Напротив, особи, которые имеют меньшую скорость роста (основная часть популяции) в течение жизни достигают более старших возрастов и большее число раз участвуют в размножении. Однако эта часть популяции находится в большей зависимости от флуктуаций условий среды обитания (Ищенко, 1999). Исходя из полученных нами результатов, можно предположить, что такая сложная популяционная организация обеспечивает ее стабильность и целостность при действии разнонаправленных факторов отбора.

Очевидно, что географическая изменчивость скорости полового созревания и продолжительности жизни, что показано, например С.М. Ляпковым (Lyapkov, 1998), имеет такой же смысл для стабильности существования вида в пределах ареала.

Внутренние механизмы, обеспечивающие внутрипопуляционный полиморфизм по скорости полового созревания, можно объяснить с точки зрения неаддитивной изменчивости, связанной наличием доминантных генов, и аддитивной изменчивости характеризующейся действием множества генов с малым внешним эффектом (Мина, Клевезаль, 1976).

Для объяснения механизма различной скорости полового созревания особей с точки зрения неаддитивной изменчивостью, на наш взгляд, можно привести явление цветового полиморфизма. Известно, что демографические параметры популяций могут быть детерминированы особенностями отдельных генотипов (Ishchenko, 1994). В частности этим автором указывается, что более высокой скоростью полового созревания и меньшей продолжительностью жизни обладают особи с морфой «*striata*» (наличие светлой дорсомедиальной полосы на спине). Этот признак определяется действием одного dialleльного аутосомного гена. Однако это предположение мы можем выдвинуть только в качестве рабочей гипотезы для последующих исследований в связи с тем, что большинство взрослых особей прудовых лягушек в Раифском участке ВКГПЗ являются носителями светлой полосы (Замалетдинов, Хайрутдинов, 2002).

Объяснить различную скорость полового созревания с точки зрения аддитивной изменчивости можно на основе функциональной полигенной системы, которая определяет корреляцию между гетерозиготностью генома, скоростью полового созревания и продолжительностью жизни (Алтухов, 2003). Считается, что между указанными параметрами есть корреляционная связь – прямая зависимость между продолжительностью жизни и возрастом первой репродукции; обратная между гетерозиготностью и продолжительностью жизни, а также между гетерозиготностью и возрастом первой репродукции. Очевидно, самцы, достигающие половозрелости после первой зимовки, являются более гетерозиготными.

*Авторы выражают свою искреннюю признательность Э.М. Смириной (ИБР им. Н.К. Кольцова РАН) за ценные советы и консультации. Работа выполнена при поддержке гранта ФЦП «Интеграция» (Э-0121).*

**Список литературы**

- Алтухов Ю.П. 2003. Генетические процессы в популяциях. М.: ИКЦ «Академкнига», 431 с.
- Боркин Л. Я. 1998. Отряд Бесхвостые - Класс амфибии, или земноводные – *Amphibia* // Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России. М.: АВФ. С. 19-174.
- Боркин Л.Я., Литвинчук С.Н., Розанов Ю.М. и др. 2003. Гибридогенный комплекс *Rana esculenta*: существует ли «волжский парадокс» // Третья конференция герпетологов Поволжья. Тольятти. С. 7-12.
- Ищенко В.Г. 1999. Популяционная экология бурых лягушек фауны России и сопредельных территорий. Дисс. в виде научн. докл. ... доктора биол. наук. СПб, 66 с.
- Замалетдинов Р.И., Хайрутдинов И.З. 2002. Полиморфизм зелёных лягушек на урбанизированных территориях // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии. Нижний Тагил. С. 68-69.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. М.: Наука, 291 с.
- Смирна Э.М. 1989. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев. С. 144-153. – 1983. Прижизненное определение возраста и ретроспективная оценка размеров тела серой жабы (*Bufo bufo*) // Зоол. журн. Т. 62. № 3. С. 437-444.
- Тайсин А.С. 1996. Антропогенная активизация и динамика озер Приказанского района. Дисс. в виде научн. докл. ...канд. геогр. наук. Казань, 59 с.
- Castanet By J., Smirina E., 1990. Introductions to the skeletocronological method in amphibians and reptiles // Annales des Sciences Naturelles Zoologie. 13 Serie. V. 11. P. 191-196.
- Ishchenko V.G. 1994. Ecological mechanism determining stability of color polymorphism in the population of moor frog, *Rana arvalis* // Russian Journal of Herpetology. V. 1. № 2. P. 117-120.
- Smirina E.M. 1994. Age determination and Longevity in Amphibians // Gerontology. V. 40. P. 133-146.
- Lyapkov S.M. 1998. Geographical and local variation of age structure and reproductive characteristics in *Rana arvalis* // France. SHE. P. 295-304.
- Turner F.B. 1960. Post metamorphic growth in Anura // Amer. Midland Naturalist. V. 62. № 2. P. 327-338.

**ДИАГНОСТИКА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ОТ НОРМЫ К ПАТОЛОГИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СИСТЕМЫ ВОДНО-СОЛЕВОГО РАВНОВЕСИЯ  
ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ**

Р.А. Запруднова

Институт биологии внутренних вод РАН, 152742 Ярославская обл., пос. Борок,  
e-mail:rimma@ibiw.yaroslavl.ru

Впервые у рыб в экспериментальных условиях при действии стрессоров разного качества и количества, а также в естественной среде обитания с различной степенью загрязнения выделены три основных этапа в развитии патологических изменений в системе водно-солевого равновесия при стрессе: гиперсинхронизация, ареактивность, собственно (настоящая) патология. Гиперсинхронизация - устойчивые, т.е без колебаний, отклонения в сторону повышения ионных концентрационных градиентов на клеточной мембране. Абсолютная и/или относительная ареактивность - отсутствие или уменьшение реакции на стрессор. Собственно патология - устойчивые отклонения в сторону снижения ионных концентрационных градиентов. В показателях ионного состава внутренней среды организма гиперсинхронизация выражалась в

гипернатриемии (до 10%), гипокалиемии (до 90% и более) и особенно высокой гиперкальциемии (до 100% и более – в норме не выше 5-20%). Эти изменения становились избыточно устойчивыми: продолжались несколько недель и даже месяцев (в норме – несколько дней) и уменьшались и совсем исчезали периоды возвращения к первоначальному уровню (в норме изменения происходили по типу затухающего колебательного процесса с периодом 5-8 ч при температуре 17-19°C). В показателях обмена ионов натрия между организмом и водой гиперсинхронизация выражалась в установлении жесткого равновесия между потерями и поглощением (в норме существуют околосуточные циклы усиления (и ослабления) – от 0.5 до 2 ммоль/кг – активного транспорта ионов из воды). В отношении обмена ионов калия гиперсинхронизация проявлялась в увеличении диффузии этих ионов в воду (в норме наблюдались периоды усиления активного транспорта ионов калия – до 0.4 ммоль/кг - на фоне равновесия потерь и поглощения). Обосновывается положение, что первым шагом на пути к патологии является потеря колебательного режима (гиперсинхронизация), т.е. нарушение самого тонкого уровня биологической организации, имеющее место на фоне гиперкомпенсации (отклонений в сторону повышения ионных концентрационных градиентов на клеточной мембране). В качестве самого яркого примера гиперсинхронизации рассматриваются продолжительные преднерестовые изменения в системе водно-солевого равновесия по типу устойчивой гиперкомпенсации. Отклонения по типу гиперсинхронизации предлагается использовать как самый ранний индикатор настоящей патологии у рыб в естественной и искусственной среде обитания.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ОСТАТКОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА НА ФАУНУ ВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ**

М.О. Засыпкина

*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, 690022 г. Владивосток,  
e-mail: zasypkina@ibss.dvo.ru*

Возрастание частоты морфологических изменений у моллюсков может служить индикатором химического загрязнения водоема. Хроническое загрязнение приводит к обеднению видового разнообразия и возрастанию числа уродливых моллюсков. При этом токсические вещества, аналогов которым нет в природе, наносят наиболее ощутимый вред, как организму, так и популяции в целом. Для анализа влияния токсического загрязнения, были взяты пробы моллюсков из водоемов, расположенных в зоне отделения и падения второй ступени ракетносителей, стартующих с космодрома «Байконур». Более 30 лет эта территория подвергается химическому загрязнению ракетным топливом, содержащим несимметричный диметилгидразин (**НДМГ**) и его производные, относящиеся к группе канцерогенных и мутагенных агентов первого класса опасности. По данным токсикологических исследований **НДМГ** постоянно фиксируется в воздухе, воде и почве данного района и далеко вокруг него в Сибири и Казахстане, и может накапливаться в некоторых типах почв, донных осадках озер и особенно в растениях, поскольку является азотным соединением (Ворожейкин и др., 2001). Материалом для исследования послужили сборы малакофауны из водоемов бассейна тувинского оз. Кара-Холь (июль 2000-2003 гг.), хранящиеся в малакологической коллекции БПИ ДВО РАН. Были обнаружены брюхоногие моллюски из семейств

Planorbidae, Lymnaeidae, Physidae (Засыпкина, 2002). При этом у катушек *Anisus stelmachoetius* (Bourquinat, 1860); *A. draparnaldi* (Shepard, 1823); *A. borealis* (West-erlund, 1877) уродливые формы раковин с деформированными оборотами и резко смещенной плоскостью завитка составили примерно пятьдесят процентов от общего числа моллюсков. При рассмотрении кладок яйцевых капсул было обнаружено, что наряду с нормальной изменчивостью характеристик синкапсул имеются аномалии. Так, у Planorbidae обнаружено нехарактерное для них слипание яйцевых капсул с сохранением зародышей. Также были обнаружены экземпляры левозакрученных прудовиков *Lymnaea auricularia*, которые характеризуются правозакрученной спиральной раковиной.

Таким образом, на основании анализа состава пресноводных моллюсков можно сделать вывод о загрязнении водных биотопов в бассейне оз. Кара-Холь, что объясняется особенностями рельефа района, а именно расположением озера в глубокой котловине, окруженной высокими хребтами с крутыми склонами. В условиях такого рельефа загрязнитель с поверхностными дождовыми и талыми водами накапливается в озерной котловине, что вызывает аномалии развития и уродливость брюхоногих моллюсков.

## **ЭНЕРГОБЮДЖЕТ МОЛОДЫХ СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS* ПРИ СТАТИЧНЫХ И АСТАТИЧНЫХ ТЕРМОРЕЖИМАХ**

В.В. Зданович, В.Я. Пушкин, В.В. Речинский

*Московский государственный университет, 119000 г. Москва,*

*e-mail: zdanovich@fryazino.net*

Энергобюджет рыб является интегральной характеристикой их энергетики, эффективности конвертирования потребленной пищи на рост. Знание энергобюджета рыб позволяет судить об их трофической роли в экосистемах и перспективах использования в аквакультуре. Основная задача индустриального рыбоводства, в том числе и осетроводства, максимальная реализация ростовых потенций выращиваемых рыб, повышение эффективности использования пищи на рост. Энергия, получаемая рыбами с кормом, расходуется на прирост массы тела, на обмен, выделяется с продуктами метаболизма, т.е. должно соблюдаться равенство:  $R=\Pi+T+N$ , где  $R$ ,  $\Pi$ ,  $T$  и  $N$  соответственно энергия рациона, прироста, затраты на обмен и неиспользованная часть энергии. Как видно из балансового равенства, оптимизация условий выращивания рыб, приводящая к снижению энерготрат и неиспользованной части рациона, вызывают увеличение доли энергии рациона, идущую на прирост массы тела.

В ряде наших публикаций показано, что в колебательных синусоидальных терморежимах рыбы (в частности и осетровые) растут заметно быстрее, чем в оптимальных постоянных температурных условиях. При этом ускорение роста сопровождается снижением энерготрат, сокращением потребления кислорода на прирост единицы массы тела, улучшением использования потребленной пищи на рост, т.е. оптимизацией энергобюджета. В естественных водоемах наблюдается градиентность по ряду абиотических факторов среды, в первую очередь температуры, как по вертикали, так и по горизонтали. Вероятно, в природных условиях температурное разнообразие, необходимое для рыб, обеспечивается ими самими в результате самопроизвольного перемещения в термоградиентном пространстве.

В сравнительном плане исследовали энергобюджет молоди стерляди (начальная средняя масса 1.43 г) в условиях оптимальной для роста постоянной температуры (24°C), переменного терморежима (24±2°C, период колебания температуры 3 ч) и при свободном плавании в термоградиентном лотке (19-30°C). Полученные результаты опытов показали, что наилучшие показатели метаболизма и энергетики выращиваемой молоди стерляди наблюдаются в термоградиентном лотке, несколько худшими они оказались при переменном терморежиме и в условиях постоянной температуры. Скорость роста молоди стерляди составляла соответственно 17.2, 16.4 и 15.8 % г/сут., интенсивность дыхания – 1.085, 1.092 и 1.185 мг О<sub>2</sub> /г·ч, расход кислорода на 1 г прироста массы тела – 0.164, 0.172 и 0.193 г. В сравниваемых температурных условиях кормовой коэффициент стерляди составлял соответственно 2.1, 2.4 и 2.9, а трофический коэффициент первого порядка ( $K_1$ ) – 55.0, 50.2 и 41.0%. Балансовые уравнения энергобюджета молоди стерляди, полученные на основании экспериментальных данных, в термоградиентном лотке, переменном терморежиме и при оптимальной для роста рыб постоянной температуре соответственно имели вид: 100Р=55.2П+19.2Т+25.6Н, 100Р=50.2П+18.1Т+31.7Н и 100Р=41.0П+16.9Т+ 42.1Н.

Лучшие показатели роста и энергетики молоди стерляди в астатичных терморежимах, по сравнению с постоянной температурой, еще раз подтверждают положение о том, что экологическая норма – это существование гидробионтов в колебательных режимах абиотических факторов, тогда как статичность условий – нарушение ее. Периодические синусоидальные колебания температуры существенно улучшают энергетику и энергобюджет подопытных рыб. Повышается удельная скорость роста, снижается интенсивность дыхания, лучше используется пища на рост, снижаются энерготраты, сокращается доля неиспользованной энергии, снижается расход кислорода на прирост единицы массы тела. Однако самопроизвольное плавание рыб в термоградиентом пространстве обеспечивает наибольший эффект оптимизации их энергобюджета. В этих условиях все перечисленные показатели метаболизма и энергетики стерляди более оптимальны, чем у рыб, содержащихся в условиях переменного терморежима, которые, в свою очередь, по этим показателям дают лучший эффект чем рыбы, содержащиеся в оптимальном для роста стационарном терморежиме. Перемещаясь самопроизвольно в термоградиентном пространстве, рыбы активно формируют для себя наиболее оптимальный режим температурного разнообразия, что следует учитывать при совершенствовании биотехнологии аквакультуры.

## АНАЛИЗ АДАПТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЯДА МОРФО-ФИЗОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *MELOIDOGYNE INCognITA* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

С.В. Зиновьева, Ж.В. Удалова

Институт паразитологии РАН, 119071 г. Москва,

e-mail: zinovievas@mail.ru, zudalova@mail.ru

Галловая нематода *M. incognita* относится к полигостальным видам – она зарегистрирована более чем у 300 видов растений, принадлежащих к различным семействам. Широкий круг хозяев позволяет предположить, что организм этого паразита обладает известной пластичностью, т.е. способностью изменяться в соответствии с изменениями условий жизни. Характер и масштабы подобных изменений являются одним из приспособительных свойств, выработанных и наследственно закрепленных в процессе эволюции, как определённая «норма реакции» особей данного вида на от-

клонение условий жизни от среднего уровня. Известно, что для данного паразита характерна значительная вариабельность морфобиологических показателей в зависимости от видовой принадлежности хозяев. Наши исследования были посвящены исследованию морфо-физиологических характеристик галловой нематоды *M. incognita*, поражающей корни растений томатов различных по устойчивости сортов. Растения томатов различных сортов, линий и гибридов были распределены по степени устойчивости на 4 группы: с индексом устойчивости (**ИУ**) до 30% (сильно восприимчивые), **ИУ** – 31-60% (восприимчивые), **ИУ** – 61-80% (относительно устойчивые), **ИУ** выше 80% (устойчивые). Состояние нематод оценивали по совокупности ряда признаков, наиболее чутко реагирующих на изменения условий обитания: размеры, плодовитость, время достижения половой зрелости, половой состав популяции и ряд статистических показателей, характеризующих степень изменчивости и коррелятивную зависимость исследуемых признаков. Как и следовало ожидать, средние размеры нематод с увеличением **ИУ** уменьшаются. Разница в размерах нематод, выделенных из контрастных по устойчивости сортов томатов, составила 52%. Снижение средних размеров сопровождается, как правило, повышением коэффициента вариации (CV), что указывает на прямую зависимость изменчивости паразита от устойчивости растений. Любые изменения CV размера особей так или иначе связаны с изменением размерной структуры популяции нематод. Ряд распределения нематод по размерам в устойчивых растениях приобретает асимметричную структуру. Значение и направленность коэффициента асимметрии (A) в выборках нематод из различных растений по **ИУ**, свидетельствует о том, что устойчивость обладает значительным модифицирующим действием, а для растений с **ИУ** более 80% приобретает лимитирующее значение. В популяции нематод из растений с **ИУ** до 30%, на долю крупных особей приходилось 70%, в то время как в устойчивых растениях такие нематоды составляли меньше 50%. Значительная взаимосвязь наблюдалась между устойчивостью томатов и плодовитостью галловой нематоды. В зависимости от степени устойчивости растений число нематод с большей плодовитостью уменьшалось, а с небольшой – увеличивалось. Это вызывало увеличение CV, а главное – смещение A в сторону увеличения положительных величин. Средняя плодовитость самок из контрастных по **ИУ** растений различалась в 7 раз. Нематоды из растений с **ИУ** более 90% вообще не откладывают яйца. Кроме того, была отмечена взаимосвязь между устойчивостью растений и сроками онтогенеза нематод. Чем выше **ИУ** растений, тем дольше сроки развития *M. incognita*. Одним из показателей угнетенного состояния популяции является увеличение количества самцов, которые в нормальных условиях при партеногенетическом размножении этого вида нематод не требуются и имеются в популяции в единичных экземплярах. В растениях с **ИУ** выше 60% количество самцов возрастает до десяти раз.

Корреляционная связь между **ИУ** и размерами самок, а также **ИУ** и плодовитостью характеризуются по значениям коэффициентов корреляции как значимые (-0.64 и -0.60, соответственно). Следовательно, устойчивость растений может быть регуляторным механизмом, действующим по принципу отрицательной обратной связи. Действие устойчивых растений приводит к таким изменениям особей в популяции, которые отражаются на степени влияния их на растение. Уменьшение размеров нематод влечет за собой снижение механического и физиологического воздействия их на растения. Снижение плодовитости, и, как следствие, изменение численности (плотности популяции) приводит к снижению патогенного воздействия на растения. Результатом этого является уменьшение ответа растения, т.е. в конечном итоге происходит переход к антагонистическим отношениям в системе на более низком уровне напряженности. Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод об адаптивном характере изменений исследованных признаков у галловых нематод, возникающих при действии устойчивости у растений. Благодаря адаптивности этих изменений, популя-

ции и паразита, и хозяина продолжают существование, несмотря на напряженное отношение в системе, где особи обоих партнеров могут испытывать сильное угнетение.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 04-04-48051а и программы «Биоресурсы».*

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДЛИННОХВОСТОГО СУСЛИКА (*CITELLUS UROCITELLUS UNDULATUS*)

Н.Н. Золотарева

*Институт проблем экологии и эволюции РАН, 119071 г. Москва,  
e-mail: admin@sevin.ru*

Огромный материал, собранный по адаптации к условиям внешней среды, касается, в основном, формирования индивидуальных адаптаций организма на такие факторы среды как перегрев, переохлаждение, острая гипоксия, длительный дефицит воды и пищи, бегство жертвы от хищника и т.д. И лишь в небольшой степени охватывают характеристики отдельных видов, в большей или меньшей степени адаптированных к воздействию данных экстремальных условий среды. В последнее время немаловажное значение в адаптации животных начинают приобретать различные антропогенные факторы. Как показали наши данные (Граевская, Золотарева, 1988; Золотарева, Рябцев, 1997) адаптация животных к воздействиям, создаваемым человеком, приводит к изменениям в функционировании различных систем организма. Поэтому важно было исследовать не только реакцию организма на действие антропогенных факторов, но и динамику их взаимоотношений

В качестве объекта исследования нами были взяты взрослые особи длиннохвостого суслика в активный период их жизнедеятельности. Как известно, они охотно заселяют места выпаса скота, окраины населенных пунктов, а при расселении придерживаются обочин дорог, железнодорожных насыпей и линий электропередач.

Опытная группа сусликов была отловлена нами на территории интенсивного выпаса коров, овец и коз. Контролем служили суслики, отловленные на участках вдоль железной дороги, железнодорожных насыпей и линий электропередач.

Для оценки интенсивности физиолого-биохимического статуса отловленных длиннохвостых сусликов определяли такие биохимические показатели как: 1) уровень функциональной активности симпато-адреналовой системы (САС) и, в частности, содержание катехоламинов - адреналина и норадреналина в надпочечниках; 2) критерием оценки интенсивности энергетических процессов в тканях сусликов, служили концентрация глюкозы в крови, содержание гликогена в печени и уровень активности одного из ключевых ферментов углеводного обмена - глюкозо-6-фосфатазы (Г-6-Ф-аза) в печени; 3) катаболические процессы, протекающие в организме животного, оценивали по содержанию общего белка в тканях печени и слизистой тонкого кишечника, а также по уровню активности протеолитических ферментов (протеазы) в тех же тканях. Полученные данные подвергались математическому анализу, а достоверность различий между показателями опытной и контрольной групп оценивали по *t*-критерию Стьюдента.

Относительное динамическое постоянство внутренней среды организма животных обеспечивается сложной системой приспособительных нервных и гумморальных механизмов. В ответ на воздействие чрезвычайных раздражителей в организме развивается цепь адаптационно-компенсаторных реакций. Одной из ведущих регуля-

торных систем является **САС**, деятельность которой, в конечном итоге, перестраивает активность тканевого метаболизма так, что сдвиг гомеостаза либо быстро устраняется, либо заблаговременно предотвращается. Как видно из табл., общий уровень катехоламинов и содержание адреналина в надпочечниках исследованных длиннохвостых сусликов из популяции, обитающей на территории интенсивного выпаса скота, были достоверно выше по сравнению с этими показателями у контрольных особей. Увеличение уровня адреналина, по всей видимости, необходимо для интенсификации обменных процессов, т.к. адреналин является наиболее быстро реагирующим химическим медиатором, обеспечивающим неотложную мобилизацию наличных углеводных ресурсов. Содержание же норадреналина у опытных грызунов превышало контроль всего лишь на 15%. Незначительные различия в уровне этого гормона связаны с его особенностями: он является регулятором включения механизмов терморегуляции, особенно в холодный период времени, а наши исследования проводились в достаточно теплый период года (июль - начало августа). Так как катехоламины обеспечивают перестройку в деятельности организма к различным неблагоприятным ситуациям, были проведены математические расчеты, которые показали, что индекс мобилизационных возможностей (отношение адреналин / глюкоза) у опытных сусликов был почти в 2 раза больше, чем у контрольных особей.

**Таблица. Интенсивность физиолого-биохимического метаболизма длиннохвостого суслика**

Биохимический показатель	Контроль	Опыт	P
<b>Функциональная активность САС</b>			
Общее содержание КА (мкг/г)	290±34 (10)	413±40 (15)	< 0.05
Адреналин	165±38	268±32	< 0.1
Норадреналин	125±19	144±15	
% соотношение адреналина и норадреналина	60 и 40	62 и 38	
Уровень углеводного обмена			
Концентрация глюкозы (мг%)	115±3.8 (10)	103±3.4 (15)	< 0.05
Содержание гликогена в печени (мг\100 мг)	189±9 (10)	162±9 (15)	< 0.05
Уровень активности Г-6-Ф-зы в печени (мкМоль/г·мин)	6.0±0.3 (10)	8.4±0.3 (15)	< 0.001
Уровень белкового обмена			
Содержание общего белка в печени (мкг/100 мг)	194±15 (10)	269±16 (15)	< 0.01
Содержание общего белка в слизистой кишечника (мкг/100 мг)	150±14 (10)	190±12 (15)	< 0.05
Коэффициент протеиназной активности в печени	0.38±0.03 (10)	0.42±0.06 (15)	
Коэффициент протеиназной активности в слизистой кишечника	0.90±0.09 (10)	1.28±0.15 (15)	< 0.05

Таким образом, **САС** через увеличение количества катехоламинов в надпочечниках и последующего выброса их в кровь, откуда они потребляются тканями, изменяет направленность метаболических процессов и тем самым способствует сохранению гомеостаза, увеличивая его емкость.

Как известно, основные функции метаболизма у всех организмов направлены на образование высокоэнергетических соединений, необходимых для обеспечения клетки энергией. Главным источником энергообеспеченности организма являются углеводы, а центральная роль в обмене углеводов принадлежит процессу образования и превращения глюкозы. В связи с этим в качестве интегральных показателей состояния углеводного обмена нами были исследованы концентрация глюкозы в крови, содержание гликогена в печени, а также динамика активации Г-6-Ф-зы - фермента, катализирующего терминалные реакции, как гликогенолиза, так и глюконеогенеза. Поэтому этот фермент занимает центральную и стратегически важную позицию в гомеостазе глюкозы, а также выполняет адаптивную роль в организме (Nordlie, 1976). Как видно из табл., уровень глюкозы в крови и содержание гликогена в печени опытных сусликов были достоверно ниже, чем у контрольных особей. Снижение уровня этих показателей в организме сусликов, обитающих в условиях длительного антропогенного пресса, влечет за собой включение механизмов, способствующих восполнению энергетического дефицита. Одним из таких механизмов является глюконеогенез, в ходе которого обеспечение организма глюкозой осуществляется из различных неуглеводных предшественников, в частности, из аминокислот.

В целях поддержания углеводного гомеостаза в крови в период «напряжения» печень начинает перестраиваться: из органа, потребляющего глюкозу, она становится органом, синтезирующим ее из неуглеводных субстратов.

Определение уровня активности Г-6-Ф-зы в печени исследованных групп сусликов выявило довольно значительное повышение активности этого фермента у опытных грызунов (см. табл.). Исследование динамики активации Г-6-Ф-зы в печени экспериментальных сусликов показало, что изменения кинетических параметров фермента, т.е. скорость процесса активации, у опытных особей была выше - она равнялась 0.47 ед.акт./мин., а у контрольных зверьков – 0.38 ед.акт./мин. (рис. 1А). По всей видимости, более высокий уровень активности Г-6-Ф-зы при относительно низком содержании глюкозы в крови и гликогена в печени, говорит о том, что у опытных сусликов происходит интенсификация процесса глюконеогенеза. Максимизация или минимизация отдельных функций могут одновременно сочетаться в организме, приводя к своеобразной энергетической компенсации и появлению стабильного энергетического расхода.

Чтобы оценить пластичность метаболических реакций организма, принимающий активное участие в процессах образования и регуляции энергетического потенциала, нами был проведен анализ сопряженности исследованных показателей углеводного обмена. Количественные значения пластичности выражали через индексы:

1. Индекс энергетических потребностей организма (отношение гликоген/ глюкоза) дает представление об уровне энергетических затрат животным на данный момент его существования. И для контрольных, и для опытных сусликов он оказался довольно сходным - 1.64 и 1.56 соответственно, т.е. для осуществления своих обменных процессов на данном этапе существования сусликам потребовалось примерно одинаковые затраты энергоресурсов.

2. Индекс энергетического резерва (отношение Г-6-Ф-за / гликоген) определяет возможности организма (с помощью ферментативных систем) поддерживать энергетический статус клетки на относительно оптимальном уровне. Расчеты показали, что у сусликов, обитающих в условиях длительного действия антропогенного пресса, энергетических резервов было в 2 раза больше, чем у сусликов, живущих в относительно спокойных условиях. Большой запас энергетических ресурсов дает возмож-

ность сусликам из опытной группы успешно адаптироваться к экстремальным условиям их обитания.

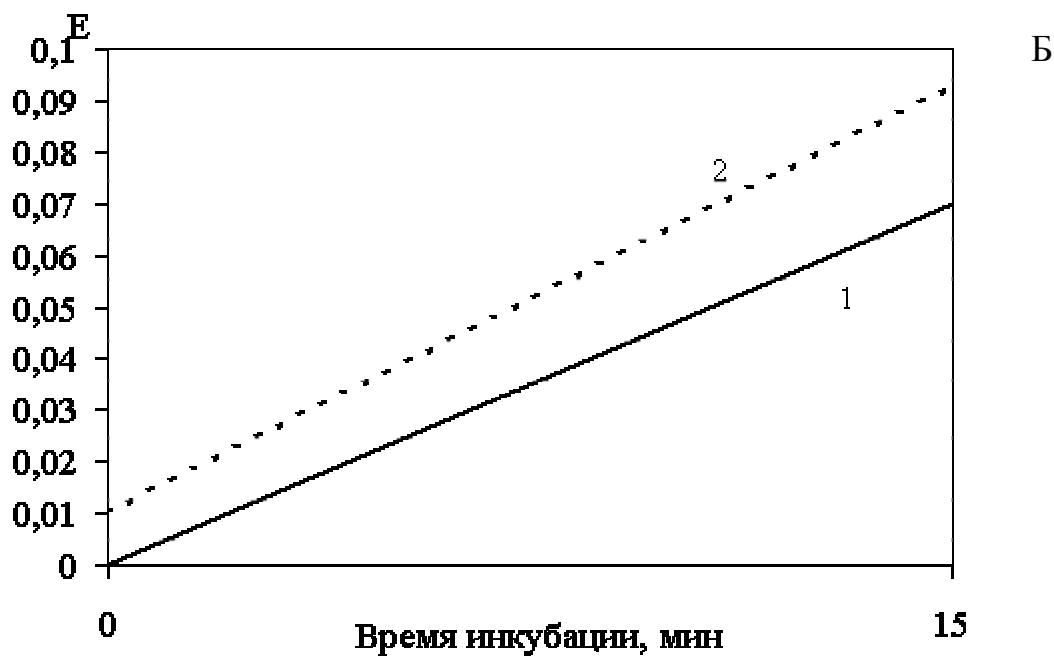
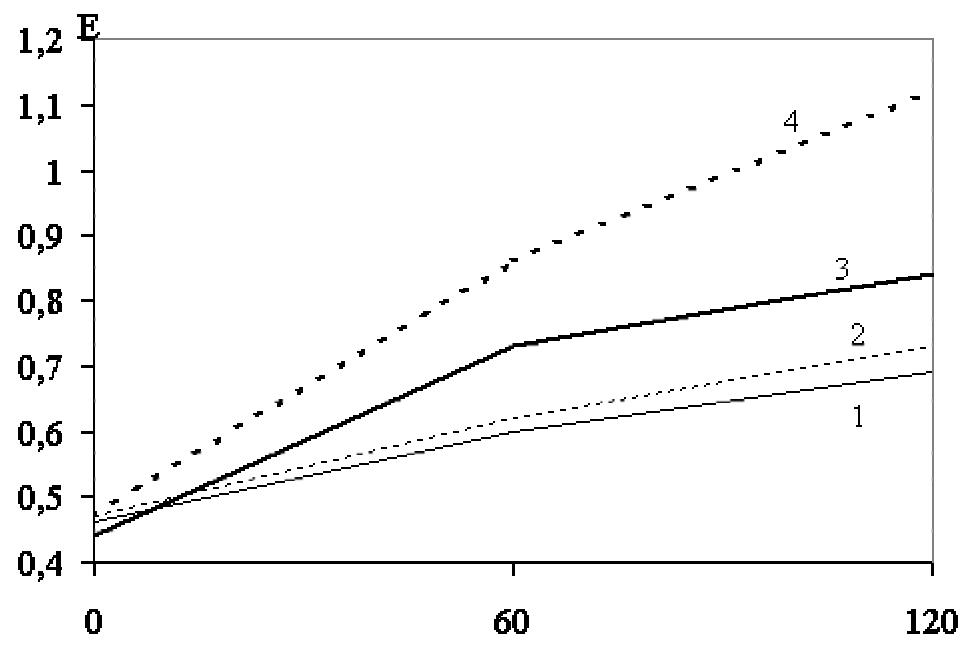


Рис. Динамика активации ферментов. А - Г-6-Фаза в печени, Б – «кислые» (1, 2) и «нейтральные» (3, 4) протеиназы в слизистой кишечника. 1, 3 - контроль, 2, 4 - опыт.

Немаловажное значение в восполнении энергозатрат клетки принадлежит процессу протеолиза. Протеолитические ферменты помимо специфических функций (образование ряда белков, гормонов и физиологически активных пептидов) осуществляют и наиболее важную для них задачу - расщепляют белки пищи до составляющих

их аминокислот, из которых, при активном участии Г-6-Ф-зы, синтезируется глюкоза. Наши исследования показали, что уровень активности протеолитических ферментов (протеаз) в печени опытных и контрольных сусликов был примерно одинаков, несмотря на то, что содержание общего белка в печени опытных животных было достоверно больше (см. табл.).

Несколько иная картина наблюдалась при определении уровня активности протеаз в слизистой тонкого кишечника. Как известно, в составе пищи, поедаемой длиннохвостыми сусликами, помимо вегетативных частей растений и семян присутствует и животный корм (насекомые, их личинки и даже полевки). Поэтому ферментативную активность в слизистой тонкого кишечника определяли при разных значениях pH среды, т.к. кислые протеазы ( $pH=3.6$ ) расщепляют в основном пищу белковой природы, а нейтральные протеазы ( $pH=6.0$ ) осуществляют расщепление глюкопротеидов. Из табл. видно, что уровень активности протеолитических ферментов в кишечной среде примерно на одном и том же уровне как у контрольных, так и опытных сусликов, а в нейтральной среде уровень протеаз, также как и содержание общего белка у опытных животных был значительно выше по сравнению с контролем. Динамика активации кислых и нейтральных протеаз в слизистой тонкого кишечника сусликов значительно отличалась, во-первых, процесс активации нейтральных протеаз протекал на более высоком энергетическом уровне, чем кислых протеаз; во-вторых, параметры активации кислых протеаз у контрольных и опытных животных были в одних и тех же пределах (скорость активации ферментов составляла 0.46 и 0.44 ед.акт./мин соответственно), в то время как параметры динамики активации нейтральных протеаз у контрольных и опытных сусликов были существенно различными (скорость активации ферментов у контрольных особей равнялась 0.63, а у опытных – 0.75 ед.акт./мин) (рис. 1Б). Содержание общего белка в слизистой тонкого кишечника у опытных сусликов было также больше, чем у контрольных зверьков. Полученные данные по уровню активности протеолитических ферментов и содержанию общего белка подтверждают тот факт, что в слизистой тонкого кишечника опытных сусликов идет более интенсивный процесс расщепления белков до аминокислот, необходимых для образования дополнительных энергоресурсов, которые опытные животные недополучили в процессе гликогенолиза.

Комплексное исследование систем, участвующих, как в регуляции энергетического обмена и образования энергетических резервов в организме, так и в адаптации длиннохвостых сусликов к условиям длительного антропогенного пресса, показало, что физиолого-биохимический статус этих грызунов существенно отличается от такого у особей, обитающих на участках отчуждения от всякой деятельности человека. Таким образом, биохимические критерии, как уровень функциональной активности симпато-адреналовой системы и динамика поведения ферментативных систем углеводного и белкового обменов, имеют немаловажное значение для понимания действия различных экстремальных факторов внешней среды на биологические объекты. Взятые в качестве тест-систем, определяющих уровень метаболизма животных, они могут быть использованы в экологическом мониторинге как биоиндикаторы для оценки состояния популяции на текущий момент ее существования.

### **Список литературы**

Граевская Б.М., Золотарева Н.Н. 1988. Реакция метаболизма грызунов как индикатор на воздействие антропогенного фактора среды // Зоология. № 2. С. 52-55.

Золотарева Н.Н., Рябцев И.А. 1997. Изменчивость биохимического статуса популяций рыжих полевок (*Clethrionomys glareolus*), подвергшихся хроническому действию ионизирующей радиации, в зависимости от времени их обитания на территориях, загрязненных радионуклидами // Радиоэкология. Т. 37. Вып. 3. С. 438-444.

Nordlie R.S. 1976. Multifunctional hepatic glucose-6-phosphatase and the «tuning» of blood glucose levels // Trend. Biochem. Sci. V. 9. № 1. P. 199-202.

## **МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ ПЕЧЕНИ И ЖАБЕРНОГО АППАРАТА СИГОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБСКОЙ ГУБЫ**

П.В. Исаков\*, А.Г. Селюков\*\*

\*ФГУП «Госрыбцентр», 625023 г. Тюмень, e-mail: lotsman@sibtel.ru

\*\*Тюменский государственный университет

Нарастающее загрязнение Обь-Иртышского бассейна с преобладанием доли нефтепродуктов (Уварова, 2000), их аккумулирование в грунтах Нижней Оби и Обской губы оказывает губительное влияние на гидробионтов и, особенно на рыб, как конечное звено трофической цепи. Сиговые рыбы составляют наибольшую биомассу в зимний период в Обской губе, они же являются наиболее чувствительными к техногенным воздействиям.

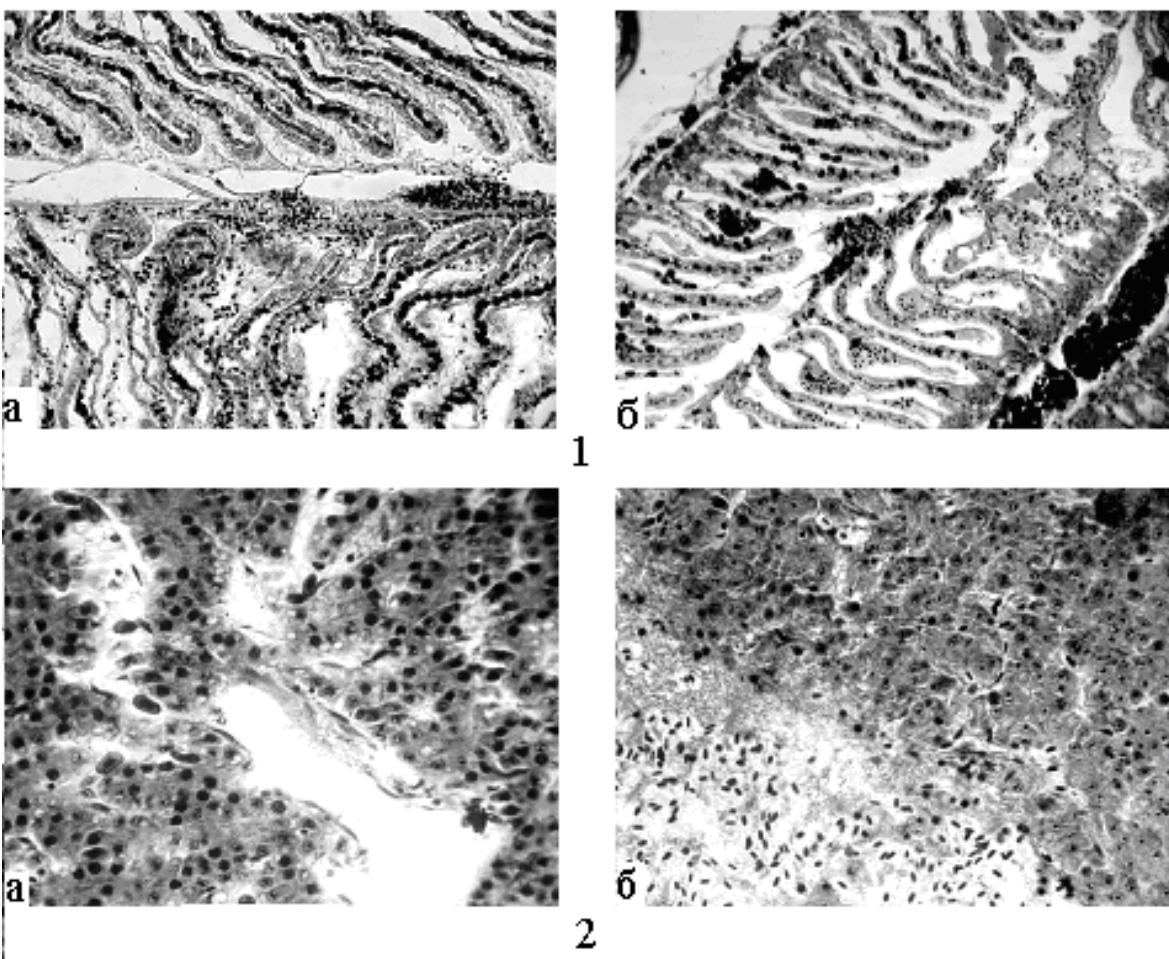
Целью нашего исследования было изучение состояния важнейших систем жизнедеятельности организма – дыхания (жаберный аппарат) и детоксикации (печень) у различных по экологическому статусу сиговых рыб – планктофагов пеляди и ряпушки, планктобентофага муксуна и бентофага чира.

Сбор разновозрастных особей муксуна (*Coregonus muksun*), пеляди (*C. peled*), чира (*C. nasus*) и ряпушки (*C. sardinella*) проводили в Обской губе с 1996 по 2002 гг. В начале зимовального периода (декабрь) в р-не пос. Яптик-Сале отлавливали муксун и ряпушку. После окончания зимовки (май-начало июня) перед анадромной миграцией в Обь неполовозрелых и половозрелых особей муксуна, пеляди и чира отлавливали в районе пос. Новый Порт и пос. Салемал. Проводили общий биологический анализ, возраст определяли по чешуе. Визуально оценивали состояние выловленных особей, а с применением гистологического анализа – морфофункциональное состояние жаберного аппарата и печени. Жабры и печень от 384 особей муксуна обоих полов, 150 – пеляди, 120 – чира и 120 – ряпушки были зафиксированы в смеси Буэна; гистологические срезы толщиной 5-6 мкм окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну (Ромейс, 1953).

В начале зимовального периода в состоянии печени муксуна и ряпушки не было выявлено патологических изменений. Незначительные отклонения от нормы проявлялись в гиперемии сосудов, что отмечалось у неполовозрелых особей муксуна (5+-7+), а также у ряпушки (1+-5+). Высокая васкуляризация и гиперемия печеночной паренхимы характерны для скатившихся после нереста особей ряпушки, что может являться физиологической нормой. У таких рыб гепатоциты имели базофильную цитоплазму и были практически лишены липидных включений. Напротив, созревающие и пропускавшие очередной нерест фертильные особи ряпушки отличались высоким содержанием жира в клетках печени и межклеточных пространствах. У половозрелых особей муксуна, потенциально готовых к нересту, уровень жиронакопления в ткани печени также был значительно более высоким, нежели у пропускающих нерест рыб.

Во время зимовки в Обской губе у всех неполовозрелых особей муксуна отмечалась интенсивная гиперемия жаберных филаментов и респираторных ламелл, что может быть связано как с напряженным кислородным режимом, так и с действием биоцидов различной природы. Наблюдалось разрастание апикальных участков респираторных ламелл и десквамация эпителия (у 90% особей), гипертрофия респираторных клеток (у 50%). Такие серьезные нарушения как срастание терминальных участков ламелл и дегенерация межламеллярного эпителия (рис. 1а) встречались значительно реже. Жаберный аппарат половозрелых самок и самцов муксуна характеризовался менее серьезными патоморфологическими отклонениями.

У типичного планктофага – ряпушки нарушения структуры жаберного аппарата встречались достаточно редко и лишь у тех особей, которые не достигли половой зрелости или пропускали очередной нерест, не покидая Обскую губу более года.



**Рис. 1. Состояние жаберного аппарата у сиговых рыб в Обской губе. а) срастание терминальных участков респираторных ламелл и образование плотного соединительнотканного слоя между филаментами (Муксун, возраст 5+, декабрь); б) разрастание и деструкция респираторных ламелл, гиперплазия респираторных клеток (Пелядь, возраст 7 лет, май).**

**Рис. 2. Состояние печени у сиговых рыб в начале анадромной миграции. а) расслоение ткани печени и кариопикноз гепатоцитов (Муксун, июнь, возраст 9 лет); б) кровоизлияния в паренхиму печени (Пелядь, июнь, возраст 6 лет).**

В состоянии печени муксуна, чира и пеляди в конце зимовального периода в Обской губе (май) явные патологические отклонения почти не выявлялись. Лишь у созревающих самок отмечалась незначительная гиперемия сосудов, что обусловлено вступлением ооцитов старшей генерации на путь вителлогенеза. Вместе с тем, со-

стояние жаберного аппарата таких самок свидетельствовало о функциональном неблагополучии организма. Данный показатель может являться своеобразным индикатором состояния экосистемы Обской губы, как это отмечалось ранее для репродуктивной системы пеляди и муксuna (Селюков, 2002 а, б).

Патологические изменения в структуре жаберного аппарата нарастили в ряду пелядь-чир-муксун. Для всех этих видов характерна гиперфункция слизистых клеток и разрастание слоев афферентной зоны (рис. 1б). По-видимому, это своеобразная морфологическая адаптация, направленная на увеличение дистанции «кровь-среда» и призванная оградить организм от воздействия токсикантов (Матей, 1990). С другой стороны, подобная адаптивная реакция приводит к напряжению сердечно-сосудистой системы, гиперемии сосудов жаберного аппарата.

В начале анадромной миграции у сигов происходит быстрый переход в летний термический режим и, соответственно, перестройка физиологического статуса всего организма. В этих условиях наиболее уязвимыми становятся самки, ооциты старшей генерации которых вступили в гормонозависимый период – вителлогенез. Именно у этих особей наблюдаются особенно отчетливые нарушения в структуре печени, которые проявляются в жировом перерождении гепатоцитов, расслоении печеночной паренхимы, кровоизлияниях и кавернозности этого органа (рис. 2 а, б). Неполовозрелые рыбы, у которых подобные нарушения также отмечены, и созревающие самки сигов в этот период характеризуются низким иммунным статусом, затрудняющим противостояние токсическому воздействию. При этом у последних происходит перераспределение энергетических ресурсов на генеративный обмен, однако нарушения нативной структуры печени не совместимы с нормальным протеканием вителлогенеза, и эти самки, по-видимому, не смогут принять участие в нересте. Тем не менее, у большей части сиговых рыб, потенциально способных к очередному нересту, подобные патологии отсутствуют, что подтверждается и исследованиями генеративной системы (Исаков, Селюков, 2003 и др.).

При оценке состояния жаберного аппарата у сигов в начале анадромной миграции отмечалась ранее описанная тенденция – частые и тяжелые патологии встречались у неполовозрелой части популяций и наиболее явные из них наблюдались у планктобентофага муксuna и бентофага чира.

Таким образом, среди сиговых рыб, находящихся в Обской губе в течение зимового периода или более продолжительное время более резистентными к антропогенному воздействию были пелядь и ряпушка, а наибольшее количество патоморфологических отклонений в жаберном аппарате и печени обнаружено у муксuna и чира. Преимущественное накапливание патологических проявлений в жаберном аппарате обусловлено характером питания бентофагов, так как именно в грунтах в наибольшем количестве накапливаются токсики. Нерестовые стада сиговых рыб формируются из наиболее толерантных производителей, при этом самой чувствительной группой являются особи младших возрастов, что в условиях интенсивного загрязнения ведет к депрессии популяций сиговых рыб р. Оби.

### **Список литературы**

Исаков П.В., Селюков А.Г. 2003. Половое созревание и половые циклы обского муксuna (Coregonidae, Salmoniformes) // Тр. Межд. Форума по проблемам науки, техники и образования. М. Т. 2. С. 149-150.

Матей В.Е. 1990. Функциональная морфология жаберного эпителия пресноводных костистых рыб // Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных. Л.: Наука. С. 104-141.

Ромейс Б. 1953. Микроскопическая техника. М.: Иностр. лит-ра, 718 с.

Селюков А.Г. 2002а. Репродуктивная система сиговых рыб (Coregonidae, Salmoniformes) как индикатор состояния экосистемы Оби. I. Половые циклы пеляди *Coregonus peled* // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 1. С. 85-92. – 2002б. Репродуктивная система сиговых рыб (Coregonidae, Salmoniformes) как индикатор состояния экосистемы Оби. II. Половые циклы муксуна // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 2. С. 225-235.

Уварова В.И. 2000. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтования. Тюмень. С. 18-26.

## **ОСОБЕННОСТИ КАРИОТИПА ОЗЕРНЫХ ЛЯГУШЕК НА СЕВЕРЕ САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ**

Э.И. Кайбелева\*, Е.В. Завьялов\*, В.Г. Табачишин\*\*

\*Саратовский государственный университет, 410012 г. Саратов,  
e-mail: biofac@sgu.ru

\*\*Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции РАН,  
410028 г. Саратов, e-mail: hrustovav@forpost.ru

Зеленые лягушки в Поволжье представлены тремя таксонами: озерной (*Rana ridibunda*), прудовой (*R. lessonae*) и съедобной (*R. esculenta*). Распространение последних двух видов в регионе до настоящего времени выяснено не достаточно. Это в большей степени обусловлено сложностью идентификации, особенно формы *R. esculenta*, возникшей в результате гибридизации озерной и прудовой лягушек. Лягушки фауны севера Нижнего Поволжья до настоящего времени кариологически не исследовались. В настоящем сообщении приведены результаты их хромосомных исследований.

Материалом для исследования послужили сборы амфибий, проведенные с 15 по 10 июня 2004 г. на территории Национального парка «Хвалынский» (1♂+3♀). Хромосомные препараты (клетки костного мозга бедренных костей) были приготовлены и окрашены азур-эозином (по Романовскому) по стандартным методикам (Ford, Hamerton, 1956). Для анализа хромосом использовали фотографии не менее 5 метафаз каждой особи. Для расчетов морфометрических показателей – относительной длины хромосом (*R.L.*) и плечевого индекса (*A.R.*) – измеряли каждую хромосому на полученных фотографиях. Статистическая обработка полученных материалов выполнялась в среде пакета прикладных статистических программ (Тюрин, Макаров, 1995).

В результате исследований установлено, что диплоидное число хромосом у изученных лягушек на исследуемой территории равно 26 ( $2n=26$ ) при N.F.=52. Их кариотипы включают 5 пар крупных и 8 пар мелких хромосом. Морфометрическая характеристика хромосом приведена в таблице.

У лягушек 1-я и 5-я пары хромосом представлены метацентриками, 2-я, 3-я, 4-я – субметацентриками (рис.). 6-я и 7-я пары состоят из метацентрических хромосом. Субтелоцентриками у данной формы оказались не 8-я и 9-я пары, как у озерных лягушек из других районов Саратовской области (Кайбелева и др., 2004), а 8-я и 10-я, о чем говорят значения их индексов. 9-я пара – субметацентрик; на длинном плече ее присутствует вторичная перетяжка. 11-я пара – метацентрик, 12-я и 13-я пары субметацентрического типа; 12-я пара на некоторых метафазных пластинках гетероморфна. Также отмечен гетероморфизм 7-ой пары.

Таким образом, результаты проведенного нами исследования показали, что кариотип исследованных озерных лягушек характеризуется типичным для видов комплекса зеленых лягушек диплоидными наборами, которые включают 26 хромосом ( $2n=26$ ).

**Таблица. Хромосомные показатели озерных лягушек**

Номер пары хромосом	<i>R. L.</i> $M \pm m$	<i>A. R.</i> $M \pm m$	Тип хромосом
1	16.68±0.25	1.20±0.06	m
2	14.34±0.45	1.65±0.08	sm
3	12.57±0.94	2.65±0.86	sm
4	12.34±0.56	1.70±0.32	sm
5	9.81±0.46	1.40±0.10	m
6	6.51±0.56	1.25±0.06	m
7	4.89±0.31	1.55±0.20	m
8	5.90±0.67	4.60±0.40	st
9	5.00±0.90	4.06±0.96	sm
10	4.29±0.19	4.27±0.68	st
11	4.12±0.30	1.20±0.20	m
12	3.47±0.18	2.80±0.20	sm
13	3.09±0.40	2.70±0.12	sm

Для амфибий характерна хромосомная формула  $5m+6sm+2st$ . Выявленные отличия в морфологии мелких хромосом у лягушек из окрестностей г. Хвалынска соответствуют хромосомным характеристикам *R. esculenta* из других кариологически обследованных пунктов (Сурядная, 2003) и, очевидно, указывают на гибридный характер данной популяции. Косвенным подтверждением высказанному предположению является анализ биотопической приуроченности исследованных животных, которые обитают в водоемах, наиболее типичных для *R. esculenta* (Лада, 1995). Показательным является и тот факт, что в пределах сопредельной территории Радищевского района Ульяновской области (с. Вязовка) обитание съедобной лягушки считается доказанным с использованием метода проточной ДНК-цитометрии (Файзулин, 2004). Для определения таксономического статуса хвалынских поселений необходимы дальнейшие исследования с использованием наряду с кариологическими современных биохимических и цитогенетических методов.

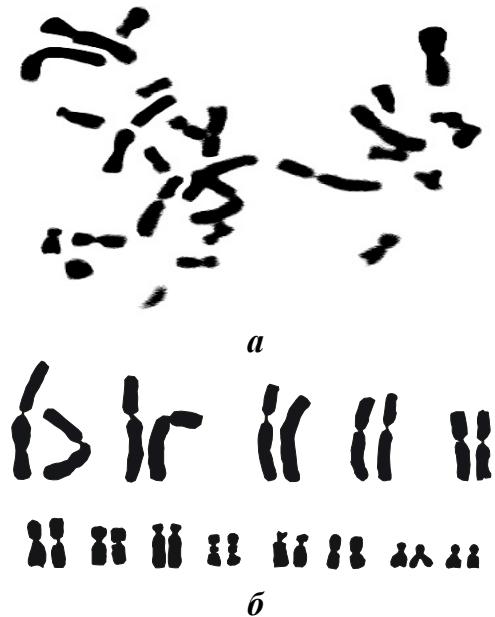


Рис. Метафазная пластиинка клетки костного мозга (а) и кариограмма хромосомного набора (б) озерной лягушки из окр. г. Хвалынска.

### Список литературы

- Кайбелева Э.И., Завьялов Е.В., Табачишин В.Г. 2004. Эколо-кариологические особенности озерных лягушек севера Нижнего Поволжья // Поволжский эколог. журнал. № 3. С. 318–319.
- Лада Г.А. 1995. Среднеевропейские зелёные лягушки (гибридогенный комплекс *Rana esculenta*): введение в проблему // Флора и фауна Черноземья. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. ун-та. С. 88–109.
- Сурядная Н.Н. 2003. Материалы по кариологии зеленых лягушек (*Rana ridibunda*, *Rana lessonae*, *Rana esculenta*) с территории Украины // Вест. зоологии. Т. 37. № 1. С. 33–40.

- Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. 1995. Анализ данных на компьютере. М.: Финансы и статистика, 248 с.
- Файзуллин А.И. 2004. Эколого-фаунистический анализ земноводных Среднего Поволжья и проблемы их охраны. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тольятти, 19 с.
- Ford C.E., Hamerton J.L. 1956. A colchicine, hypotonic citrate squash suquance for mammalian chromosomes // Stain Technol. V. 31. P. 247–251.

## О МЕХАНИЗМАХ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ ОРГАНИЗМА НЕМАТОДЫ *CAENORHABDITIS ELEGANS*

Т.Б. Калинникова, Т.М. Гайнутдинов, А.Х. Тимошенко, Р.П. Токинова,  
М.Х. Гайнутдинов

Институт экологии природных систем Академии наук Республики Татарстан,  
420087 г. Казань, e-mail: tb-kalinnikova@nt.ru

В настоящее время во многом остаются открытыми вопросы как о причинах теплового угнетения функций и тепловой смерти многоклеточных организмов пойкилотермных (эктотермных) животных, так и о механизмах адаптации этих животных к увеличению температуры тела, которая увеличивается вслед за увеличением температуры среды из-за отсутствия в организме системы терморегуляции.

Известно, что основной мишенью негативного влияния высокой температуры на организмы животных и человека является ЦНС. В связи с универсальностью основных принципов структурно-функциональной организации нервной системы, общих для беспозвоночных и позвоночных, удобным модельным организмом для изучения механизмов как тепловых нарушений функций нервной системы, так и адаптации ЦНС к высокой температуре, может быть свободноживущая почвенная нематода *Caenorhabditis elegans*. Во-первых, нервная система этого червя состоит всего из 302 нейронов (у гермафродитов) и является объектом многочисленных современных исследований методами молекулярной биологии, иммунохимии, генетики и генной инженерии. Во-вторых, отсутствие у организма *C. elegans* органа дыхания и циркуляторной системы упрощает интерпретацию экспериментальных данных о негативном влиянии высокой температуры на функции целого многоклеточного организма этого червя. Поэтому целью работы явилась проверка гипотезы, предполагающей, что причиной теплового угнетения функций организма *C. elegans*, так же, как у высокоорганизованных организмов высших беспозвоночных и пойкилотермных позвоночных, является тепловое угнетение интегративных функций ЦНС, обусловленное не тепловым повреждением нейронов, а тепловыми нарушениями сложных процессов интеграции нейронов в их взаимосвязанных ансамблях, осуществляющих все сложные функции ЦНС у беспозвоночных и позвоночных.

Эксперименты проводили с 3-х дневными червями дикой линии *C. elegans* N2, выращенными при +18°C в стандартной среде выращивания нематод (**СВН**) при кормлении *E. coli*, которых инкубировали индивидуально в водной среде (**СВН** после исключения из нее агара, пептона, холестерина и *E. coli*). Последствиями действия постоянной высокой температуры +36°C на организм *C. elegans* в зависимости от его продолжительности являлись: 1) Обратимые нарушения моторной программы плавания, в условиях индукции локомоции сильным механическим стимулом (среднее время действия температуры +36°C 41±2 мин). Эти нарушения проявлялись в утрате червем способности к движению в одном направлении в течение нескольких секунд после прекращения механического стимула; 2) Тепловой нокдаун — полная, но обра-

тимая потеря локомоции после действия механического стимула ( $67\pm4$  мин при  $+36^{\circ}\text{C}$ ); 3) Терловая смерть червя, проявляющаяся в необратимом прекращении двигательных рефлексов ( $132\pm5$  мин при  $+36^{\circ}\text{C}$ ).

Нарушения поведения высокоорганизованных, по сравнению с *C. elegans*, организмов пойкилотермных позвоночных, обусловленные переносимым организмом увеличением температуры, Л.Проссер еще в 70-х годах XX века рассматривал как следствие обратимого теплового угнетения интегративных функций ЦНС. Известно, что теплоустойчивость клеток, включая нейроны, выделенных из организмов пойкилотермных животных, всегда намного выше, чем термотолерантность целого организма. Поэтому терловая смерть этих животных и, тем более, обратимое тепловое угнетение их поведения не могут быть следствиями теплового повреждения или тепловой гибели клеток. Для *C. elegans* этот вывод подтверждается и большими различиями теплоустойчивости моторной программы плавания и выживаемости червей при  $+36^{\circ}\text{C}$ .

Клеточные основы и общие принципы организации многоклеточной функциональной системы, осуществляющей локомоцию *C. elegans*, как известно, те же, что и у организмов высших беспозвоночных и позвоночных. Поэтому очевидно, что причиной обратимого теплового угнетения локомоции *C. elegans* так же, как и у пойкилотермных позвоночных, является тепловое угнетение функций ЦНС, обусловленное не тепловым повреждением нейронов, а нарушениями синаптических связей между нейронами действием высокой температуры, переносимой нейронами.

В пользу этого механизма теплового угнетения локомоции *C. elegans* свидетельствуют и результаты наших экспериментов, в которых сильное влияние на теплоустойчивость моторной программы плавания и устойчивость к тепловому нокауту оказывали воздействия на организм *C. elegans*, вызывающие слабые модификации синаптических связей между нейронами. Этими воздействиями являлись:

1) Мотивационные химические стимулы (введение в среду cAMP и гистидина в диапазоне концентраций  $0.1\text{-}2$  мкМ), которые воспринимаются хеморецепторами, не имеют прямого отношения к осуществлению моторной программы плавания в условиях нашего эксперимента, но изменяют теплоустойчивость локомоции *C. elegans*;

2) Введение в среду низких концентраций серотонина и дофамина, которые не оказывают влияния на поведение и выживание *C. elegans* при  $+18^{\circ}\text{C}$ , но изменяют теплоустойчивость моторной программы плавания червя.

Терловая закалка организма *C. elegans* по схеме: 1 час при  $+33^{\circ}\text{C} \rightarrow 1$  час при  $+18^{\circ}\text{C} \rightarrow$  измерение термотолерантности организма при  $+36^{\circ}\text{C}$  увеличивает теплоустойчивость моторной программы плавания, устойчивость к тепловому нокауту и выживаемость червей соответственно на 108, 85 и 28%.

Известно, что эффект тепловой закалки обусловлен экспрессией генов стрессовых белков и проявляется не только в защите клеток от теплового повреждения, но и в защите (стабилизации) синаптических связей между нейронами в центре полета саранчи и в переживающих срезах вегетативных нервных центров млекопитающих от нарушений этих связей тепловыми воздействиями, подпороговыми для повреждения клеток. Очевидно, что второй из этих механизмов определяет увеличение тепловой закалкой теплоустойчивости моторной программы плавания *C. elegans*. В целом наши данные показывают, что *C. elegans* является удобным модельным организмом для изучения механизмов термотолерантности нервной системы в экспериментах *in vivo* методами физиологии и молекулярной генетики.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-04-48719).*

**НАРУШЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПИГМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ  
ЛИЧИНОК АМФИБИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ ТОКСИКАНТАМИ**

Е.Н. Калистратова, Д.В. Попов, О.В. Бурлакова, В.А. Голиченков  
*Московский государственный университет, 119899 г. Москва,*  
*e-mail: burlakova@mail.ru*

Тяжелые металлы и пестициды, поступающие из антропогенных источников загрязнения, оказывают большое влияние на водные системы. Это находит отражение в увеличении их содержания в воде, донных отложениях и биоте, что приводит к снижению продуктивности водных экосистем и к потенциальной опасности для человека. Актуальность проблемы загрязнения тяжелыми металлами и пестицидами природных вод не вызывает сомнений. Достаточно сказать, что для этих токсикантов в принципе не существует механизмов самоочищения - они лишь перемещаются из одного природного резервуара в другой, взаимодействуя с различными категориями живых организмов, и повсюду оставляют нежелательные последствия этого взаимодействия. К тому же, принимая во внимание исключительно высокую стойкость этих токсикантов в биосфере, необходимо учитывать, что даже их сублетальные количества могут вызывать необратимые нарушения в организме за счет кумулятивного эффекта.

Основные усилия большинства исследователей направлены на определение летального и тератогенного эффектов воздействия токсикантов на организм-индикатор. Однако загрязнение окружающей среды сублетальными дозами токсикантов могут иметь не менее серьезные последствия. Не вызывая видимых морфологических нарушений и изменений поведенческих реакций, малые дозы токсиканта при длительном воздействии могут накапливаться в организме и приводить к отдаленным патологическим изменениям в нем. В связи с этим необходим поиск таких систем и реакций, которые отражали бы изменения физиологического состояния организма в результате неблагоприятных внешних воздействий. Учитывая важность определения малых доз токсиканта, целесообразно использовать в качестве биотеста организм в личиночный и (или) ювенильный периоды развития, поскольку в это время организм уже находится под непосредственным воздействием среды и в нем происходит становление и функциональное созревание различных физиологических систем, т.е. в период наибольшей чувствительности для любых возмущающих воздействий. В последние годы предпринимаются попытки использовать в качестве критериев определения сублетальных концентраций тяжелых металлов некоторые физиологические реакции организмов, например, оценка изменения жаберной активности, интенсивности дыхания и поведенческих функций рыб. Однако эти методы длительны, трудоемки и могут быть отнесены скорее к биомониторингу.

Перспективной представляется модель, основанная на реакциях пигментных меланинсодержащих клеток низших позвоночных животных. Меланофоры земноводных представляют собой систему обособленных, но работающих настолько согласовано клеток, что их можно считать выражителем целостности организма. Меланофор оказывается тем конечным звеном, реакция которого может отражать действие одной или равнодействующую многих внешних и внутренних сил физической или химической природы, преломленных через опосредующие реакции организма или же действующие прямо на клетку.

Благодаря ряду особенностей пигментная система покровов земноводных может быть широко использована в эколого-физиологических исследованиях. Система

меланофоров в силу уникальности свойств содержащегося в них пигмента - меланина - выполняет функцию защиты организма от радиации, является регулятором теплообмена у холоднокровных животных и т.д. Крупные размеры и естественная маркировка меланофоров, лабильность реакций пигментных клеток, их четкая связь с внешними воздействиями (освещенность, температура и т.д.), возможность учета роли организменных параметров, доступность наблюдений *in vivo* делают их удобным объектом для биологического мониторинга.

Меланофоры личинок земноводных обладают способностью перераспределять содержащиеся в них пигментные гранулы (меланосомы) в ответ на изменение различных факторов внешней среды, агрегируя их в перикариальное положение (в результате чего животное светлеет) и диспергируя по всему объему клетки, что вызывает потемнение животного - т.н. физиологическое изменение окраски животного.

Нами изучена динамика физиологических реакций дермальных меланофоров личинок двух видов бесхвостых амфибий (*Rana temporaria* L. и *Xenopus laevis* Daudin.) в период преметаморфоза и поставлены эксперименты по влиянию солей тяжелых металлов (медь в виде азотокислой и сернокислой солей) и пестицидов (ДДТ и ГХЦГ), оказавшие принципиальную возможность использования дермальных меланофоров личинок бесхвостых амфибий для тестирования сублетальных доз токсикантов.

## **К ВОПРОСУ О НАРУШЕНИЯХ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ ЗА СЧЕТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

Ю.С. Капранов\*, С.В. Перминов\*, А.Б. Бурлаков\*\*

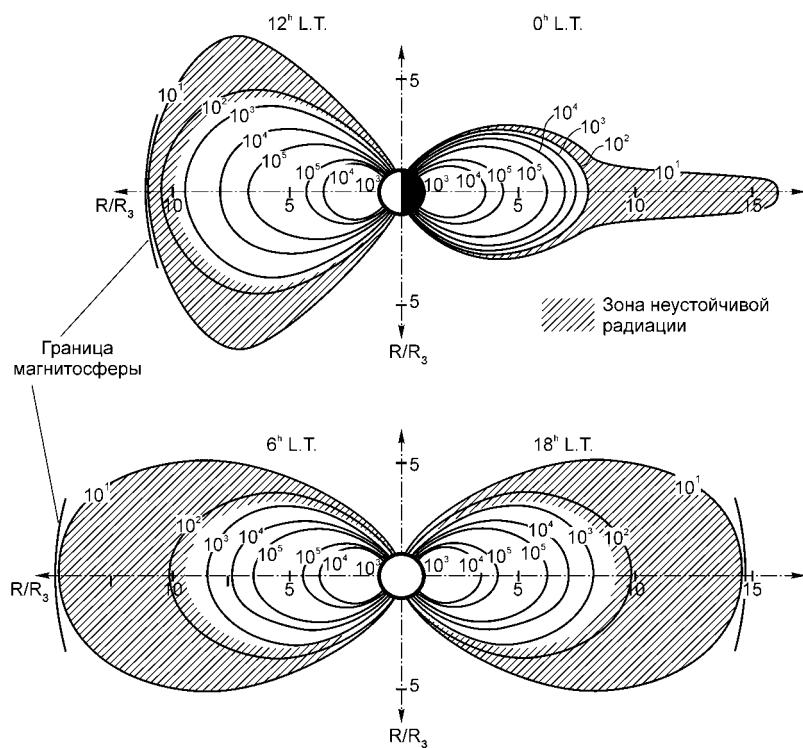
\*ФГУП «НИИ Прецизионного приборостроения», г. Москва

\*\*Московский государственный университет, 119899 г. Москва

Механизмам солнечно-земных связей и их влиянию на развитие жизни на планете Земля посвящено значительное число работ. За несколько миллиардов лет, прошедших с появления жизни, биологические системы прошли гигантский эволюционный путь развития. Говоря о внешних защитных оболочках планеты, ограничиваются часто только рассмотрением атмосферы. Весьма существенной частью нашей планеты, кроме этого, является ее собственное магнитное поле – магнитосфера. Взаимодействуя с «солнечным ветром» и Галактическими космическими лучами магнитосфера захватывает часть заряженных частиц, из которых и состоит космическое излучение. Так и образовались знаменитые радиационные пояса Земли (Вернов, Чудаков, 1960). В настоящую геофизическую эпоху геомагнитное поле соответствует полю эквивалентного эксцентричного диполя, смещенного относительно центра Земли на 436 км в направлении точки поверхности земного шара с координатами 15.6° с.ш., 150.9° в.д. Ось эквивалентного магнитного диполя наклонена относительно земной оси на 11.5°. Реально наблюдаемое магнитное поле Земли на некотором расстоянии от ее поверхности сильно отличается от магнитного поля, образованного эквивалентным диполем. Именно взаимодействием полей Земли с корпускулярными потоками мы и обязаны столь сложной картине геомагнитных полей. Попытки создания непротиворечивых моделей взаимодействия геомагнитного поля с корпускулярным излучением Солнца предпринимались и в доспутниковую эпоху. Уже в то время область взаимодействия геомагнитного поля с корпускулярными потоками получила название «полость Чекмана – Ферраро» (Плетнев и др., 1965). Обнаружение радиационных поясов Земли позволило понять механизм взаимодействия геомагнитного поля с потоками солнечной

плазмы. Внешний пояс состоит в основном из электронов, и простирается на расстояние от 10 до 50 тыс. км. Максимальная концентрация заряженных частиц (электронов) находится на расстоянии около 17 000 км. Внутренний пояс образован, главным образом протонами. Внутренний радиационный пояс расположен на расстояниях от 500–1500 км до 10 000 км. Максимальная концентрация протонов внутреннего радиационного пояса соответствует расстоянию около 3000 км. Следует отметить, что данная картина достаточно условна и позволяет получить общее представление о характере потоков заряженных частиц (Перминов, 2003) (рис. 1).

Подобная конфигурация геомагнитных полей позволяет весьма успешно не только экранировать внешние неблагоприятные воздействия на биосферу Земли, но и осуществлять выборочное, дозированное взаимодействие между биосферой и потоками лучистой энергии, поступающей на Землю от Солнца. Можно предположить, что регуляторные механизмы солнечно – земных связей расположены именно в области радиационных поясов Земли.



**Рис. 1. Распределение заряженных частиц (электронов) в магнитосфере Земли.**

Следует отметить, что за миллиарды лет эволюционного развития жизнь на Земле смогла обеспечить максимально эффективное восприятие информации, поступающей к нам непосредственно от Солнца. Именно этой «точной настройкой» живых организмов на солнечные ритмы и можно объяснить те факты, о которых упоминает А.Л. Чижевский (1995).

Что будет происходить с биосферой Земли, если мы нарушим эту невероятно тонкую и точную «настройку» солнечно–земных связей. В 60-х годах прошлого века произведены эксперименты, которые самым пагубным образом оказались на характере распределения заряженных частиц в околосземном космическом пространстве (Вернов и др., 1964; Гальперин, Болюнова, 1964). Известно, что в магнитосфере Земли помимо естественно существующих радиационных поясов можно создать искусственные пояса путем инъекции заряженных частиц в магнитосферу. Наиболее простой способ такой инъекции заряженных частиц в магнитосферу Земли (высотный ядерный взрыв) был предложен американским физиком Кристофилем и осуществлен осенью 1958 года.

При космическом ядерном взрыве в магнитосферу Земли инъектируются осколки деления, электроны распада этих осколков, электроны и протоны, возникшие при распаде нейтронов, а также ионизированные атомы элементов конструкции собственно ядерного заряда или устройства, содержащего такой заряд. Все эти частицы, будучи захвачены геомагнитным полем и создают искусственные радиационные пояса. К настоящему времени имеются литературные данные по некоторым ядерным

взрывам, произведенным на больших высотах (практически в околоземном космическом пространстве). Результаты исследований по данному вопросу (Вернов и др., 1964; Гальперин, Болюнова, 1964; Гальперин, 1965; Хесс, 1972; West, 1966; Шафер и др., 1971) сведены в таблицу.

**Таблица. Параметры ядерных взрывов, произведенных в космическом пространстве различными странами**

Страна	Кодовое название	Мощность взрыва	Высота подрыва заряда	Географические координаты	Дата
США	Аргус 1	1–2 кт	480 км	12°з.д., 38° ю.ш.	17.08.58
США	Аргус 2	1–2 кт	480 км	8°з.д., 50° ю.ш.	30.08.58
США	Аргус 3	1–2 кт	480 км	10°з.д., 50° ю.ш.	06.09.58
США	Старфиш	1.4 Мт	400 км	170°з.д., 17° с.ш.	09.07.62
СССР	№ 1	500 кт	-	-	22.10.62
СССР	№ 2	<1000 кт	-	-	28.10.62
СССР	№ 3	1000 кт	-	-	01.11.62
КНР	№ 1	<1000 кт	~ 20 км	85°в.д., 30° с.ш.	27.12.68

Анализ этих взрывов показывает характерные особенности данных испытаний. Например, взрывы «Аргус 1–3» проводились в районе Южно–Атлантической магнитной аномалии. Толщина оболочек радиационных поясов, созданных за счет β-распада осколков деления на высоте полета спутника, составляла 90 км для взрывов «Аргус-1» и «Аргус-2» и 150 км для взрыва «Аргус-3». По измерениям на спутнике «Эксплорер-4» в августе – сентябре 1958 г. расположение поясов с течением времени не изменилось (Вернов, 1964). Это указывает на то, что захваченные на данную оболочку частицы длительное время остаются на этой оболочке.

9 июля 1962 г. над островом Джонстон (Тихий океан, атолл Джонстон, южнее Гавайских островов) на высоте 400 км в 9 час 00 мин 09 сек по мировому времени был произведен термоядерный взрыв мощностью 1.4 Мт. Об этом взрыве имеется наибольшее количество публикаций (Вернов и др., 1964; Гальперин, Болюнова, 1964; Гальперин, 1965; Хесс, 1972), основные из которых включены в специальный сборник (Вернов, 1964). В результате этого взрыва образовался пояс искусственной радиации в области от  $L \approx 1.15$  до  $L \approx 1.6$  (порядка 500-3000 км). Взрыв наблюдался со спутника «Космос-5» (Гальперин, 1965), который находился в полете в момент взрыва. В первую же секунду после термоядерного взрыва 09.07.1962 г. на спутнике «Космос-5» было зарегистрировано γ-излучение с интенсивностью  $\sim 10^5$  квант•см<sup>-2</sup>•с<sup>-1</sup>, хотя сам спутник находился на расстоянии 7500 км от места взрыва, т.е. далеко за пределами прямой видимости точки взрыва. В качестве одной из возможных причин этого явления указывают вынос на высоту более 1000 км от точки взрыва осколков деления, γ-излучение которых и было зарегистрировано на спутнике «Космос-5» (Гальперин, 1965). Это явление было названо «γ- зарей». Дальнейшие исследования радиационных эффектов высотного термоядерного взрыва 09.07.1962 г., произведенные на спутниках «Космос-3» (в момент взрыва находился в полете) и на спутнике «Космос-6» подтвердили полученные ранее результаты о том, что на поверхности спутника адсорбируются радиоактивные продукты взрыва. Подтвердились данные о сохранении осколков деления в течение длительного времени после взрыва (Черкас, 1969; Вернов и др., 1973). Влияние последствий термоядерного взрыва 09.07.1962 г. на состояние ионосферы на примере проведения риометрических наблюдений в самых разных точках Земли (в том числе и в Казахстане) приведено в работах (Шафер и др., 1971; Козлов, 1967; Черкас, 1969; Ерохин, Ларионенко, 1969). Из данных следует, что возбуж-

денное состояние ионосфера после взрыва 09.07.1962 г. сохранялось продолжительное время, а эффект, названный « $\gamma$ -зарей» (Гальперин, 1965), наблюдался наземными риометрическими станциями на весьма значительном удалении от точки взрыва (Козлов, 1967; Ерохин, Ларионенко, 1969).

Космические ядерные и термоядерные взрывы примерно в то же время, что и «известный» термоядерный взрыв «Старфиш» проводились и в СССР, и в КНР (Хесс, 1972; West, 1966; Шафер и др., 1971). Точно так же, как и при американском термоядерном взрыве 09.07.1962 г. было зарегистрировано образование достаточно мощных поясов искусственной радиации и существенные возмущения в ионосфере, особенно в слоях F1 и F2. Время существования искусственных поясов радиации разными авторами оценивалось по-своему, но надежды на быстрый спад искусственно образованной радиации в околоземном космическом пространстве не оправдались, и по данным С.Н. Вернова с сотрудниками (Вернов и др., 1973) дозы радиации уменьшились через десять лет после взрыва всего лишь в 10 раз. Картина искусственных поясов радиации, образовавшихся в результате взрывов в США и СССР после 1962 г представлена на рис. 2.

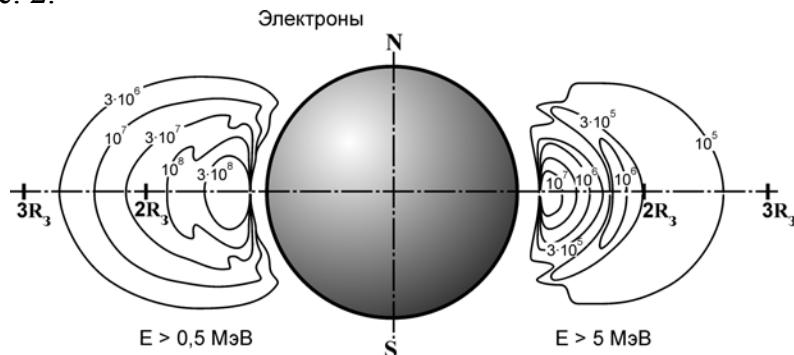


Рис. 2. Пространственное распределение электронов искусственного пояса радиации (Цифрами указаны потоки электронов част/см<sup>2</sup>•с).

Что касается уменьшения интенсивности излучения, вызванного образованием искусственных поясов радиации, то данные 1971 года говорят о том, что по сравнению с 1964 г. максимальная мощность дозы в центре внутреннего пояса радиации уменьшилась в ~ 20 раз. И если в середине 1964 г. эта доза, регистрируемая во внутреннем радиационном поясе, составляла в центре внутреннего пояса радиации ~ 10 000 рад/сутки за защитой ~ 1 г/см<sup>2</sup> вещества, то в 1971 г. максимальная мощность дозы не превышала 520 рад/сутки за защитой 0.7 г/см<sup>2</sup>. Потоки частиц, вызванные экспериментами 1962 г. регистрировались вплоть до 1972 г., в том числе и в приполярных областях. Таким образом, потоки избыточного излучения за счет искусственных поясов радиации сохранялись спустя десять лет после проведения испытаний.

Влияют ли такие изменения на онтогенез живых организмов на Земле? А.Л. Чижевский, рассматривая возможные механизмы, посредством которых изменения на Солнце способны передавать те или иные воздействия на развитие или состояние живых организмов (Чижевский, 1995), провидчески предположил, что воздействие «Солнечных бурь» на человека происходит посредством неких «корпускул», избыток (или недостаток) которых и создает то избыточное возбуждение, которое и способствует развитию социальных катаклизмов. Теперь мы знаем, что потоки «солнечного ветра» могут достигать как верхней атмосферы, так и ее нижних тропосферных слоев. Энергетический спектр и концентрация частиц «солнечного ветра», попадающих в верхнюю атмосферу и оказывающих биологическое действие на состояние организма определяется, в первую очередь, состоянием земной магнитосферы. Пути проникновения таких, «биологически активных» частиц представляют собой весьма узкий пространственно-энергетический «зазор» между разными областями земной

магнитосфера, условно назван «демаркационным слоем» (Бобров, 1972). Общие соображения и данные наблюдений на космических аппаратах, свидетельствуют о существовании в магнитосфере Земли слоя, который отделяет сердцевину магнитосферы от северной и южной половин геомагнитного «хвоста». С дневной магнитопаузой этот слой граничит по «демаркационным» полосам, через которые плазма солнечного ветра проникает из переходной области внутрь магнитосферы, чему способствует пересоединение силовых линий, «вмороженных» в солнечную плазму, с силовыми линиями магнитосферы. Этот «демаркационный слой» представляет собой область наименьшего сопротивления движению солнечной плазмы со стороны магнитосферы. Именно это обстоятельство обуславливает дальнейшее движение плазмы внутри него – частью к Земле, в дневные секторы, частью огибая Землю, в нейтральный слой геомагнитного «хвоста». Вдоль этой поверхности, которая топологически представляет собой сложным образом искривленную плоскость, причем с самопересечением в ряде мест соблюдается условие динамического равновесия магнитных и электрических сил, действующих на заряженные частицы солнечной плазмы. Условие равновесия сил, как следует из общефизических соображений, выполняется только для очень узкого диапазона энергий. Кроме того, из чисто геометрических соображений ясно, что условия «волноводного» проникновения частиц в верхние слои земной атмосферы будут соблюдаться только в пределах узкого угла входа частиц в «коридор» демаркационного слоя. Если условия по углу входа и по энергии частиц не соблюдаются, то она не будет претерпевать эффекта волноводного перемещения по этому слою, а будет захвачена той или иной оболочкой магнитосферы или же будет вытолкнута в зону неустойчивой радиации (рис. 1).

Таким образом, есть все основания предполагать, что определяющее влияние на развитие и общее состояние биосфера на Земле способны оказывать только те частицы солнечного ветра, которые удовлетворяют условию волноводного распространения по демаркационному слою в пределах магнитосферы Земли. Даже грубая количественная оценка общего числа таких частиц показывает, что ни о каком энергетическом воздействии не может быть и речи – слишком мало число частиц, удовлетворяющих условию волноводного распространения вдоль столь сложной резонаторно – направляющей системы, какой является демаркационный слой.

Можно предположить, что в основе воздействия частиц солнечного ветра, способных оказывать влияние на состояние онтогенеза лежат именно эти частицы, удовлетворяющие условиям волноводного распространения, причем влияние этих частиц на развитие биосистем носит информационно – волновой характер. Существование такого волнового влияния подтверждается большим числом работ по дистантным волновым взаимодействиям (Burlakov, 2000).

На основании вышеизложенного возможно предположить следующее:

- Влияние солнечной плазмы на процессы онтогенеза определяются процессами в земной магнитосфере, в первую очередь состоянием демаркационного слоя.
- В результате термоядерных взрывов, произведенных в космическом пространстве и в верхней атмосфере в 1962 -1968 г.г. произошло образование искусственных радиационных поясов, которые сохранялись весьма длительное время, а остаточные явления, вызванные этими экспериментами, наблюдаются по настоящее время.
  - Образование искусственных поясов радиации привело к деформации (пусть и весьма незначительной) демаркационного слоя в земной магнитосфере.
  - Деформация демаркационного слоя привела к изменению как количественного, так и спектрального состава солнечных корпукул, достигающих верхней атмосферы и определяющих состояние онтогенеза биосистем Земли.
  - Отдаленные (несколько сот лет и более) последствия экспериментов по созданию искусственных поясов радиации на настоящий момент непредсказуемы.

### Список литературы

- Бобров М.С. 1972. О демаркационном слое в магнитосфере // Космические исследования. Т.10. № 6. С.879–887.
- Вернов С.Н., Чудаков А.Е. 1960. Исследование космических лучей и земного корпускулярного излучения при полетах ракет и спутников // УФН. Т. 70. № 4. С. 586–619.
- Вернов С.Н., Нестеров В.Е., Писаренко Н.Ф. и др. 1964. Исследование радиационных поясов Земли в районе Бразильской магнитной аномалии на высотах 235–345 км // Космические исследования. Т. 2. Вып. 3. С. 492–497.
- Вернов С.Н., Савенко И.А., Савун О.И., Сенчуро И.Н., Шаврин П.И. 1973. Дозы радиации при длительном орбитальном полете в околоземном пространстве // Космические исследования. Т. 11. № 2. С. 321–328.
- Гальперин Ю.И. 1965. Об эффектах американского высотного взрыва 9 июля 1962 г. в верхней атмосфере // Космические исследования. Т. 3. № 3. С. 426–432.
- Гальперин Ю.И., Болюнова А.Д. 1964. Регистрация эффектов высотного термоядерного взрыва 9 июля 1962 г. на спутнике «Космос–5» // Космические исследования. Т. 2. Вып. 5. С. 763–772.
- Ерохин Ю.Г., Ларионенко О.И. 1969. Влияние американского взрыва «Старфиш» на состояние ионосферы по наблюдениям в центральном Казахстане // Космические исследования. Т. 7. № 4. С. 580–583.
- Козлов С.И. 1967. О возможности регистрации эффекта «гамма-зари» высотного термоядерного взрыва 9 июля 1962 г. риометрическими станциями на Аляске и Западном Самоа // Космические исследования. Т. 5. № 2. С. 225–230.
- Перминов С.В. 2003. Анализ влияния ионизирующих излучений космического пространства на работоспособность и срок службы элементов бортовых волоконно-оптических систем передачи данных // Электромагнитные волны и электронные системы. Т. 8. № 9. С. 40–44.
- Плетнев В.Д., Скуридин Г.А., Шалимов В.П., Швагунов И.Н. 1965. О динамике геомагнитной ловушки и происхождении радиационных поясов Земли // Космические исследования. Т. 3. № 2. С. 336–340.
- Хесс В. 1972. Радиационный пояс и магнитосфера. М.: Атомиздат.
- Черкас В.И. 1969. О длительных возмущениях ионосферы под воздействием высотных термоядерных взрывов // Космические исследования. Т. 7. № 3. С. 429–435.
- Чижевский А.Л. 1995. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль.
- Шафер Ю.Г., Козлов В.И., Кириенко И.С. и др. 1971. Измерения радиационных эффектов термоядерного взрыва в КНР 27 декабря 1968 г. на ИСЗ «Космос–262» // Космические исследования. Т. 9. № 4. С. 558–564.
- Burlakov A.B. 2000. Distant physical interactions between the developing fish embryos// Biophotonics and Coherent Systems. Proc. 2<sup>nd</sup> Alexandre Gurwitsch Conference and Additional Contributions. Moscow University Press, Moscow. P. 289–304.
- West H.J. 1966. Some observation of trapped electrons produced by the Russian High-altitude Nuclear detonation of October 28, 1962. Radiation Trapped in the Earth's magnetic field, D Reidel, Holland.

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ И АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ИЗОФЕРМЕНТОВ ЧЕРНОМОРСКО-КАСПИЙСКОЙ ТЮЛЬКИ (*CLUPEONELLA CULTRIVENTRIS* NORDMANN, 1840)

Д.П. Карабанов

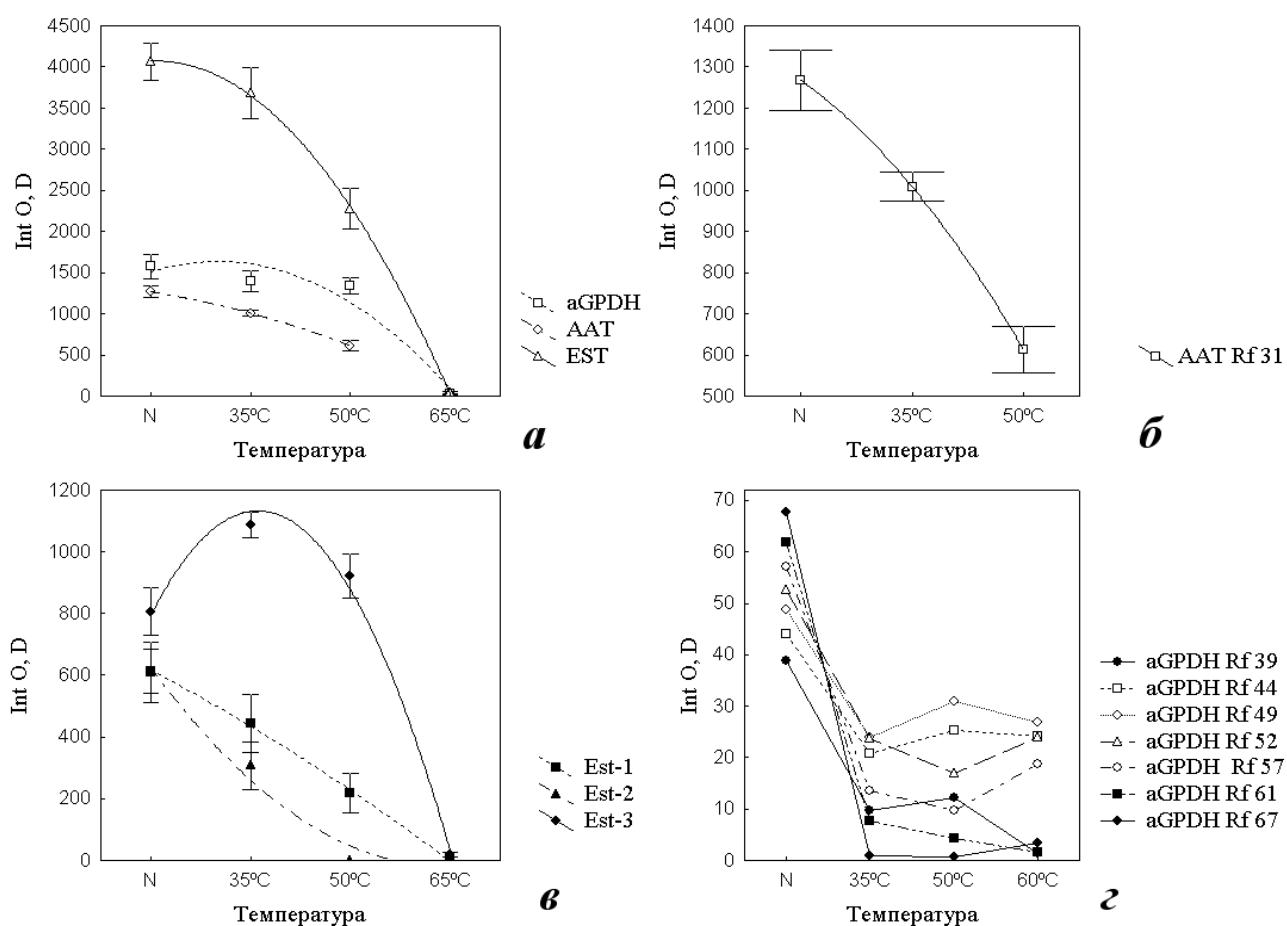
Институт биологии внутренних вод РАН, 152742 Ярославская обл., пос. Борок,  
e-mail: dk@ibiw.yaroslavl.ru

Со времени появления теории адаптаций изучение приспособлений к среде происходит на всех уровнях организации живых систем. Однако, если изучение адаптаций на анатомическом или физиологическом уровне, как правило, связано с изуче-

нием внешних проявлений, то генетико-биохимические изменения большей частью адаптивны на уровне основных метаболических функций и поэтому макроскопически не проявляются. Поскольку метаболическая активность организмов строго зависит от ферментных систем, то процессы адаптаций должны сводиться к тому, чтобы функции макромолекул были такого типа и осуществлялись с такими скоростями, при которых жизненные процессы протекали бы на уровне, достаточном для поддержания гомеостаза (Хочачка, Сомеро, 1977).

В качестве объекта для изучения механизмов генетико-биохимических адаптаций в природных условиях могут служить активно саморасселяющиеся виды. Особый интерес среди вселенцев представляют рыбы, так как расширение их ареала часто связано со значительным изменением многих химических (соленость, pH) и физических (освещенность, температура) факторов. Среди рыб феноменальную скорость расширения ареала демонстрирует черноморско-каспийская тюлька *Clupeonella cultriventris* Nordmann, 1840. Естественноисторическим ареалом черноморско-каспийской тюльки являются Азовское, Каспийское моря, опресненные части Черного моря и нижние участки рек Понто-Каспийского бассейна (Атлас..., 2002). После создания каскада водохранилищ на крупных реках бассейна, тюлька широко расселилась по водохранилищам Волги, Дона и Днепра. По Волге она за довольно короткий период (40-50 лет) продвинулась на север вплоть до Белого озера. В Рыбинское водохранилище тюлька проникла в 1994 г., а с 2000 г. тюлька отмечается в Иваньковском водохранилище (Слынько и др., 2000). Несомненно, что успешное заселение речных водохранилищ, в том числе северных, обусловлено эвригалинностью и эвритермностью данного вида. К примеру, северокаспийская тюлька способна нереститься (один из критических периодов онтогенеза) при температурах от 10<sup>0</sup>C до 24<sup>0</sup>C в диапазоне солености 0-15%. Однако оптимальными нерестовыми температурами являются 17-19<sup>0</sup>C, что подчеркивает филогенетически теплолюбивый статус вида (Приходько, 1979). Следовательно, физиологические и биохимические оптимумы черноморско-каспийской тюльки, в том числе на внутриклеточном уровне, должны быть характерными для теплолюбивых видов (Хочачка, Сомеро, 1977). В качестве маркера при изучении биохимических адаптаций тюльки мы выбрали изменение относительного количества и активности спектра нескольких изоферментов, так как, часто, различный спектр того или иного ферmenta может служить маркером устойчивости к заболеваниям, морфологическим и физиологическим признакам (Райдер, Тейлор, 1983; Reinitz, 1977). Целью нашей работы было определение устойчивости оптимума активности внутриклеточных ферментов у тюльки, обитающей в северных водохранилищах. Мы провели *in vitro* анализ температурной устойчивости ряда внутриклеточных ферментов у тюльки из популяции Рыбинского водохранилища: аспартат-аминотрансфераза (ААТ, К.Ф. 2.6.1.1), 2-нафтилацетатзависимая эстераза (v-est, К.Ф. 3.1.1.x), б-глицерофосфатдегидрогеназа (б-GPD, К.Ф. 1.1.9.5), лактатдегидрогеназа (LDH, К.Ф. 1.1.1.27). Анализировали изменение изоферментного состава и уровень активности изоферментов после воздействия различных температур на образцы проб белых скелетных мышц: 35<sup>0</sup>C, 50<sup>0</sup>C, 65<sup>0</sup>C (сублетальная), 80<sup>0</sup>C, 95<sup>0</sup>C (летальная). В качестве контроля использовали температурный режим стандартной пробоподготовки. Время экспозиции по каждой температуре составило 15 минут. Выявление изоферментов осуществлялось методом диск-электрофореза в полиакриламидном геле (PAGE, PAG 7%, TEB) (Маурер, 1971; Davis, 1964) с последующим субстратспецифичным окрашиванием по стандартным методикам (Глазко, 1988). Анализ активности изоферментов проводили по электрофоретическим трекам с использованием пакета RFLPscan Plus v. 3.12, CSP Inc.

Для всех исследованных ферментов при повышенных температурах отмечено снижение общей ферментативной активности, однако у различных ферментов имеются свои особенности этого процесса. В порядке убывания теплоустойчивости



**Рис. Изменение активности изоформ изученных ферментов при повышении температуры:** а - изменение суммарной ферментативной активности; б - линейная зависимость снижения ферментативной активности ААТ; в - компенсационный механизм поддержания нормального уровня эстеразной активности за счёт увеличения активности термоустойчивого компонента; г - распределение активности изофермента аGPDH при повышении температуры на «северную» (темные маркеры) и «южную» (светлые маркеры) группы.

исследованные ферменты распределились в следующей последовательности – ААТ, б-GPDH, в-EST, LDH (рис. 1а). Для ААТ характерна линейная зависимость снижения ферментативной активности при повышении температуры (рис. 1б). Фермент в-Est у тюльки представлен тремя фракциями: Est-1 (наименее подвижная к аноду), Est-2 и Est-3 (наиболее подвижная к аноду). Все основные изоферменты в-Est при температуре 5<sup>0</sup>С имеют практически одинаковую активность. Однако при повышении температуры до 35<sup>0</sup>С в значительной степени репрессируются наиболее подвижные изоферменты Est-2, а изоферменты фракции Est-1 снижают свою активность на 30-60% (у различных особей). Однако этот процесс компенсируется возрастанием активности изоферментов Est-3, за счёт чего суммарная эстеразная активность снижается незначительно (рис. 1а, и рис. 1в). Этот компенсационный механизм работает вплоть до повышения температуры до 50<sup>0</sup>С. Начиная с 65<sup>0</sup>С, как правило, все изоферменты в-Est инактивируются. В целом, аналогичная картина была описана ранее (Koehn et al., 1971). Более сложная зависимость наблюдается для изоферментов б-GPDH (рис. 1г). Эти изоферменты мы разделяем на две условные группы, обозначенные нами «южная» (четыре изофермента с Rf 44, 49, 52, 57) и «северная» (три изофермента, представленными наиболее подвижными (Rf 61, 67) и наименее подвижными (Rf 39) фракциями); что особенно заметно при рассмотрении активности ферментов при суб-

летальной температуре ( $65^{\circ}\text{C}$ ). Изоферменты «южной» группы более активны при высокой температуре ( $45\text{-}60^{\circ}\text{C}$ ), а изоферменты «северной» группы более активны при пониженных температурах ( $5^{\circ}\text{C}$ ). Изоферменты «южной» группы являются гетерополимерами, чем, по-видимому, и объясняется их повышенная толерантность к высоким температурам. При воздействии температуры на изоферменты LDH выявляются следующие особенности: 1) в целом высокая теплоустойчивость всех изоферментов, как правило, сохраняющаяся даже при нагревании до  $80^{\circ}\text{C}$ ; 2) фракция LDH1 (гомополимер  $\text{B}_4$ ) наименее устойчива к нагреву, по сравнению с прочими изоферментами лактатдегидрогеназы; 3) большая устойчивость изоферментов, включающих субъединицы А.

На основании изложенного материала подтверждается высказанная ранее мысль (Хочачка, Сомеро, 1977) что у эктотермных животных (к которым относятся все рыбы) одного варианта фермента недостаточно для обеспечения его нормальной работы в широком диапазоне температур. Таким образом, тюлька, натурализовавшись в северных водоемах умеренной климатической зоны, в целом сохраняет черты адаптаций внутриклеточного метаболизма, присущего теплолюбивым видам. Столь успешная экспансия тюльки, видимо, была обусловлена, в том числе, и наличием изоферментов, приспособленных «на все случаи жизни».

### **Список литературы**

- Атлас пресноводных рыб России. 2002./Под ред. Ю.С. Решетникова. Т.1. М.: Наука, 379 с.
- Глазко В.И. 1988. Генетика изоферментов сельскохозяйственных животных. Итоги науки и техн. ВИНТИ. Сер. Общ. генетика. 212 с.
- Маурер Г. 1971. Диск-электрофорез. М.: Мир, 247 с.
- Приходько Б.И. 1979. Экологические черты каспийских килек (род *Clupeonella*) // Вопр. ихтиол. Т.19. № 5. С. 801-812.
- Райдер К., Тейлор К. 1983. Изоферменты. М.: Мир, 112 с.
- Слынько Ю.В., Кияшко В.И., Яковлев В.Н. 2000. Список видов рыбообразных и рыб бассейна р. Волги // Каталог растений и животных водоёмов бассейна Волги. Ярославль. С. 252-277.
- Хочачка П., Сомеро Дж. 1977. Стратегия биохимической адаптации. М.: Мир, 398 с.
- Davis B.J. 1964. Disk-electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins // Ann. N.Y. Acad. Sci. V. 124. P. 404-427.
- Koehn R.K., Peretz J.E., Merritt R.B. 1971. Esterase enzyme function and genetical structure of populations of the freshwater fish, *Notopis strameneus* // Amer. Natur. V. 105. № 941. P. 51-68.
- Reinitz G.L. 1977. Tests for association of transferrine and lactate dehydrogenase phenotypes with weight gain in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // J. Fish. Res. B. Canada. V. 34. № 12. P. 2333-2337.

### **НАСЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЛЕЩА (*ABRAMIS BRAMA* L.) И ПЛОТВЫ (*RUTILUS RUTILUS* L.)**

Ю.В. Кодухова

Институт биологии внутренних вод РАН, 152742 Ярославская обл., пос. Борок,  
e-mail: jukod@ibiw.yaroslavl.ru

За последние несколько лет накоплен достаточно обширный материал по гибридам рыб во многих водоемах. Как правило, естественная межвидовая гибридизация чаще всего является прямым следствием нарушения сложившихся мест обитания, что особенно актуально для зарегулированных рек. При этом возрастают как количество гибридных особей от двух скрещивающихся видов, так и количество видов, способ-

ных гибридизировать. Поскольку чаще всего в естественных условиях у рыб гибридизируют виды одного рода или близких родов, то идентификация гибридов с использованием традиционных диагностических признаков определения видов, оказывается затруднена. Идентификация по основным морфологическим признакам часто вызывает затруднения еще и тем, что достоверно неизвестно точный тип наследования данного признака. Для определения закономерности наследования ряда морфологических, физиологических и биохимических признаков, нами применялся метод искусственной гибридизации, так как в этом случае достоверно известны родители и потомки.

Для проведения морфологического анализа использовали выборки сеголеток сибсов из генераций леща, плотвы, гибридов плотва х лещ ( $\text{П} \times \text{Л}$ ) и лещ х плотва ( $\text{Л} \times \text{П}$ ) – 1990, 1992, 1993, 2001, 2002, 2003 гг., объемом 40-70 экз.

Для анализа закономерностей наследования и диагностики гибридов использовали комплекс разнородных морфологических признаков. Комплекс анализируемых признаков формировался преимущественно из признаков, надежно различающихся у родительских видов и зачастую используемые в определительных ключах и таксономических построениях с таким учетом, чтобы были представлены количественные (меристические и пластические) и альтернативные неметрические признаки внешней морфологии и скелета, характеризующиеся разным временем закладки в онтогенезе и в норме нескоррелированные между собой у родительских видов. Как правило, они также нескоррелированы у гибридов первого поколения и имеют в общем промежуточные значения между скрещивающимися видами.

Анализ осуществлялся по совокупности количественных (пластических и меристических) и альтернативных неметрических признаков. Среди пластических признаков использовали индексы в процентах от длины тела ( $L$ ) длины головы ( $c$ ), длины основания анального плавника ( $lA$ ), длины основания спинного плавника ( $lD$ ), антеанального расстояния ( $aA$ ), постанального расстояния ( $pA$ ), антедорсального расстояния ( $aD$ ), постдорсального расстояния ( $pD$ ), наибольшей высоты тела ( $H$ ), наименьшей высоты тела ( $h$ ). Из количественных меристических признаков анализировались число ветвистых лучей в анальном ( $A$ ) и спинном ( $D$ ) плавниках, число тычинок на первой жаберной дуге ( $sp.br.$ ), число чешуй в боковой линии ( $l.l.$ ), число чешуй над ( $S_D$ ) и под ( $S_A$ ) боковой линией (Pits, 1997), число позвонков в грудном ( $Vb$ ), переходном ( $Vi$ ) и хвостовом ( $Vc$ ) отделах, суммарное число позвонков в грудном и переходном отделах ( $Vt$ ), общее число позвонков ( $Vert$ ), количество отверстий каналов сейсмосенсорной системы в краиальных костях – *frontale* (*front*), *parietale* (*par*), *praeoperculum* (*prop*), *dentale* (*dent*), подглазничный канал (*c.i.o.*). Рассматривались также альтернативные неметрические признаки: формула глоточных зубов ( $d.ph.$ ) и позвонковые фенотипы.

Статистический анализ осуществлялся в соответствии с основными методическими требованиями при изучении закономерностей изменчивости и наследования, как отдельных признаков, так и их комплексов (Мазер, Джинкс, 1985; Рокицкий, 1978). Статистическая обработка материала проводилась с использованием программного пакета «STATISTICA 6.0» StatSoft, Inc.

Формирование структур, составляющих какой-либо признак, происходит в процессе онтогенеза. Структуры не возникают все сразу. Формирование проходит постепенно, в результате последовательных стадий развития. Большинство исследователей придерживаются теории этапности развития. Мы совместили схемы этапов развития карловых рыб, выделяемые следующими авторами: Крыжановским (1968), Макеевой (1992), Дислером (1960), Васнецовым (1953), Рассом (1946).

В результате все анализируемые признаки были разбиты на три большие группы. Определяющим критерием служит окончание дифференциации структуры, составляющей выбранный признак, в процессе развития рыб.

I. Признаки с ранней дифференциацией (до стадии малька) с высокой наследственной обусловленностью, окончательно формирующиеся в первые 1.5-2 месяца: признаки осевого скелета ( $Vb$ ,  $Vi$ ,  $Vt$ ,  $Vc$ ,  $Vert$ ), лучи в спинном ( $D$ ) и анальном ( $A$ ) плавниках, жаберные тычинки ( $sp.br.$ ), глоточные зубы ( $d.ph.$ ).

II. Признаки с поздней дифференциацией, заканчивающие формирование в течение первого года жизни (Дислер, 1960). К данной группе относятся структуры сейсмосенсорной системы ( $l.l.$ , *front*, *par*, *prop*, *c.i.o.*, *dent*).

III. Признаки меняющиеся в течение всей жизни (все пластические признаки). К третьей группе мы относим все пластические признаки, которые характеризуются низкой наследственной обусловленностью и в течение жизни меняются в зависимости от разных факторов.

Полученные на отдельных генерациях и на небольших объемах природного и искусственно полученного материала данные других авторов, как правило, интерпретировали наследование только количественных из рассматриваемых признаков, как промежуточное ( $Vert$ ,  $A$ ,  $l.l.$ ) или матроклиновое ( $D$ ) (Николюкин, 1952; Pitts, 1997; Wood, Jordan, 1987).

Однако наши результаты свидетельствуют, что у рассмотренных гибридов наблюдается значительная мозаичность и большая независимость в наследовании признаков (табл.). Закономерное наследование выявлено только для числа лучей в  $A$  и  $D$ , а также суммарного числа позвонков в туловищном отделе. Причем наследование числа лучей в  $A$  характеризуется промежуточным, а наследование числа лучей в  $D$  - матроклиновым типом. Следовательно, только в случае  $D$  подтверждается ранее установленный материнский характер наследования.

Признаки осевого скелета, характеризующиеся высокой наследуемостью (Кирличников, 1987), проявляют переменный характер наследования. Причем в различных отделах тип наследования числа позвонков сильно варьирует. Так  $Vt$  наследуется матроклинико, только в 2001 г. – патроклинико,  $Vc$  – промежуточно или с доминированием плотвы, но при этом наследование общего числа позвонков носит патроклиновый (1990, 1993 и 2003 г.г.), с доминированием плотвы (2001 и 2002 г.г.) или промежуточный (1992) характер и, не зависимо от типа наследования, отмечается преобладание лещевого фенотипа в общей структуре осевого скелета.

В наследовании формулы глоточных зубов, как при скрещивании лещ x плотва, так и при скрещивании плотва x лещ, доминирует соотношение 6-5, характерное для плотвы. Количество тычинок на первой жаберной дуге наследуется промежуточно.

Для первой группы признаков достоверные значения наследуемости ( $>0.3$ ) отмечаются для одних и тех же признаков у гибридов при различных способах расчета индекса: по признаку  $D$  для гибридов П x Л по лещу, по признаку  $A$  для Л x П по лещу и для П x Л по плотве, по признаку  $Vt$  для гибридов П x Л по плотве. Наблюдаются колебания индекса наследуемости в зависимости от генерации, интервал колебания для  $A$  от 0.016 до 0.409, для  $D$  от 0.00 до 0.325, для  $Vert$  от 0.009 до 0.335.

Переменное наследование отмечается для формулы боковой линии: в 1990 и 2003 промежуточное наследование, в 1992 и 2002 доминирует плотва, а в 1993 и 2001 – лещ.

В наследовании числа отверстий сейсмосенсорной системы в краиальных костях отмечается чередование промежуточного наследования с доминированием леща. Исключение составляет париетальный канал (*par*), число отверстий в котором наследующийся стабильно только с доминированием плотвы.

**Таблица. Тип наследования морфологических признаков у гибридов F<sub>1</sub> плотвы и леща**

Группа признаков		1990	1992	1993	2001	2002	2003		
<i>Меристические признаки</i>									
I	Осевой скелет	Vb	Мат.		Пат.	Пром.	Пат.		
		Vi	Мат.	дом.П	Мат.	дом.П	Пром.		
		Vt	Мат.		Пат.	Мат.			
		Vc	Пром.		дом.П	Пром.			
	Vert	Пат.	Пром.	Пат.	дом.П		Пат.		
II	Лучи в плавниках	A	Пром.						
		D	Мат.						
		d.ph.	дом.П						
		sp.br.			Пром.				
III	Чешуя	I.l.	Пром.	дом.П	дом.Л	дом.П	Пром.		
		S <sub>D</sub>				Пром.	дом.П		
		S <sub>A</sub>				Пром.			
	Сеймосенсорные каналы черепа	front	дом.Л		Пром.	дом.Л	дом.П		
		par	дом.П						
		prop	дом.Л		дом.Л	Пром.	Пром.		
		c.i.o.	Пром.		дом.П	дом.Л	Пром.		
		dent	дом.Л		Пром.	дом.Л	Мат.		
<i>Пластические признаки</i>									
III	по значениям индексов от длины головы	ao			дом.Л	дом.П	дом.Л		
		lo			дом.П		дом.Л		
		hc			дом.Л		Мат.		
	по значениям индексов от длины тела	c	дом.Л		Пром.	дом.П	дом.Л		
		l				дом.Л			
		lA	Пром.		Пром.	дом.П	Пром.		
		lD	Пром.		дом.П	дом.Л			
		aA	Пром.		дом.Л	дом.П	Пром.		
		pA				дом.П	Пром.		
		aD	дом.П		дом.П	дом.П	дом.Л		
		pD				дом.П	Пром.		
		H	дом.П		дом.П	дом.П	дом.П		
		h				дом.Л			

*Примечание: Мат. – матроклиния; Пат. – патроклиния; Пром. – промежуточное наследование; дом.Л – доминирование леща; дом.П – доминирование плотвы.*

Эффект доминирования одного из родительских видов проявляется в наследовании следующих пластических признаков: доминирование леща – *l, lD, h*; переменное доминирование плотвы и леща – *c, lo, ao*. Признак *hc* наследуется матроклинико (2003) или с доминированием леща. Признаки *aA, pA, lA, aD, pD, H* наследуются промежуточно или с переменным доминированием одного из родительских видов. Отмечается преобладание наследования пластических признаков с доминированием плотвы в генерации 2001 г. и преобладание наследования с доминированием леща в 2002 и 2003 г.г.

Таким образом, при общем анализе наследования признаков по группам отмечается следующая тенденция.

- I. Наследование матроклиновое, патроклиновое, промежуточное или с доминированием плотвы.
- II. Наследование промежуточное или с переменным доминированием одного из родительских видов.
- III. Наследование промежуточное или с переменным доминированием одного из родительских видов.

#### **Список литературы**

- Васнецов В.В. 1953. Этапы развития костистых рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 207-217.
- Дислер Н.Н. 1960. Органы чувств системы боковой линии и их значение в поведении рыб. М.: Изд-во АН СССР, 560 с.
- Кирпичников В.С. 1987. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 520 с.
- Крыжановский С.Г. 1968. Закономерности развития гибридов рыб различных систематических категорий. М.: Наука, 220 с.
- Мазер К., Джинкс Дж. 1985. Биометрическая генетика. М.: Мир, 463 с.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ, 216 с.
- Николюкин Н.И. 1952. Межвидовая гибридизация рыб. Саратов: Саратовское областное государственное издательство, 312 с.
- Рокицкий П.Ф. 1978. Введение в статистическую генетику. Мн.: Вышеш. шк., 448 с.
- Расс Т.С. 1946. Ступени онтогенеза костистых рыб (Teleostei) // Зоол. журн. Т. 25. № 2. С. 137-146
- Pitts C.S. at al. 1997. Controlled breeding studies to verify the identity of roach and common bream hybrids from a natural population. Fish Biol.V. 51. P. 686-696.
- Wood A.B., Jordan D.R. 1987. Fertility of roach x bream hybrids, *Rutilus rutilus* (L.) x *Aramis brama* (L.), and their identification. Fish Biol. V. 30. P. 249-261.

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ПОСТЭМБРИОГЕНЕЗ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ**

Н.И. Козлова

*Иркутский государственный университет, 664000 г. Иркутск,  
e-mail: Kni\_irk@mail.ru*

Байкальский омуль *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi) основной объект промысла, его численность значительно колеблется, что обусловлено в основном антропогенным влиянием (перелов, загрязнение нерестилищ, изменение трофических связей и других факторов).

Выживаемость молоди на ранних этапах развития определяет численность рыб в целом. Ранний онтогенез характеризуется самой высокой смертностью. Температура, как один из факторов внешней среды активно влияет на рост и развитие молоди. Что хорошо иллюстрируется при поэтапном рассматривании личиночного и малькового периодов развития байкальского омуля. Каждый последующий этап развития характеризуется определенными морфометрическими параметрами, физиологией, которые специфичны для каждого вида. Линейные размеры личинок и мальков омуля, хотя и варьируют в определенных границах, постоянны, т.е. популяция изменяется в специфичных для данного вида пределах изменчивости.

Личиночный период развития омуля состоит из четырех этапов, которые характеризуются определенными особенностями строения и если молодь выращивать в границах термооптимума то первый этап (смешенное питание) продолжается 6-7 суток,

второй этап (полное экзогенное питание) определяется в 8 суток, третий (дифференциации непарных плавников, при линейных размерах 15-21 мм) длится 5 суток, и четвертый этап определяется в 10 суток. Скорость развитие личинок замедляется почти в два раза при более низких температурах выращивания. Подобная картина наблюдается и в мальковый период развития.

Следовательно, при выращивании молоди омуля при разных значениях температуры воды последовательность этапов развития сохраняется, но изменяется их продолжительность. Температура воды и количество доступных кормовых организмов влияют на рост и развитие омуля, ускоряя или замедляя эти процессы. У омуля, начиная с первых этапов постэмбриогенеза, выращиваемого в диапазоне термооптимума, рост и развитие происходит пропорционально, без задержки. Морфогенез личинок и мальков омуля в границах температурного оптимума характеризуется незначительной индивидуальной изменчивостью линейных размеров и постоянен для каждого этапа развития. У омуля, выращиваемого при низких значениях температуры воды (6-10°C), длительность этапов увеличивается. Недостаток необходимого количества кормовых организмов, замедляет морфогенез омуля.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЕРЕСТРОЕК БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Ю.Н. Королев, Е.А. Супруненко, А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, В.А. Голиченков  
*Московский государственный университет, 119899 г. Москва,*  
*e-mail: burlakova@mail.ru*

В настоящее время онтогенез живых организмов рассматривают как открытую систему, в которой протекают процессы саморазвития и саморегуляции, направленные на предотвращение вредных для жизни и закрепление способствующих ее сохранению «внешних факторов». Универсальный эволюционизм, развивающийся в биологии, рассматривает объекты не просто как системы, а как открытые самоорганизующиеся системы, а биологическую эволюцию представляют как совокупность актов самоорганизации (Чайковский, 1994). Самоорганизация же рассматривается как процесс, который приводит к образованию нового (Крон и др., 1994).

Открытость живых систем предполагает возможность взаимодействия со средой обитания. Оно может быть реализовано, прежде всего, через внешние структуры клетки (либо через контакты, либо с помощью химических или физических взаимодействий).

Модификации клеточных мембран наблюдаются в клетках при изменении их физиологического состояния, вызванного факторами внешней среды. Существует принципиальная возможность индукции больших изменений внутри клетки в результате структурного сигнала, инициируемого с ее поверхностной мембранны. Т.к. индукция вызывается агентами самой различной природы, то это наводят на мысль, что индукционный эффект, хотя бы частично, обусловлен и структурными перестройками наружных мембран, являющимися триггерным механизмом дифференциации. Т.е. наряду с другими причинами структурная перестройка поверхности мембранны служит начальным звеном в сложной цепи событий, переводящих клетку в новое функциональное состояние.

Один из путей, с помощью которых структурный сигнал преобразуется в функциональные сдвиги в клетках, это прямая конформационная перестройка биополимеров, структура которых зависит от состояния мембран. Структурные модификации ферментов или субстратов приведут к сдвигам в направлении или скоростях процессов метаболизма. Кооперативный характер организации белков в клетке способен содействовать как усилению консервативности, устойчивости системы, так и ее лабилизации, изменяемости. Только компромисс, баланс между этими противоположными тенденциями обеспечивают оптимальный уровень структурной организации клетки. Открытость биологической системы характеризуется возможностью организма производить взаимный обмен информацией со средой обитания. А степень открытости характеризуется степенью этого обмена. Изменение степени пространственной организации, связанное в том числе и с изменением параметров химических связей макромолекулярных комплексов, может характеризовать открытость или закрытость указанных биологических объектов. Экспериментальные исследования биологических объектов в указанном аспекте стали возможны при использовании методов (Королев, 1998), которые способны обеспечить: 1) анализ многокомпонентных гетерогенных систем (клеток) без их разрушения; 2) определение динамики изменения градиента концентрации биополимеров во времени; 3) определение динамики изменения градиента степени пространственной организации биополимеров во времени.

Этим методом стала спектроскопия нарушенного множественного внутреннего отражения (**НПВО**) в ИК диапазоне при разной поляризации плоскополяризованного светового потока. Спектральные характеристики, полученные в поляризованном свете, позволяют получить информацию как о количестве в клетках биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов), так и об их пространственном распределении и структурной организации, одним из параметров которой является ориентация в макромолекулах определенных химических связей.

Данным методом были проанализированы клетки пигментной системы покровов личинок земноводных (шпорцевая лягушка *Xenopus laevis*) и ранние зародыши рыб (вьюн *Misgurnus fossilis*) в период дробления.

Адекватным экологическим фактором для клеток пигментной системы являются световые условия, которые определяют физиологические реакции пигментной системы пойкилтермных животных, при которых за счет перераспределения пигmenta по клетке осуществляется адаптация животных к окружающим условиям. Перемещение меланосом – сложный процесс, включающий отдельные соподчиненные между собой реакции, в которых задействованы различные субклеточные структуры. В регуляции процессов агрегации и дисперсии пигментных гранул в меланофорах участвуют несколько компонентов, связанных, с одной стороны, с изменениями структурной организации и функциональной активности клеточной мембрany, а с другой стороны – с возможными пространственными модификациями белка, обусловливающими их конформационные превращения и модуляции функциональных активностей.

Методом **НПВО** было установлено (Супруненко и др., 2003), что при постоянных световых условиях клетка пигментной системы покровов (дермальный меланофор) независимо от степени агрегации пигментных гранул (меланосом) находится в состоянии анизотропии, причем отмечена тенденция к перпендикулярной ориентации белковых связей в структурах клетки. При использовании различных измерительных элементов, характеризующихся определенной глубиной проникновения светового потока в объект и позволяющих, таким образом, получать информацию на различной глубине клетки, в ней были выделены два слоя (кортикальный и более глубокий центральный слой), отличающиеся степенью анизотропии белковых компонентов, причем в клетке при максимально диспергированным пигментом отмечена высокая сте-

пень изотропии белка в кортикальном слое клетки, в то время, как в центральной части клетки, наоборот, белок имеет структурное состояние, близкое к состоянию анизотропии. В темноте в клетке меланосомы максимально агрегированы, при этом в кортикальном слое белок характеризуется достаточно высокой степенью анизотропии, тогда как в более глубоком слое выявлена повышенная степень изотропии. При воздействии света, вызывающего дисперсию меланосом в меланофорах, происходит изменение вектора направленности степени пространственной организации от минимума в наружных слоях и максимума по всей клетке до максимума в наружных слоях и минимума по всей клетке. Темнота, обусловливающая процесс агрегации пигмента, вызывает обратные изменения пространственной структуры биополимеров клетки. Причем эти изменения предваряют адекватное световым условиям перемещение пигмента. Таким образом, удалось показать, конформационные перестройки макромолекулярных компонентов клеток являются наиболее лабильным ответом клетки на изменение параметров внешней среды.

Изучение ориентации молекул отдельных компонентов клеточных мембран бластомеров зародышей щуки *Misgurnus fossilis* L. и *Danio rerio*, выполненное методом **НПВО** при разной поляризации плоскополяризованного света (Бурлакова и др., 2002), показало, что динамика конформационных перестроек четко коррелировала с циклами делений дробления, причем процессу цитотомии предшествовала регистрация изотропного состояния макромолекулярных комплексов поверхностных слоев клетки. Затем восстанавливалась высокая степень анизотропии, сохранявшаяся до следующего деления дробления.

На примере развития икры рыб экспериментально показано, что по регистрации степени открытости системы (структурированности поверхностных слоев клетки) можно определять точки перехода (точки бифуркации) ее в новые устойчивые состояния и наблюдать изменения степени открытости при эволюционировании системы от одного устойчивого состояния к другому через очередную неустойчивость. Динамика указанных параметров может характеризовать этап развития системы (скорость ее развития), а изменения характера этой динамики при внешних воздействиях на систему может быть показателем прессинга окружающей среды на биологическую систему.

Результаты представленных экспериментов показали, что преимущественная ориентация определенных химических связей в ансамблях макромолекулярных компонентов клеток *in vivo* (находящая отражение в спектрах) может характеризовать организованность биосистемы (соответственно, и ее функциональное состояние) в определенный момент времени. Тогда изменение степени пространственной организации во внешних структурах является характеристикой степени открытости живой системы. Полученные данные демонстрируют периодические изменения степени открытости живой системы в процессе ее жизнедеятельности, а также позволяют проследить определенную корреляцию этих изменений с реакцией организма на воздействия среды обитания.

#### Список литературы

Бурлакова О.В., Умаров Е.М., Калабеков А.Л. и др. 2002. Спектральный анализ биополимеров во внешних структурах в раннем развитии зародышей рыб при дистантном взаимодействии. Неионизирующие электромагнитные излучения в биологии и медицине (БИО-ЭМИ-2002) // Труды II Междунар. конф. С. 68-73.

Крон В., Кюпперс Г., Паслак Р. 1994. Самоорганизация: генезис научной революции // Концепция самоорганизации в исторической перспективе. М.: Наука, 270 с.

Королев Ю.Н. 1998.Структурно-функциональный анализ интактных клеток методами внутреннего отражения для целей экологического мониторинга. Автореф.докт. дис. М., 50 с.

Супруненко Е.А., Королев Ю.Н., Голиченков В.А. 2003. Развиваемость меланофорного индекса при смене факторов воздействия. Гистологическая наука России в начале XXI века: итоги, задачи, перспективы. Мат. Всер. научной конф. М.: Изд-во РУДН. С. 269-270.

Чайковский Ю.В. 1994. Междисциплинарность современного эволюционизма // Концепция самоорганизации в исторической перспективе. М.: Наука. С. 230-236.

## **ВЛИЯНИЕ МЕТИЗАЦИИ НА ПОРОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОРТЕВЫХ ПЧЁЛ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ШУЛЬГАН-ТАШ» (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

М.Н. Косарев, А.Я. Шарипов, Ф.Г. Юмагужин

*Государственный природный заповедник «Шульган-Таш», 453585 Республика Башкортостан, Бурзянский район, д. Иргизлы, e-mail: kapova@bashnet.ru*

Проблема сохранения генофонда среднерусской породы медоносных пчел (*Apis mellifera mellifera*) приобрела в России особую остроту. Грубое вмешательство человека в природные процессы привело к бесконтрольной метизации пчёл, и в результате в настоящее время пчелиные семьи этой породы на значительной части своего ареала представлены помесными семьями.

Для воссоздания породы особый интерес представляют чистые популяции пчёл. В этом отношении уникальна башкирская бортевая пчела, которая обитает в горно-лесной зоне Башкирии. Ещё в 1931 году известный учёный России Г.А. Ко-жевников указывал, что эта наиболее чистая популяция среднерусских пчёл существует на Южном Урале не менее тысячи лет, и она выдержала жестокую борьбу за существование в условиях сурового климата. Уникальность башкирской бортевой пчелы состоит в свободном обитании её на значительной территории в условиях естественных и искусственных дупел в деревьях (дички, борти и колоды).

С целью сохранения бортевой пчелы в 1958 году в Бурзянском районе Республики Башкортостан в междуречье Белой и Нукуша учреждён Прибельский филиал Башкирского заповедника, преобразованный в 1986 году в самостоятельный заповедник «Шульган-Таш» (22.5 тыс. га).

Опасность метизации башкирской бортевой пчелы впервые появилась в 60-70-х годах XX века, когда мощное плановое развитие рамочного пчеловодства в колхозах и совхозах часто сопровождалось завозом пакетов из-за пределов региона, а пчеловодческая наука усиленно пропагандировала межпородную гибридизацию. В результате происходила стихийная метизация местных пчёл, как правило, южными породами. В те годы на сопредельной с заповедником территории были организованы 2 общественные пасеки из завезенных помесных пчел, гибридами увлеклись и некоторые пчеловоды-любители.

В связи с вышеизложенным, перед заповедником постоянно стоит задача изучения и уточнения породных признаков пчелиных семей.

Представляемая работа выполнялась в государственном природном заповеднике «Шульган-Таш» в течение 5 лет, с 1998 года по 2002 год. При изучении породных признаков пчёл придерживались рекомендаций Научно-исследовательского института пчеловодства (1991), используя для промеров не менее 20 рабочих пчёл осенней генерации из каждой пчелиной семьи. Морфологические признаки пчёл изучали согласно «Инструкции по бонитировке пчелиных семей» (1983). За основу породной принадлежности пчелиных семей принимали показатель кубитального индекса, а остальные показатели экстерьера использовали в качестве вспомогательных.

Дополнительно провели генетико-популяционные исследования пчёл методом электрофореза изоферментов.

К сожалению, мы не располагаем сравнимыми материалами по породным особенностям аборигенной пчелы отдаленного прошлого, когда не существовала проблема метизации. Поэтому для сопоставления полученных результатов использовали материалы ранее выполненных в заповеднике работ В.Г. Генриха и В.А. Тюльпановой (1958), М.Н. Косарева (1984). Динамика показателей экsterьерных признаков башкирских бортевых пчёл за полувековой отрезок времени даёт возможность проанализировать их изменение (табл.).

**Таблица. Динамика показателей экsterьерных признаков башкирских бортевых пчёл за 1958–2002 годы**

Признак	M ± t и количество проанализированных проб пчёл (n)						
	1958 —	1984 n=57	1998 n=70	1999 n=97	2000 n=72	2001 n=34	2002 n=43
Длина хоботка, мм	6.10 ± 0.005	6.25 ± 0.008	—	6.16 ± 0.06	6.08 ± 0.10	—	—
Длина 3-го тергита, мм	2.32 ± 0.012	2.36 ± 0.005	—	—	2.31 ± 0.93	2.33 ± 0.13	2.38 ± 0.64
Длина 3-го стернита, мм	2.90 ± 0.004	2.88 ± 0.005	—	—	2.91 ± 0.06	2.82 ± 0.12	2.88 ± 0.21
Ширина воскового зеркальца, мм	2.49 ± 0.007	2.58 ± 0.006	—	—	2.45 ± 0.37	2.51 ± 0.09	2.59 ± 0.51
Длина воскового зеркальца, мм	1.74 ± 0.003	1.58 ± 0.006	—	—	1.60 ± 0.69	1.62 ± 0.04	1.48 ± 0.36
Длина переднего крыла, мм	9.23 ± 0.008	9.28 ± 0.018	9.25 ± 0.17	9.14 ± 0.07	9.33 ± 0.55	9.24 ± 0.98	9.32 ± 0.37
Ширина переднего крыла, мм	3.06 ± 0.003	3.10 ± 0.005	3.11 ± 0.32	3.08 ± 0.12	3.15 ± 0.32	3.14 ± 0.37	3.16 ± 0.03
Тарзальный индекс, %	53.38 ± 0.08	53.59 ± 0.12	55.10 ± 0.28	55.28 ± 0.10	55.05 ± 0.12	53.13 ± 0.73	54.71 ± 0.32
Кубитальный индекс, %	61.95 ± 0.09	59.11 ± 0.45	60.06 ± 0.98	60.82 ± 0.40	59.12 ± 0.09	57.38 ± 0.12	57.27 ± 0.15

Анализ данных экsterьерных признаков показывает, что в течение 1998–2002 гг. происходило некоторое увеличение одних признаков (длина 3 тергита, ширина воскового зеркальца, длина и ширина правого переднего крыла), при одновременном уменьшении других (длина 3-го стернита, длина воскового зеркальца, кубитальный индекс, тарзальный индекс).

Средняя длина хоботка бортевых пчел, по сравнению с 1958 годом, практически не изменилась и составляет 6.08±0.1 мм.

Длина 3-го тергита практически оставалась на одном уровне, имея несущественные различия по годам. По сравнению с 1958 и 1984 годами в 2002 году наблюдается увеличение данного показателя на 0.06 мм и 0.02 мм соответственно.

Длина 3-го стернита бортевых пчёл тоже имеет незначительные различия по годам. Показатели 1958 и 2002 годов имеют различие на 0.02 мм.

Четко прослеживается увеличение ширины воскового зеркальца с 2.45±0.37 мм (2000 г.) до 2.59±0.51 мм (2002 г.), при этом происходит уменьшение длины воскового зеркальца – соответственно с 1.60±0.69 мм до 1.48±0.36 мм. По сравнению с 1958 годом эти морфометрические показатели также имеют тенденцию увеличения и уменьшения.

Что касается длины и ширины переднего крыла, то наблюдается колебание значений этих показателей в течение 5 лет. По сравнению с показателями 1958 и 1984 годов наблюдается увеличение изучаемых морфометрических признаков. Если в 1958 году длина и ширина правого переднего крыла соответственно составляли  $9.23 \pm 0.008$  мм и  $3.06 \pm 0.003$  мм, то в 2002 году –  $9.32 \pm 0.37$  мм и  $3.16 \pm 0.03$  мм соответственно.

Для значения тарзального индекса характерно увеличение показателя с  $53.38 \pm 0.08\%$  (1958 г.) до  $54.71 \pm 0.32\%$ . Самый высокий показатель зарегистрирован в 1999 году и составил  $55.28 \pm 0.1\%$ .

По основному показателю породной принадлежности пчелиных семей – кубитальному индексу, наблюдается его существенное уменьшение в 2001 и 2002 годах. В 1958, 1998, 1999 годах этот важный морфометрический признак имеет показатель выше 60%, что соответствует требованиям «Инструкции по бонитировке...» (1983), по данным 1984 года –  $59.11 \pm 0.45\%$ , а в 2001 и 2002 годах соответственно  $57.38 \pm 0.12\%$  и  $57.27 \pm 0.15\%$ .

Таким образом, морфологические признаки башкирских бортевых пчёл полностью соответствует требованиям «Инструкции по бонитировке...» (1983), за исключением кубитального индекса. Возможно, определенная часть семей бортевых пчёл всегда имела его ниже 60%, так как практикой доказано, что естественное варьирование кубитального индекса шире, чем этого требует «Инструкция по бонитировке...».

Межсемейная изменчивость экsterьерных признаков пчел заповедника очень низкая, что свидетельствует о высоком уровне генетической однородности материала.

В то же время следует отметить, что экстерьерные признаки являются количественными параметрами, то есть они не изменяются дискретно. Для идентификации локальной популяции более удачным является изучение с применением генетических маркеров. Полученные нами результаты по данным изучения электрофореграмм малатдегидрогеназы (генетического маркера) показывают, что генофонд башкирской бортевой пчелы является сбалансированным по исследованным локусам. Обращает на себя внимание тот факт, что только у бортевой пчелы выявлен редкий аллель 1 локуса MDN – 1.

Таким образом, на основе изучения экстерьерных признаков можно утверждать, что башкирская бортевая пчела, охраняемая в заповеднике «Шульган-Таш» в условиях бортничества, дикого обитания и традиционного ульевого пчеловодства, сохранилась в относительной чистоте, хотя тенденция метизации прослеживается. Анализ с применением генетических маркеров показывает, что генофондaborигенной пчелы не испытывает серьезного возмущающего действия микроэволюционных факторов.

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОЭКОЛОГИИ ПОПУЛЯЦИЙ ГРЫЗУНОВ**

Т.П. Крапивко

*Институт проблем экологии и эволюции РАН, 119071 г. Москва,  
e-mail: admin@sevin.ru*

Загрязнение обширных территорий искусственными радионуклидами и, вызванное им хроническое воздействие ионизирующих излучений на биоту, требует постоянного мониторинга за мутагенным действием этого фактора окружающей среды и его отдаленными последствиями.

Многолетние, комплексные радиоэкологические работы, проведенные на территориях, загрязненных после Кыштымской и Чернобыльской аварий, включали в себя и генетические аспекты проблемы.

Изучена фенотипическая изменчивость более 10 видов мышевидных грызунов рода *Microtus*, *Clethrionomys*, *Apodemus*, отражающая основные признаки, параметры и свойства популяций в данных условиях существования. Обнаружено индуцированное расширение пределов норм реакции для особей различных генотипов, что является следствием дестабилизации популяций животных в загрязненных биогеоценозах.

Определена спонтанная радиочувствительность диких видов грызунов. Адаптивную реакцию оценивали по частоте и характеру хромосомных аберраций соматических клеток после провокационного однократного  $\gamma$ -облучения, а также по средней продолжительности жизни после тотального облучения в летальной дозе. В ряду поколений наблюдали за появлением и накоплением в популяциях радиорезистентных форм. Установлена различная скорость и глубина генетических преобразований, выводящих популяции животных на более высокий уровень радиорезистентности, в зависимости от спонтанной радиочувствительности вида, и др. факторов.

Признаки мутагенной активности среды изучали на репродуктивном потенциале популяций. Фертильность особей оценивали по проценту эффективных скрещиваний, по численности потомства. По числу желтых тел определяли предимплантационную потерю яиц. Число имплантантов, живых эмбрионов, а также стадия гибели плода давали картину общей доминантной летальности. Результаты показывают, что большинство хромосомных перестроек, индуцированных в половых клетках, элиминируется в процессе оо- и сперматогенеза, и радиорезистентность половых клеток повышается.

Традиционно считается, что в условиях повышенной радиации в популяциях происходит накопление генетического груза, который, несомненно, снижает ее жизнеспособность. Однако одновременно может увеличиваться и генетическое разнообразие, а, следовательно, эволюционная пластичность популяций. Очевидно, что мы наблюдаем процессы радиоадаптации, которые, опираясь на генетическую и фенотипическую перестройку состава популяций, обеспечивают выживание организмов в условиях хронического ионизирующего облучения.

## **ВЛИЯНИЕ СОЛЕНОСТИ НА ЭМБРИОНАЛЬНО-ЛИЧИНОЧНОЕ РАЗВИТИЕ ЩУКИ *ESOX LUCIUS* L.**

В.А. Кузнецов, Е.А. Лобачёв

*Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск,  
e-mail: biotech@moris.ru*

Щука (*Esox lucius* L.) является одним из основных промысловых видов наших пресноводных водоемов. В настоящее время численность щуки повсеместно снижается в связи с перепромыслом, браконьерским ловом и загрязненностью водоемов. Возникает необходимость поддержания ее поголовья в некоторых естественных водоемах с помощью искусственного воспроизводства, а также прудового рыбоводения. В связи с этим исследования контролируемых условий ее содержания, хотя бы в период лецитотрофного питания приобретают особую актуальность.

Имеются многочисленные данные о влиянии воды с разной соленостью на рост и физиологическое состояние рыб, в том числе их личинок и половых продуктов. В отношении осетровых показано, что при значениях солености 2-3.5‰ усиливается темп прироста личинок, улучшается физиологическое состояние и возрастает выживаемость (Гусейнова, 1989). Для икры и личинок карповых солевой предел не превышает 8-10‰ (Князев, 1984). Молодь карпа имеет наибольшую скорость роста и наи-

меньший отход не в пресной, а слегка осолоненной воде (Брюхатова, 1939). При инкубации икры карпа в воде с соленостью 0.0; 0.3; 1.5; 3.0‰ вылупляемость, выживаемость, скорость роста и развития личинок была выше при большей солености (Jam, Sharma, 1985).

Таким образом, соленость является одним из важнейших абиотических факторов, определяющих на ранних стадиях онтогенеза скорость развития, интенсивность обменных процессов и выживаемость половых продуктов, икры и личинок различных видов рыб. В связи с этим исследовали влияние солености на эмбрионально-личиночное развитие щуки.

Производителей щуки (*Esox lucius* L.) отлавливали в оз. Затон и Длинное Симкинского лесничества Б.-Березниковского района Республики Мордовия в нерестовой период и доставляли в лабораторию, где в тот же день проводили осеменение икры. В каждой серии опытов использовали половые продукты от одной пары производителей. Икру инкубировали в чашках Петри при постоянной температуре в  $10.0^{\circ}\pm0.1^{\circ}\text{C}$ . В экспериментах по солености использовали постоянные режимы фактора от 0 до 5‰ (пределы толерантного диапазона солености для большинства пресноводных гидробионтов). Требуемый уровень солености получали растворением в воде определенного, в зависимости от значения фактора, количества NaCl (ЧДА).

Каждый вариант опытов проводили в 2-3 кратной повторности. В каждую чашку Петри помещали по 100 икринок, находящихся на этапе оплодотворения с развившимся периветлинным пространством и четко выраженным плазменным бугорком на амниотическом полюсе. В процессе инкубации икры постоянно отбирали погившую икру и периодически на не менее чем 20 икринках отмечали этапы эмбрионально-личиночного развития. После выклева личинок переносили в термостатированные бюксы, где проводили дальнейшие исследования личиночного развития щуки. Температура воды в период личиночного развития поддерживалась на уровне  $10.0^{\circ}\text{C}$ . После выклева через каждые 2-3 дня измеряли линейные размеры предличинок. На ранних стадиях (от дробления до начала сомитогенеза) наблюдения проводили под микроскопом МБА-1 (увеличение  $7\times8$ ), с начала сомитогенеза до перехода на активное питание – при помощи бинокуляра МБС-2 с окуляр-микрометром при увеличении  $2\times$  или  $4\times$ .

Для определения этапов развития *Esox lucius* L. использовали периодизацию эмбрионально-личиночного развития, разработанную Ю.Н. Городиловым (Городилов, 1985). На разных стадиях развития также оценивали выживаемость зародышей и предличинок, скорость развития и число аномальных эмбрионов. Кроме абсолютных показателей скорости эмбрионально-личиночного развития щуки использовали относительные единицы:  $\tau_0$  – тау-ноль (Детлаф, Детлаф, 1960; Руднева, 1972) и  $\tau_s$  – тау-сомит-интервал (Городилов, 1985; Городилов, 1980). Статистическая обработка цифрового материала проведена при помощи компьютерной программы Microsoft Excel.

Проведенные исследования показали, что влияние различной концентрации NaCl в воде на эмбриогенез щуки стало проявляться при обрастиании желтка бластодермой с началом эпиболии. Если в пресной воде и при концентрации солей до 3‰ бластодермальное обрастиание охватывало от 2/3 до 3/4 желточного мешка, то при 4-5‰ наблюдалось только образование зародышевого кольца. Известно, что скорость эпиболии зависит от внешних факторов и размеров желтка, а сам процесс обрастиания желтка бластодермой может завершаться на разных стадиях развития эмбрионов (Игнатьева, 1979).

Продолжительность одного цикла первых синхронных делений дробления ( $\tau_0$ ) в пределах толерантного диапазона исследованного фактора не проявляла галозависимость. До стадий 32-64 бластомера во всех исследованных стационарных галорежимах дробление яиц происходило синхронно, и разница появления последовательных борозд дробления не превышала интервала между наблюдениями, т.е. находи-

лась в пределах точности метода наблюдений. Это тем более интересно, что ранние стадии развития пойкилотермных животных обладают наибольшей термоустойчивостью и  $Q_{10}$  в зоне низких температур достигает 5-6 (Детлаф, Гинзбург, 1954; Детлаф, 2001).

Что касается действия некоторых ионов на зародыши, то, с одной стороны, оболочка яйца проницаема для воды и ионов солей, с другой, – обеспечивает относительное постоянство внутренней среды зародыша, по крайней мере, в пределах толерантного диапазона концентрации NaCl в воде и ряда других факторов. В частности показано, что ранние зародыши радужной форели обладают меньшей чувствительностью к дефициту кислорода, и до стадии конца обрастиания желтка бластодермой зародыши, культивировавшиеся под слоем парафинового масла, развиваются нормально и не отстают по темпу развития от контрольных яиц в воде (Детлаф, Гинзбург, 1954). Подтверждением относительной независимости  $\tau_0$  от концентрации NaCl в пределах толерантного диапазона может служить и положение, выдвинутое Т.А. Детлаф (Детлаф, 2001): «ядерный цикл характеризуется рядом общих всем им особенностей: ядра делятся в течение нескольких циклов синхронно и с максимальной скоростью». Таким образом, в качестве одной из количественных характеристик времени эмбрионального развития *Esox lucius* принимали продолжительность  $\tau_0$  клеточного цикла дробления при температуре 10°C (90 мин), при которой и происходило культивирование эмбрионов.

В то же время скорость прироста числа пар сомитов в период сегментации осевого комплекса имела четко выраженную галозависимость. Наибольшая скорость выделения пар сомитов в период равномерного сомитогенеза наблюдалась при солености в 2‰ (табл.). Осолонение воды до 1 и 3‰ также статистически достоверно ( $P<0.01$ ) повышало темп образования сомитов. Дальнейшее увеличение концентрации NaCl приводило к снижению скорости сомитогенеза эмбрионов щуки, и при 5‰ рассматриваемый показатель ( $\tau_s$ ) был выше в 1.08 раза по сравнению с таковым в пресной воде.

**Таблица. Длительность интервала  $\tau_s$  разных партий икры щуки при различной солености**

Соленость, ‰	$\tau_s$ (мин) в разных партиях икры			Среднее $\tau_s$ (мин)
	№ 1	№ 2	№ 3	
0.0	110.1	110.7	109.5	110.1±0.4
1.0	104.3	104.8	103.7	104.3±0.3***
2.0	103.1	103.6	102.6	103.1±0.3***
3.0	106.5	106.8	105.6	106.3±0.4**
4.0	109.4	109.6	108.2	109.1±0.4
5.0	119.8	119.4	118.4	119.2±0.4***

*Примечание:* \*\* - разница статистически достоверна при  $P<0.01$ ; \*\*\* - разница статистически достоверна при  $P<0.001$ .

Из рис., где показана продолжительность некоторых стадий эмбрионального развития *Esox lucius* L., следует, что наибольшая скорость развития яиц наблюдается при небольшом осолонении воды до 1-2‰. По сравнению с пресной водой темп развития зародышей при этих концентрациях NaCl был, соответственно, выше в 1.05 и 1.06 раза ( $P<0.001$ ). При большем осолонении скорость эмбриогенеза щуки замедлялась и при 5‰ оказалась ниже, чем в пресной воде. Выживаемость эмбрионов во всех исследованных постоянных галорежимах была достаточно высокой и приближалась к 89-92%, хотя наименьший отход подопытных особей опять же наблюдался при солености в 2‰. При достижении этапа вылупления в постоянных галорежимах вы-

ход предличинок из яйцевых оболочек происходил более дружно, чем в пресной воде. Не отмечено заметных гетерохроний и аномалий развития эмбрионов при их культивировании в условиях постоянной концентрации NaCl среды инкубирования.

Небольшое осолонение воды до 1-2% оказало положительное влияние и на личиночное развитие *E. lucius*. При инкубировании предличинок при солености 2% ускорение развития по сравнению с пресной водой составило 7.0%, линейного роста – 4.2% ( $P<0.001$ ; 0.05). Сходные значения размеров предличинок и стадий их развития отмечены и при концентрации NaCl в один и три промилле. Дальнейшее увеличение концентрации соли в воде оказывало негативное воздействие на состояние подопытных особей. При 5% по сравнению с контролем время личиночного развития щуки увеличилось на 7.8%, размеры предличинок уменьшились на 3.8% ( $P<0.001$ ; 0.05).

Более высокий темп личиночного развития щуки при небольшом осолонении воды сопровождался повышением выживаемости предличинок. При концентрации NaCl в 1 и 2% отход подопытных особей по сравнению с пресной водой уменьшился соответственно в 1.10 и 1.08 раза ( $P<0.01$ ). Лишь при осолонении воды до 5% наблюдалась большая гибель предличинок. Наряду с этим в оптимальных константных галорежимах наблюдалось снижение вариабельности линейных размеров предличинок. Так, при солености воды в 1 и 2% коэффициент вариации длины тела подопытных особей снизился соответственно в 1.26 и 1.38 раза по сравнению с таковым у предличинок, культивировавшихся в пресной воде. Наблюданное снижение уровня изменчивости линейных размеров предличинок щуки может дополнительно свидетельствовать об улучшении условий их инкубации при небольшом осолонении воды.

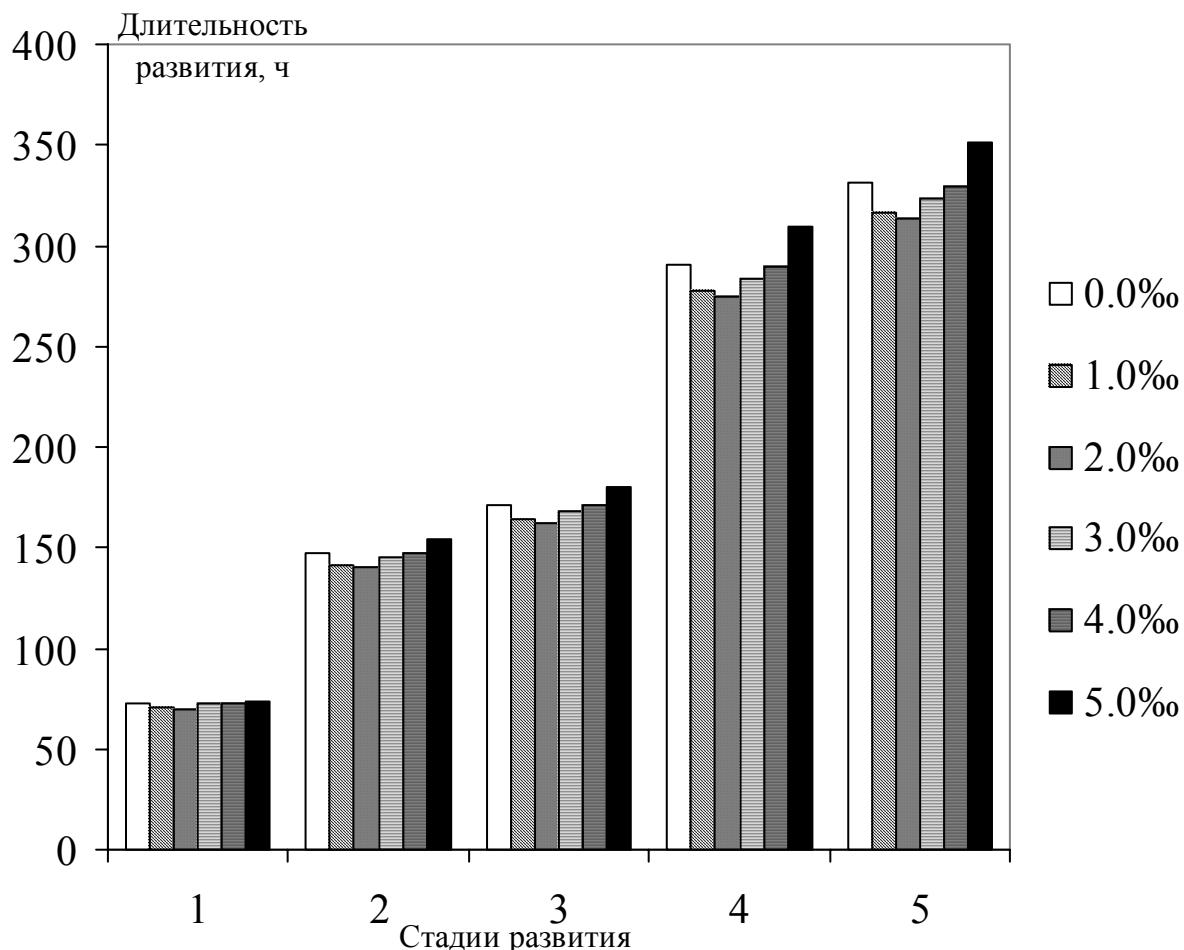


Рис. Продолжительность эмбрионального развития при различных значениях солёности.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно отметить, что при небольшом осолонении воды не выходящем за пределы экологического оптимума, наблюдается ускорение эмбрионального и личиночного развития щуки, увеличивается длина тела предличинок, возрастает выживаемость и снижается вариабельность линейных размеров. Поскольку основная гибель рыб происходит в раннем онтогенезе, использование константных галорежимов инкубации рыб может быть одним из важных условий повышения их искусственного воспроизводства.

### Список литературы

- Брюхатова А.Л. 1939. Влияние повышенной солености на рост карпа-годовика (в аквариальных условиях) // Учен. зап. Моск. ун-та. Вып. 33. С. 17-39.
- Городилов Ю.Н. 1980. Равномерный темп метамеризации осевого отдела у зародившей костистых рыб при постоянной температуре // ДАН СССР. Т. 251. № 2. С. 469-473. – 1985. Периодизация и хронология эмбрионально-личиночного развития некоторых видов пресноводных рыб. 1. Щука обыкновенная *Esox lucius* L. // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. Вып. 235. С. 31-49.
- Гусейнова Ф.М. 1989. Влияние воды разной солености на выживаемость и развитие молоди разных биологических групп куринского осетра // Осетр. хоз-во водоемов СССР. Астрахань. С. 70-71.
- Детлаф Т.А. 2001. Температурно-временные закономерности развития пойкилтермных животных. М.: Наука, 211 с.
- Детлаф Т.А., Гинзбург А.С. 1954. Зародышевое развитие осетровых (севрюги, осетра и белуги) в связи с вопросами их разведения. М.: Изд-во АН СССР, 216 с.
- Детлаф Т.А., Детлаф А.А. 1960. О безразмерных характеристиках продолжительности развития в эмбриологии // Докл. АН СССР. Т. 134. С. 199-202.
- Игнатьева Г.М. 1979. Ранний эмбриогенез рыб и амфибий: (Сравнительный анализ временных закономерностей развития). М.: Наука, 175 с.
- Князев И.В. 1984. О соленостной акклиматизации молоди карпа, подращиваемой в геотермальной воде // Вопр. ихтиологии. Т. 24. Вып. 1. С. 170-172.
- Руднева Т.Б. 1972. Продолжительность карио- и цитотомии в период II-IV делений дробления у шпорцевой лягушки *Xenopus laevis* Daudin // Онтогенез. Т. 6. № 3. С. 622-625.
- Jam T.J., Sharma R. 1985. Effects of salinity and thyroxine of larval survival, growth and development in the carp, *Cyprinus carpio* // Aquaculture. V. 44. P. 201-212.

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ НА ИНДЕКС ПЕЧЕНИ ЧЕРНОМОРСКОЙ СУЛТАНКИ

Н.С. Кузьмина

Институт биологии южных морей, 99011 Украина, г. Севастополь,  
e-mail: [kunast@rambler.ru](mailto:kunast@rambler.ru)

На основании последних результатов исследований было показано, что в условиях неблагоприятных экологических условий у некоторых черноморских рыб снижаются размерно-весовые характеристики, а также увеличивается индекс печени (Кузьмина и др., 2004). Так, было установлено, что в более загрязненной бухте у бычка-кругляка, особенно у его младших возрастных групп, общая длина и масса были ниже, а индекс печени (ИП) – выше по сравнению с рыбами из менее загрязненной акватории. Для морского ерша эта тенденция прослеживалась в меньшей степени. Авторы показали, что бычок-кругляк является высокочувствительным объектом исследований в ихтиомониторинге, а скорпена – весьма устойчивым к антропогенной

нагрузке видом. Было рекомендовано использовать показатель **ИП** для оценки состояния рыб при долгосрочном мониторинге (Кузьминова и др., 2004).

Целью настоящей работы было изучение индекса печени черноморской султанки, обитающей в двух бухтах г. Севастополя, в зависимости от пола, возраста и стадий зрелости половых органов.

Объектом исследований явилась султанка *Mullus barbatus ponticus* (Essipov). Полный биологический анализ рыб, а также расчет индекса печени (**ИП**) проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Шварц, 1968). Биологический анализ был проведен на рыбах, обнаруженных в донных ставниках Кантины и Севастопольской (Севастопольская + Александровская + Мартынова) бухт с мая 2003 г. по декабрь 2004 г. Всего обработано 862 экземпляра рыб, из них 504 самок, 344 самцов.

Султанка (барабуля) является одним из наиболее многочисленных черноморских рыб и имеет высокое промысловое значение (Ревина, Сафьянова, 1968). Половой зрелости султанка достигает на втором году жизни, размножается в мае – сентябре. *M. barbatus ponticus* – придонная рыба, питается в основном ракообразными, моллюсками и червями (Данилевский, 1939; Смирнов, 1959; Шевченко, 1993).

В настоящее время особенно важно использовать показатель **ИП** при изучении влияния антропогенного фактора на ихтиоцену. Применение этого показателя в качестве биоиндикатора связано с тем, что в условиях хронического загрязнения происходит изъятие из кровяного русла избыточного количества глюкозы и снижение уровня гликогена, что ведет к нарушению углеводного обмена и провоцирует увеличение **ИП** (Герман, 2003). Например, имеются сведения об определении этого параметра при оценке воздействия тяжелых металлов на рыб (Коуата, Itazawa, 1977; Столляр и др., 2004). Zn, Cu, Mn и Pb вызвали увеличение **ИП** карпа на 1.7% (Столляр и др., 2004). Повышение индекса печени наблюдали также у леща *Aramis brama* и связывали это с наличием в среде ПХБ (Герман и др., 2002). При длительном нахождении в приплотинной зоне реки у самок русского осетра происходила дегенерация половых продуктов (тотальная и частичная резорбция икры), что сопровождалось достоверным повышением **ИП** по сравнению с нормальными самками (Лукьяненко, 1990).

Аналогичные данные наблюдались и в наших исследованиях. Было установлено, что **ИП** 1–3-х годовалых самок и 1–2-х годовалых самцов султанки, обитающей в бухте Кантины, в преднерестовый период выше изучаемого показателя рыб из бухты Севастопольской. Во время нереста этого вида рыб для **ИП** 1 и 4-х годовалых самок и 2–4 годовалых самцов отмечена та же тенденция. Значения **ИП** 2 и 3-х годовалых самок их двух бухт близки. Таким образом, в более загрязненной бухте (Кантины) в большинстве случаев **ИП** султанки был повышен по сравнению с таковым показателем рыб из бухты Севастопольской.

**Таблица. Влияние условий обитания в двух бухтах Севастополя на индекс печени султанки (M±m, %)**

Период	Пол	Самки		Самцы	
		Возраст	Кантинная	Севастопольская	Кантинная
подготовка к нересту	1	18.6	12.64±0.98	23.55±6.66	10.57±2.39
	2	17.51±0.72	12.96±2.59	<b>16.80±1.47</b>	<b>9.23±3.30</b>
	3	<b>18.96±0.89</b>	<b>14.54±1.47</b>	17.78±0.94	-
	4	16.82±1.0	-	14.22±2.09	-
нерест	1	<b>21.50±1.64</b>	<b>15.15±1.02</b>	11.34±1.62	18.73±7.49
	2	20.01±0.92	21.87±0.84	<b>15.02±1.61</b>	<b>11.75±0.41</b>
	3	19.84±1.86	22.53±1.10	12.70±1.19	11.96±0.66
	4	31.27±4.25	24.76±2.15	14.81±1.18	11.81±1.42

*Примечание: жирным шрифтом обозначены величины, численно достоверные (P≤0.05).*

Результаты расчетов размерно-весовых характеристик султанки показали, что рыбы из бухты Карантинной имеют большую по сравнению с рыбами из Севастопольской бухты общую длину и массу. Таким образом, увеличение ИП султанки из Карантинной бухты не связано с массой тушки рыб из этой бухты. Значит, отличия в проявлении воздействия условий обитания бухты Карантинной, возможно, связаны с видовой чувствительностью султанки и с типом питания этих рыб. Загрязняющие вещества, которые могут накапливать моллюски и полихеты, являющиеся основным объектом питания султанки, возможно, аккумулируются в рыбе, вызывая физиологические нарушения, одним из которых является увеличение ИП.

Вместе с тем, в открытой бухте (Карантинная) количественный и качественный состав пищи рыб может быть более разнообразным, что и вызвало увеличение ИП. Так, известно, что при исследовании питания рыб ИП используется как один из основных параметров для оценки состояния рыб (Zoccarato et al., 1996). Например, при добавлении в рацион чавычи витамина Е ИП рыб увеличивался (Thorarisson et al., 1994). Та же тенденция была отмечена и для атлантической трески: в природных условиях при потреблении рыбами калинуса, обладающего богатым белковым и липидным составом, у рыб ИП увеличивался (Grant, Brown, 1999). Этот вывод может быть подкреплен как нашими, так и литературными данными – при сравнении одновозрастных групп султанок из открытой и закрытой бухт было установлено, что рыбы из открытой бухты крупнее (Данилевский, 1939). Следовательно, не исключено, что на увеличение ИП повлияли как собственно условия обитания, так и количество и качество пищи султанки.

Таким образом, было установлено, что в преднерестовый и нерестовый период у особей, обитающих в Карантинной бухте, ИП в большинстве случаев, был выше по сравнению с таковым показателем рыб из бухты Севастопольской. Данные отличия могут быть связаны как с разным уровнем антропогенной нагрузки, так и с физиологическим состоянием султанки, обитающей в открытой бухте. Данный вопрос требует продолжения исследований.

### Список литературы

- Герман А.В., Чуйко Г.М., Флеров Б.А., Тилллитт Д., Зайчек Д. 2002. Морфометрические и физиолого-биохимические показатели рыб как биоиндикаторы загрязнения водоемов // Современные проблемы водной токсикологии. Борок. С. 31–32.
- Герман А.В. 2003. Применение гепатосоматического индекса рыб в целях биоиндикации и биомониторинга // 2-й съезд токсикологов России: Тез. докл. М. С. 75–76.
- Данилевский Н.Н. 1939. Биология черноморской султанки (*Mullus barbatus* L.) // Тр. научн. рыболовецкой и биологической станции Грузии. Т. 2. С. 77–151.
- Кузьминова Н.С., Вахтина Т.Б., Скуратовская Е.Н. 2004. Морфофизиологические показатели рыб как биоиндикаторы загрязнения морских акваторий // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг. Сб. науч. тр. Севастополь. С. 270–276.
- Лукьяненко В.И. 1990. Влияние экстремальных условий приплотинной зоны реки на осетровых. 272 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 376 с.
- Ревина Н.И., Сафьянова Т.Е. 1968. Динамика численности промысловых рыб Черного моря и современное состояние их запасов // Биологические исследования Черного моря и его промысловых ресурсов. М.: Наука. С. 165–170.
- Смирнов А.Н. 1959. Материалы по биологии рыб Черного моря в районе Карадага // Тр. Карадаг. биол. станции АНУССР. Вып. 15. С. 31–109.
- Столяр О.Б., Мудра А. Є., Зіньковська Н.Г., Хоменчук В.О., Арсан В.О., Грубінко В.В. 2004. Селективність металотіонеїнів печінки коропа у звязуванні іонів металів та антиоксидантний захист організму за дії суміші міді, цинку, марганцю і свинцю // Доповіді Національної академії наук України. № 5. С. 184–189.

Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. 1968. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Ин-та экологии растений и животных. Вып. 58. 386 с.

Шевченко Н.Ф. 1993. Питание рыб в Севастопольской бухте // Ихиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. Киев: Наук. думка. С. 87–91.

Grant S.M., Brown J.A. 1999. Variation in condition of coastal Newfoundland 0-group Atlantic cod (*Gadus morhua*): field and laboratory studies using simple condition indices // Mar. Biol. V. 133. № 4. P. 611–620.

Koyama L., Itazawa Y. 1977. Effects of oral administration of cadmium on fish. 2. Results of morphological examination // Bull. Jap. Soc. Fish. 43 (5). P. 527–533.

Thorarisson R., Landolt M.L., Elliott D.G., Pascho R.J., Hardy R.W. 1994. Effect of dietary vitamin E and selenium on growth, survival and the prevalence of *Renibacterium salmoninarum* infection in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) // Aquaculture V. 121. № 4. P. 343–358.

Zoccarato I., Gasco L., Sicuro B., Palmegiano G.B., Boccignone M., Bianchini M.L., Luzzana U. 1996. Use of a by-product from poultry slaughtering in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeding // Riv. Ital. Acquacolt. V. 31. № 3. P. 127–134.

## **ИЗМЕНЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ЭТИЛОВЫМ СПИРТОМ И ЕЕ КОРРЕКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ПОЛИФЕНОЛАМИ**

Н.Ф. Кушнерова, Т.В. Кушнерова

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,

e-mail: [natasha50@mail.ru](mailto:natasha50@mail.ru)

Известно, что при длительном введении этилового спирта в организм экспериментальных животных нарушается структурная организация мембран эритроцитов и, соответственно, развивается тканевая гипоксия. В первую очередь, повреждается фосфолипидная часть биологических мембран за счет активации фосфолипаз и перекисного окисления липидов. Сохранение липидных структур может быть достигнуто путем введения в организм растительного полифенольного комплекса, включающего флавоноиды класса катехинов и их полимерные формы, обладающие антиоксидантными свойствами. В связи с этим была создана и предлагается к употреблению биологически-активная добавка к пище «Калифен» (патент № 2177330, свидетельство на товарный знак № 228327 и № 225516), полученная из отходов от переработки калины. Полученный БАД имеет низкую токсичность ( $LD_{50}$  35 мл/кг) и безопасность при длительных введениях в желудок и парентерально. В эксперименте на крысах после поражения этиловым спиртом (внутрибрюшинное введение 33% этанола в дозе 7.5 мл/кг в течение 7 дней) и последующей терапии калифеном в период отмены этанола исследованы физиологические характеристики эритроцитов и липидная составляющая их мембран. Отмечалось снижение осмотической резистентности эритроцитов, увеличение среднего диаметра и гематокрита. Снижение среднего гемоглобина эритроцита предполагает развитие тканевой гипоксии. Показано, что мембранотропный эффект этилового спирта проявлялся в уменьшении количества основных структурных компонентов мембран эритроцитов – фосфатидилхолина, фосфатидилэтаноламина и увеличении холестерина. В жирнокислотном спектре общих липидов преобладают насыщенные (пальмитиновая, стеариновая) и моноеновые (пальмитолеиновая и олеиновая) жирные кислоты. Значительно снижено количество арахидоновой и эйко-запентаеновой жирных кислот. Через 7 дней после отмены этанола большинство изученных биохимических и физиологических параметров к норме не возвратилось.

Введение калифена сопровождалось сохранением соотношения фосфолипидных фракций, содержания гемоглобина, величины гематокрита, среднего диаметра эритроцита и его осмотическая резистентности. Нормализовалось соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот за счет восстановления каскадов реакций синтеза арахидоновой и эйкозапентаеновой жирных кислот. Калиfen целесообразно применять в качестве БАД для профилактики нарушений структурной организации мембран, вызванных разнообразными химическими агентами.

## ВЛИЯНИЕ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ НА МЕТАБОЛИЗМ ЛИПИДОВ В ПЕЧЕНИ КРЫС

Н.Ф. Кушнерова, Т.Л. Чижова

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,  
e-mail: [natasha50@mail.ru](mailto:natasha50@mail.ru)

Расширяющиеся контакты человека с нитратами, нитритами, тяжелыми металлами, пестицидами обусловливают вероятность возникновения острых и хронических отравлений. В настоящее время актуальным является вопрос разработки медицинских технологий защиты организма человека от воздействия вредных химических веществ техногенного происхождения. Известно, что при проживании людей на территориях с экологически неблагоприятными условиями на организм действует комплекс факторов риска, которые при определенных ситуациях могут приводить к запуску массивных радикальных реакций и, в случае не принятия медико-профилактических мероприятий – возникновению различных болезней. В связи с этим разработана серия биологически активных добавок (БАД) из отходов при переработке дикоросов Дальневосточного региона России: «Диприм» - из гребней (кисти, освобожденные от ягод) винограда амурского, «Калиfen» - из гребней калины, «Эклиkit»- из гребней лимонника китайского, «Армафен» - из гребней аралии. В состав БАД входит комплекс природных флавоноидных соединений – олигомерных проантокинидинов, способных гасить свободные радикалы и этим защищать биологические мембранны от перекисного окисления. Исследование в печени крыс динамики активности лизосомальных ферментов, инициирующих распад гликопротеинов (бета-галактозидазы и бета-глюкозидазы), а также ферментных систем, участвующих во второй фазе метаболизма ксенобиотиков (бета-глюкуронидазы и УДФ-глюкуронилтрансферазы), показало отсутствие статистически достоверных различий от контрольных величин при потреблении 5%-ных водных растворов разработанных БАД в течение 8 месяцев. Содержание гексуроновых кислот, необходимых для реакции конъюгации, также находилось в пределах нормы, что свидетельствует об отсутствии достоверно выраженной индукции системы детоксикации под действием изученной концентрации полифенольных соединений. Это согласуется с данными по низкой острой токсичности препаратов ( $LD_{50} = 28\text{--}36$  мл/кг). В экспериментах на крысах было показано, что после поражения оксидами азота, как основного компонента техногенных катастроф, (ингаляция в течение 10 мин в концентрации 4.3 мг/л) отмечалось снижение осмотической резистентности эритроцитов, увеличение количества лизоформ фосфолипидов в эритроцитарной мембране, что определяет повышение ее проницаемости. Снижение среднего гемоглобина эритроцита предполагает развитие тканевой гипоксии. В печени крыс развивалась выраженная жировая инфильтрация. Так как оксиды азота являются сильным стрессорным агентом (химический стресс), то происходит выброс катехоламинов и в жировой ткани активизируются реакции липолиза. Триацилглицериды (ТАГ) разрушаются до глицерина и жирных кислот, которые переносятся в пе-

чень, где вновь ресинтезируются в **ТАГ**. Ацетил-КоА, образовавшийся при окислении этанола, из-за недостаточности Цикла Кребса идет на синтез холестерина (**ХС**) и насыщенных жирных кислот, что ведет к их накоплению в печени. Нарушение этерифицирующей функции печени не дает возможности преобразованию **ТАГ** в фосфолипиды, а холестерина в его эфиры. Меняется соотношение фосфолипидных фракций: снижается количество основных структурных компонентов мембран - фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина при одновременном увеличении количества их лизоформ, что обусловлено повышением активности фосфолипаз. В жирнокислотном спектре нарушается соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Достоверное снижение в печени восстановленного глутатиона, увеличение малонового диальдегида свидетельствует о сдвиге в динамике перекисного окисления липидов в сторону патологии. Профилактические введение **БАД** (внутрижелудочно 0.7 мл/кг в течение 7 дней) до экспозиции оксидами азота и внутрибрюшинное введение амтизола (антигипоксантный препарат в дозе 4.0 мг/кг) способствовала сохранению метаболических реакций печени. Снижение **ТАГ** можно объяснить синтезом из них фосфолипидов, сохранением этерифицирующей функции печени, что подтверждается и увеличением эфиров холестерина при одновременном снижении **ХС**. Среди фосфолипидных фракций отмечается снижение количества лизоформ и нормализация концентрации метаболически активных фракций, необходимых для функционирования мембраносвязанных ферментов. В жирнокислотном спектре сохраняются реакции каскада арахидоновой и эйкозапентаеновой кислот. Сохранялась детоксикационная функция печени, реакции гликолиза и глюконеогенеза. Полученные результаты свидетельствуют о способности **БАД** давать мембраностабилизирующий эффект. Биохимический механизм данного феномена обусловлен возможностью встраивания в мембрану полифенольных структур, составляющих основу растительных препаратов. При этом структура мембраны модифицируется в сторону снижения проницаемости. Сохранение повышенного уровня холестерина обеспечивает мемbrane жесткость и устойчивость к разрушающему действию ксенобиотика. Кроме того, флавоноиды стабилизируют мембранны в области жирнокислотных хвостов фосфолипидов, повышая при этом их упорядоченность, а также защищают полиненасыщенные жирные кислоты от процессов свободнорадикального окисления.

Таким образом, систематическое применение разработанных **БАД** к ежедневной диете в натуральном виде или в составе продуктов питания (элеутерококковый сахар, столевые воды с добавкой разработанных **БАД** и др.) способно защищать печень от агрессивного действия ксенобиотиков и стресса, устранять нарушения метаболических реакций, вызванные ими и решить проблему выживания в экстремальной ситуации.

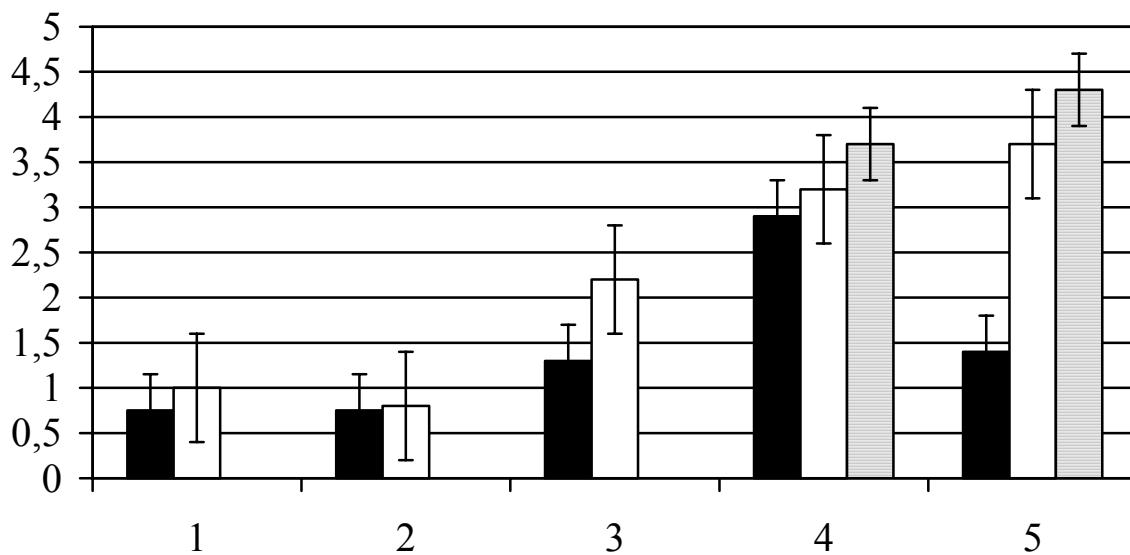
## **СОЗДАНИЕ БИОСЕНСОРНОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК**

И.А. Лавриненко, В.А. Лавриненко

*Новосибирский государственный университет, 630090 г. Новосибирск,  
e-mail: rector@nsu.ru*

Одной из ключевых проблем, стоящих перед государствами СНГ, является загрязнение окружающей среды отходами промышленного производства и, в частности, компонентами топлива ракет. Негативное влияние загрязнения почвы, воды и воздуха компонентами ракетного горючего в районах сброса первых ступеней ракетных носителей может привести к существенному социальному и экономическому риску

для здоровья людей, если не проводить экологический мониторинг и реабилитацию окружающей среды. Главным экотоксикантом ракетного топлива является 1,1-диметилгидразин (гептил) и продукты его разложения (**KPT**), проявляющие токсические и канцерогенные свойства (Авакян, 1990; Cahill et al., 2004). В то же время сравнительно немногое известно о мутагенном эффекте гидразинов, что может быть одним из ключевых звеньев действия **KPT** на клетки человека и животных. Поэтому целью данного исследования была разработка простой и экспрессной биосенсорной тест-системы для оценки воздействия мутагенов и компонентов ракетного топлива на геном клетки. В качестве основы высокочувствительной биосенсорной системы, позволяющей проследить воздействия мутагенов на ДНК, были выбраны прокариотические клетки *E. coli*, трансформированные плазмидой *pRebGFP-DHFR-6His*. Индукция синтеза белка GFP в составе плазмиды *pRebGFP-DHFR-6His* должна происходить при воздействии на ДНК многих химических и физических повреждающих факторов, так как ген *gfp* клонирован в эту плазмиду под промотор *recA*, входящий в систему SOS-репарации клеток. *RecA* промотор может быть индуцирован воздействиями, которые усиливают синтез белка GFP *de novo* (положительная регуляция). На рис. представлены полученные результаты. Из этих данных становится очевидным, что 1,1-диметилгидразин, налидиксовая кислота и митомицин С существенно усиливают синтез белка GFP, что говорит о повреждении структуры ДНК под влиянием этих агентов. Действительно, налидиксовая кислота воздействует на гиразу и создает большие неспаренные участки в ДНК, а митомицин С вызывает сшивки двойной цепи ДНК. После воздействия на ДНК плазмиды *pBlueScript* гептилом *in vitro* и затем чувствительной к метилированию рестриктазой Нра II, происходит изменению картины рестрикции, что дает основание думать, что сайт рестрикции был поврежден в результате воздействия гептила. Картина рестрикции при использовании не чувствительной к метилированию сайтов рестриктазой MspI, не меняется.



**Рис. Влияние компонентов ракетного топлива и мутагенов на синтез белка GFP.** По оси абсцисс - различные мутагены и компоненты ракетного топлива (1 - нитрозодиметиламин, 2 - тетраметилтетразен, 3 - 1,1-диметилгидразин, 4 - митомицин С, 5 - налидиксовая кислота). По оси ординат - флуоресценция в условных единицах.

Биосенсорная тест-система детекции повреждения геномной ДНК может быть полезна для практического применения, так как дает возможность изучения непосредственного воздействия гидразинов на геном клетки.

*Работа выполнена при поддержке гранта Е02-12.5-28 Минобразования РФ в области естественных и точных наук.*

### **Список литературы**

Авакян А.Х. 1990. Новые молекулярные критерии оценки токсического действия производных гидразина. Активные формы кислорода как ключевые агенты в механизме токсичности // Фармакология и токсикология. Т. 53. № 53. С. 70-73.

Cahill P.A., Knight A.W. et al. 2004. The GreenScreen genotoxicity assay screening validation programme // Mutagenesis. V. 19. P. 105-119.

## **ДЕЙСТВИЕ ТИАЗОЛОВЫХ ПЕСТИЦИДОВ НА ПРОЦЕССЫ ДЕТОКСИКАЦИИ И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РЫБ**

И.Л. Левина, Е.С. Гвозденко, О.А. Зинчук, Д.В. Москвичев, Н.И. Щербакова

*Азовский НИИ рыбного хозяйства, 344007 г. Ростов-на-Дону,*

*e-mail: riasfp@aaanet.ru*

Изучение влияния пестицидов на метаболические процессы в живых организмах является необходимым условием обоснования безвредных уровней содержания их в объектах окружающей среды, в том числе, в воде рыбохозяйственных водоемов.

Тиазолы – название по химической номенклатуре или по другой классификации, основанной на механизме действия пестицидов, неоникотиноиды рассматриваются как инсектициды нового поколения, отличающиеся высокой избирательной токсичностью и малыми нормами расхода (Kagabu, 1997). Отмечено, что неоникотиноиды обладают значительно более высоким сродством к никотиновым рецепторам насекомых, чем млекопитающих. У млекопитающих неоникотиноиды индуцируют ферменты I и II фазы детоксикации в печени.

Данных литературы по оценке механизмов биохимического действия тиазолов на рыб нет. Тем не менее, эти химические соединения могут попадать в рыбохозяйственные водоемы и представлять опасность для ихтиофауны. При оценке состояния рыб в ответ на пестицидное воздействие важным является исследование метаболических механизмов, обезвреживающих токсичные вещества. Эти механизмы обеспечивают процессы детоксикации и антирадикальной защиты. В этой связи особый интерес вызывает изучение систем биотрансформации (I фаза детоксикации) и II фазы детоксикации пестицидов у рыб.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы явилось комплексное исследование состояния компонентов антиоксидантной системы и систем I и II фазы детоксикации у карповых рыб при воздействии тиазоловых инсектицидов в условиях острой интоксикации.

Объектами исследования служили годовики карпа (*Cyprinus carpio*). В опытах было использовано 10-15 экземпляров рыб на каждый вариант постановки, в контроле 20-40 экземпляров.

В исследованиях были использованы гетероциклические пестициды класса тиазолов: инсектицидный препарат Актара 250 г/л, в.д.г. (д.в. тиаметоксам) и техни-

ческий продукт (д.в.) – инсектицид Тиаклоприд. Концентрации Актары рассчитывались по содержанию действующего вещества Тиаметоксама.

Экспериментальную интоксикацию создавали внесением пестицидов в 50-л аквариумы с рыбами в концентрациях, соответствующих значениям минимальных летальных концентраций ( $ЛК_{16}$ ), значения которых были рассчитаны на основе выживаемости *C. carpio* в острых предварительных опытах. Пробы отбирали через 24, 48 и 96 часов после внесения токсикантов.

Исследования проводили в 5% гомогенатах печени и жабр рыб по следующим показателям: определяли содержание вторичного молекулярного продукта перекисного окисления липидов (**ПОЛ**) - малонового диальдегида (**МДА**) (Стальная, Гаришвили, 1977), активность ферментов антиоксидантной защиты (**АОЗ**) – супероксиддисмутазы (**СОД**) (Misra, Fridovich, 1972), каталазы (**КТ**) (Королюк и др., 1988), ферментов биотрансформации – ацетилэстеразы (**АцЭ**) (Покровский, Арчаков, 1968) и карбоксилэстеразы (**КарбЭ**) (Временные методические указания..., 1987). Состояние глутатионовой системы регистрировали по содержанию восстановленного глутатиона (GSH) (Ellman, 1959), активности ферментов глутатион-S-трансферазы (**GST**) (Habig et al., 1974) и глутатионредуктазы (**ГР**) (Юсупова, 1989). Количество общего белка определяли по методу Лоури (Lowry et al., 1951). Результаты экспериментов обрабатывали статистически, используя критерий Стьюдента.

Для определения степени токсичности тиазолов были рассчитаны токсикометрические параметры на основе выживаемости рыб в токсических средах пестицидов в острых экспериментах. Для Актары минимальная летальная концентрация ( $ЛК_{16}$ ) составила 52.5 мг/л, среднелетальная ( $ЛК_{50}$ ) – 93.8 мг/л. Для Тиаклоприда  $ЛК_{16} = 93.9$  мг/л,  $ЛК_{50} = 145.9$  мг/л. Рассчитанные среднелетальные концентрации тиазолов позволили определить, что инсектициды Актара и Тиаклоприд относятся к группе малотоксичных соединений ( $50.0 < ЛК_{50} < 500.0$  мг/л) для рыб. Рассчитанные количественные уровни минимальных летальных концентраций ( $ЛК_{16}$ ) были использованы нами в дальнейшей работе.

Данные проведенных исследований представлены в табл. и на рис. По современным представлениям, в реакции организма на токсическое действие пестицидов одно из важных мест занимает интенсификация перекисного окисления липидов в разных тканях позвоночных и беспозвоночных животных (Кесельман и др., 1997). В качестве показателя процессов **ПОЛ** определяли содержание **МДА** в жабрах и печени рыб.

При действии исследованных инсектицидов содержание МДА не изменялось в жаберной ткани, в печени происходило возрастание показателя на 23%, относительно контроля, при воздействии Актары на 2-е сутки эксперимента и при действии Тиаклоприда на 13% через 24 часа воздействия, что свидетельствует о слабо выраженном усилении процессов **ПОЛ**.

Ферменты супероксиддисмутаза и каталаза относятся к истинным антиоксидантам, способны вступать в реакции с активными формами кислорода, снижая интенсивность **ПОЛ**.

В печени рыб активность **СОД** увеличивалась на 30% и 22% через 24 и 48 часов экспозиции при действии Актары, в жаберной ткани исследованный показатель находился в пределах контрольных величин. Воздействие Тиаклоприда приводило к увеличению активности фермента на 12% в первые сутки опыта в печени рыб и на 13 и 9% через 24 и 96 часов экспозиции в жабрах рыб. Увеличение активности каталазы было зафиксировано при действии Тиаклоприда на 31% в печени рыб на 2-е сутки эксперимента и на 50% в жабрах рыб на 1-е сутки.

**Таблица. Динамика биохимических показателей у карпа при воздействии тиазолов**

Ткани карпа	Наименование пестицида	Контроль	Длительность экспозиции		
			24 ч	48 ч	96 ч
Малоновый диальдегид (мкМоль/мг белка)					
Печень	Актара	65.49±3.04	71.21±4.34	80.26±5.62*	64.98±5.59
	Тиаклоприд	70.03±2.25	78.90±3.45*	69.29±4.52	63.22±3.56
Жабры	Актара	75.34±13.12	50.17±2.38	70.27±11.11	50.75±13.09
	Тиаклоприд	79.83±1.68	83.88±4.39	74.21±2.70	81.08±5.23
Активность супероксиддисмутазы ( усл. ед. /мг белка/мин)					
Печень	Актара	0.85±0.03	1.11±0.07*	1.04±0.08*	0.85±0.04
	Тиаклоприд	0.76±0.01	0.85±0.02*	0.78±0.03	0.79±0.03
Жабры	Актара	1.24±0.03	1.25±0.06	1.26±0.04	1.17±0.04
	Тиаклоприд	1.06±0.02	1.20±0.02*	0.99±0.04	1.15±0.04*
Активность каталазы (мкМоль/мг белка/мин)					
Печень	Актара	12.37±0.90	10.01±1.02	11.59±1.16	10.09±0.65
	Тиаклоприд	12.17±0.59	13.22±0.32	15.92±1.09*	12.22±1.47
Жабры	Актара	0.74±0.04	0.71±0.06	0.75±0.04	0.75±0.09
	Тиаклоприд	0.73±0.04	1.10±0.09*	0.65±0.09	0.81±0.09
Активность ацетилэстеразы (нМоль/мг белка/мин)					
Печень	Актара	90.41±7.43	49.61±4.57 <sup>#</sup>	36.59±3.41 <sup>#</sup>	32.23±2.79 <sup>#</sup>
	Тиаклоприд	112.53±4.44	44.46±3.25 <sup>#</sup>	73.47±11.02 <sup>#</sup>	41.55±5.57 <sup>#</sup>
Жабры	Актара	9.35±0.42	7.38±0.21 <sup>#</sup>	6.97±0.59 <sup>#</sup>	4.53±0.55 <sup>#</sup>
	Тиаклоприд	9.87±0.33	9.15±0.56	7.96±0.69 <sup>#</sup>	7.96±0.72 <sup>#</sup>
Активность карбоксилэстеразы (мкМоль/мг белка/мин)					
Печень	Актара	616.73±50.35	306.69±61.88 <sup>#</sup>	132.33±13.69 <sup>#</sup>	190.27±32.46 <sup>#</sup>
	Тиаклоприд	529.73±27.59	219.75±42.14 <sup>#</sup>	267.35±31.94 <sup>#</sup>	232.14±62.41 <sup>#</sup>
Жабры	Актара	63.57±3.36	44.14±3.43 <sup>#</sup>	47.14±3.39 <sup>#</sup>	34.82±4.23 <sup>#</sup>
	Тиаклоприд	72.82±2.69	72.44±6.63	55.95±3.72 <sup>#</sup>	72.58±4.79
Содержание восстановленного глутатиона (мкМоль/мг белка)					
Печень	Актара	4.35±0.40	5.54±0.62	9.10±1.68*	14.58±1.60*
	Тиаклоприд	3.40±0.17	5.39±0.39*	5.44±0.48*	8.31±1.47*
Жабры	Актара	7.44±0.33	7.81±1.01	9.67±0.82*	10.02±1.35*
	Тиаклоприд	4.82±0.43	5.90±0.84	6.18±1.20	5.03±0.48
Активность глутатионредуктазы (мкМоль/мг белка/мин)					
Печень	Актара	0.48±0.02	0.70±0.10*	0.75±0.08*	0.47±0.07
	Тиаклоприд	0.47±0.02	0.60±0.02*	0.53±0.03	0.56±0.09
Жабры	Актара	0.62±0.04	0.76±0.03*	0.68±0.07	0.76±0.03*
	Тиаклоприд	0.67±0.03	0.72±0.04	0.75±0.07	0.87±0.10*
Активность глутатион-S-трансферазы (мкМоль/мг белка/мин)					
Печень	Актара	1.84±0.06	2.19±0.04*	1.97±0.10	1.85±0.11
	Тиаклоприд	1.68±0.04	1.65±0.05	1.85±0.09*	1.95±0.06*
Жабры	Актара	0.92±0.04	0.99±0.05	1.29±0.07*	1.08±0.07
	Тиаклоприд	0.84±0.02	1.05±0.03*	1.00±0.11	1.05±0.03*

# - достоверное снижение значений относительно контроля ( $P<0.05$ ); \* - достоверное увеличение значений относительно контроля ( $P<0.05$ ).

Известно, что многие хлорорганические, фосфорорганические, пиретроидные пестициды в сублетальных концентрациях способны вызывать ингибирование активности ферментов АОЗ уже на ранних стадиях интоксикации рыб (Кесельман и др.,

1997). В проведенных нами исследованиях было установлено, что действие минимальных летальных концентраций тиазолов вызывало увеличение активности **СОД** при действии Актары и Тиаклоприда, активности каталазы – только при действии Тиаклоприда.

Ацетилэстераза и карбоксилэстераза являются ферментами биотрансформации и осуществляют гидролиз сложноэфирных связей в молекулах ксенобиотиков и их промежуточных метаболитах в I фазе детоксикации. Их низкая специфичность обеспечивает гидролиз эфиров различного строения. Установлено, что карбоксилэстераза участвует в детоксикации пиретроидов и фосфорорганических пестицидов (Лавина, 1999; Felista, Balasubramanian, 1999).

Значительное ингибирование активности **АцЭ** при действии тиазолов отмечали в печени рыб. При действии Актары активность ферmenta постепенно снижалась на 45-64% по мере протекания эксперимента, воздействие Тиаклоприда приводило к ингибированию активности **АцЭ** на 60-35-63% в течение 96 часов. В жабрах рыб активность **АцЭ** также была ниже контрольных значений при действии Актары на 21-45%, при действии Тиаклоприда на 19% через 48 и 96 часов экспозиции.

Динамика изменения активности **КарбЭ** была аналогична изменению активности **АцЭ**. В печени рыб изменения активности ферmenta были более выражены. При воздействии Актары активность **КарбЭ** ингибировалась на 50-79-69%, при действии Тиаклоприда на 59-50-56% в течение эксперимента. В жабрах рыб КарбЭ ингибировалась на 32, 26 и 45% через 24, 48 и 96 часов воздействия Актары и на 23% при воздействии Тиаклоприда через 48 часов.

Компоненты глутатионовой системы выполняют как антиоксидантную, так и конъюгирующую функции и играют ключевую роль во II фазе детоксикации химических соединений (Тиунов, 1995). В качестве показателей антиоксидантной защиты и детоксикации в организме рыб при действии тиазолов определяли содержание восстановленного глутатиона, активность глутатион-S-трансферазы и глутатионредуктазы.

Восстановленный глутатион, благодаря наличию реактивной сульфидильной группы, активно участвует в реакциях конъюгации, катализируемых глутатион-S-трансферазой, в реакциях антиперекисной защиты, катализируемых глутатионпероксидазой, а также сам является низкомолекулярным антиоксидантом. Содержание **GSH** существенно увеличивалось в печени рыб на 109% и 235% при действии Актары на 2-е и 4-е сутки опыта, при воздействии Тиаклоприда - на 58, 160 и 144% по мере протекания эксперимента. В жабрах рыб под влиянием Актары содержание **GSH** возраспало на 30 и 35% через 48 и 96 часов экспозиции, действие Тиаклоприда не приводило к изменению исследованного показателя относительно контроля. Гипервосстановленное состояние глутатиона может быть обусловлено ускорением его круговорота в связи с ингибированием  $\gamma$ -глутамилтрансферазы – фермента, лимитирующего скорость катаболизма **GSH** или активированием ферментов, обеспечивающих синтез этого трипептида – глутамилцистеинсингтетазы и глутатионсингтетазы (Тиунов, Иванова, 1988).

Глутатионредуктаза регенерирует окисленную форму глутатиона в восстановленную. Активность **ГР** увеличивалась в печени карпа на 46% и 56% при действии Актары на 1-е и 2-е сутки экспозиции. Под влиянием Тиаклоприда активность **ГР** в печени возросла на 28% через 24 часа. В жабрах рыб активность ферmenta увеличивалась на 24% на 1-е сутки и на 27% к 4-м суткам воздействия Актары. При действии Тиаклоприда активность **ГР** выросла на 30% лишь к 4-м суткам.

Глутатион-S-трансфераза катализирует как реакцию конъюгации SH-группы глутатиона с наиболее токсичными продуктами **ПОЛ** и гидрофильными метаболитами во второй фазе. Активация **GST** на 19% после 24 часов воздействия Актары и на

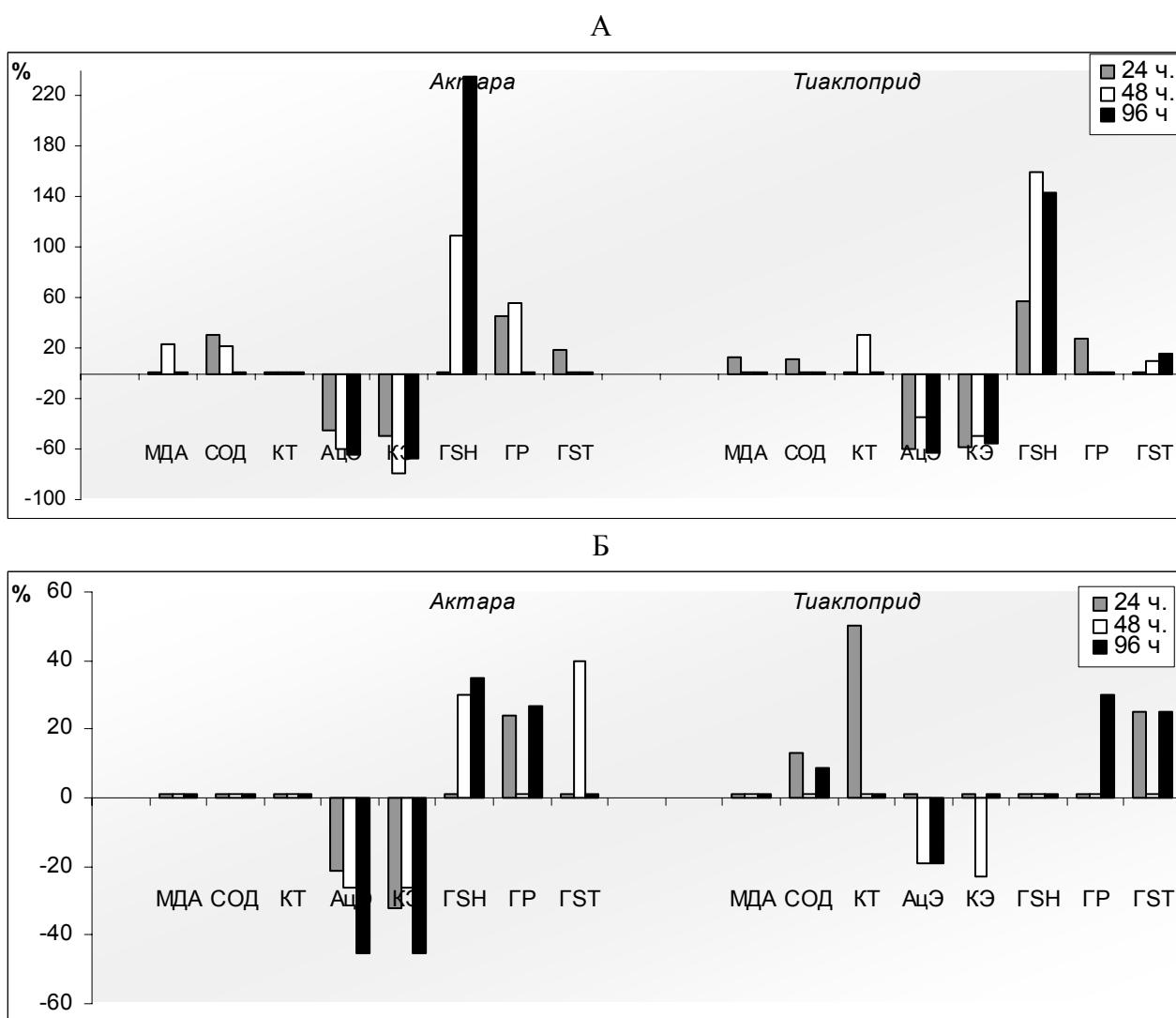


Рис. Изменение биохимических показателей в печени (А) и жабрах (Б) карпа при действии тиазолов.

10 и 16% после 48-ми и 96-ти-часового действия Тиаклоприда отмечалась в печени опытных рыб. В жабрах под влиянием Актары активность GST увеличилась на 40% через 48 часов экспозиции, при действии Тиаклоприда – на 25% на 1-е и аналогично на 4-е сутки эксперимента.

Таким образом, у рыб происходила активация глутатионовой системы. Отмечено значительное увеличение содержания восстановленного глутатиона в печени рыб, при этом активность глутатионредуктазы также увеличивалась, причем более существенно в печени. Увеличение активности GST было выше в жабрах, чем в печени. Это, очевидно, объясняется тем, что жабры являются основным путем поступления пестицидов в организм рыб и их детоксикация начинается в жаберной ткани уже с первых суток воздействия пестицидов.

На основании проведенных исследований и данных литературы можно резюмировать, что тиазолы (неоникотиноиды) это пятое поколение инсектицидов. Предыдущие 4 поколения – хлорорганические и фосфорорганические соединения, карбаматы, пиретроиды отличаются очень высокой гидробиологической активностью и являются высокотоксичными и особо токсичными для рыб (Кесельман и др., 1997). В наших экспериментах показано, что по степени острой токсичности тиазолы малотоксичны для рыб и на уровне минимальных летальных концентраций вызывают развитие адаптивно-компенсаторных биохимических процессов.

Отмечено лишь слабо выраженное усиление процессов ПОЛ у рыб (оно наблюдалось только в печени, в жабрах изменения не установлены), что было связано с усилением механизмов антиоксидантной защиты и детоксикации с первых суток воздействия тиазолов. Об этом свидетельствует значительное возрастание уровня восстановленного глутатиона, увеличение активности супероксиддисмутазы, глутатион-S-трансферазы, глутатионредуктазы, каталазы у рыб.

Следует особо подчеркнуть ингибирующее действие тиазолов на активность эстераз, ферментов I фазы детоксикации, у рыб. Наиболее существенные изменения активности ацетил- и карбоксилэстеразы были отмечены в печени рыб, что свидетельствует об участии этих ферментов в метаболизме тиазолов и делает возможным использование данных показателей в качестве информативных маркеров интоксикации тиазоловыми пестицидами ихтиофауны.

### Список литературы

Временные методические указания по методу биоиндикации поверхностных вод на основе анализа биоритмов ферментативной активности моллюсков. 1987. Серия 1. Л.: Гидрометеоиздат. С. 44-62.

Кесельман М.Л., Милютина Н.П., Кузнецова Л.Я., Ракитский В.Н. 1997. Свободнорадикальные процессы в механизме действия и диагностике пестицидной интоксикации ихтиофауны. Ростов-на-Дону, 119 с.

Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г., Токарев В.Е. 1988. Метод определения активности каталазы // Лаб. дело. № 1. С. 16-19.

Лавина С.А. 1999. Сравнительный анализ влияния перметрина на ферменты в условиях экспериментов *in vivo* // Актуальные проблемы ветеринарной науки: Тез. докл. М. С. 66-67.

Покровский А.А., Арчаков А.И. 1968. Определение активности ацетилэстеразы по А.А. Покровскому, А.И. Арчакову // Современные методы в биохимии. М.: Медицина. С. 50-51.

Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. 1977. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиабарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. М: Медицина. С. 66-68.

Тиунов Л.А. 1995. Механизмы естественной детоксикации и антиоксидантной защиты // Вестник РАМН. № 3. С. 9-13.

Тиунов Л.А., Иванова В.А. 1988. Роль глутатиона в процессах детоксикации // Вестник АМН СССР. № 1. С. 62-69.

Юсупова Л.Б. 1989. О повышении точности определения активности глутатионредуктазы эритроцитов // Лаб. дело. № 4. С. 19-21.

Ellman Q.L. 1959. Tissue sulfhydryl groups // Arch. Biochem. № 82. P. 70-77.

Felista Rani E., Balasubramanian M.P. 1999. Effect of mixtures of pesticide and fertilizer on proteins, carbohydrates, phosphomonoesterases and non-specific esterases in *Oreochromis mossambicus* (Peters) // Nat. Acad. Sci. Lett. V. 22. № 3-4. P. 70-74.

Habig W.H., Pabst M.J., Iacoby W.B. 1974. Glutation-S-transpherase: the first step in mercapturic acid formation // J. Biol. Chem. № 249. P. 7130-7139.

Kagabu Shinzo. 1997. Chloronicotinyl insecticides - discovery, application and future perspective // Rev. Toxicol. V. 1. № 7-8. P. 75-129.

Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L., Randall R. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. № 193. P. 265-275.

Misra H.P., Fridovich I. 1972. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and simple assay for superoxide dismutase // J. Biol. Chem. V. 247. № 10. P. 3170-3175.

## К ВОПРОСУ О ПИЩЕВОМ ПОВЕДЕНИИ ПЛАНКТОННОГО РАЧКА *CYCLOPS SCUTIFER* SARS ОЗЕРА КУРИЛЬСКОЕ (КАМЧАТКА)

Е.В. Лепская, Т.В. Бонк, И.А. Носова

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 683000 г. Петропавловск-Камчатский, e-mail: Lepskaya@kamniro.ru

Пищевое поведение – это внешнее проявление физиологических приспособлений животных для получения вещества и энергии из внешней среды. В частности, пищевое поведение планктонных ракообразных должно способствовать оптимальной адаптации их к кормовым условиям в водоемах. Большинство ракообразных из рода *Cyclops* по строению ротового аппарата и способу захвата пищи, являются типичными «хватателями». По типу трофического поведения их относят к группе активных хищников-преследователей, в рационе которых преобладает животная пища (Дзюбан, 1937; Мазепова, 1963; Монаков, Пугачева, 1971; Монаков, Сорокин, 1971; Nauwerck, 1963). Показано, что захват жертв циклопами, как правило, производится избирательно (Naumann, 1923). Однако немногочисленные работы по питанию *C. scutifer* из нерковых озер Камчатки показали, что основным кормовым объектом этого вида могут служить планктонные водоросли.

*C. scutifer* – это холодноводный вид, приспособленный к низким температурам обитания, поэтому оптимальной зоной для его существования в оз. Курильское определены водные массы с температурой 5–9°C (Носова, 1970). Одной из особенностей жизни этого вида в озере является непрерывность процессов роста и размножения. Полный цикл его развития проходит в среднем за 24 месяца (Носова, 1972). Такой длительный период развития популяции циклопов предполагает приспособленность к периодической смене объектов питания.

Исследование питания циклопов IV–V возрастных групп и половозрелых самцов и самок из оз. Курильское показало, что в пищевом комке раков присутствует большое количество диатомовых водорослей структурообразующего фитопланктонного комплекса (Лепская, 2004). По данным И.А. Носовой, смотревшей питание циклопов в 1968 г., животная пища была обнаружена у 12% раков. В нашем случае, животная пища составляла 0.1%, а детрит – 0.7–3.0% от пищевого комка, причем только у копеподитов V стадии и половозрелых особей.

Разнообразие пищевых объектов, используемых циклопом, предполагает наличие у него различных наборов поведенческих реакций поиска и потребления корма. Наблюдения за разновозрастными раками *in vitro* позволили выявить ряд поведенческих реакций при добывании разных пищевых объектов. Например, И.А. Носова так описывает процесс поглощения цепочковидных колоний диатомовой водоросли *Aulacoseira subarctica*: «Длинная нить, протяженностью до 200–300 мкм, ориентированная вдоль брюшка, быстрыми подталкивающими движениями максиллопед и, по-видимому, I пары плавательных ног, подавалась вперед, и в течение трех-пяти секунд исчезала во рту животного».

Е.Г. Лупикина (устное сообщение), образно характеризуя процесс питания циклопа *Aulacoseira*, выразилась следующим образом: «Они (ракчи) запихивают ее в рот, как колбасу». И.А. Носовой также были отмечены случаи поедания циклопами трупов сородичей и дафний.

Т.В. Бонк, наблюдая за поведением циклопов из оз. Курильское, отмечает, что хищничество в опытных сосудах, где плотность раков в десятки раз превышала естественную, было явлением довольно частым, особенно в период наибольшего развития половозрелых особей. Просмотр живого материала в камере Богорова из проб за август–сентябрь показал, что самцы циклопов, сталкиваясь с копеподитами IV–V возрастных стадий, переламывают их тело в районе сочленения цефалоторакса и абдомена. Немедленно к месту разрыва подплывает группа раков V–VI возрастных стадий и поедает выходящее содержимое. У науплиусов циклопов взрослые ракчи отку-

сывают голову. При поимке беспанцирной коловратки, *A. priodonta*, самец циклопа разрывает ее кутикулу и так же высасывает содержимое. Многие авторы, вероятно, наблюдая похожее поведение циклопид, утверждают, что они съедают у жертвы только содержимое, оставляя оболочку (Мешкова, 1953; Рылов, 1935; Fryer, 1957). В редких случаях крупные особи циклопов, например, половозрелые самки способны заглатывать добычу (коловраток) целиком. Это подтверждается нахождением в их кишечниках непереваренных останков (мастакс) панцирных (*Keratella quadrata*, *K. cochlearis*) и беспанцирных (*Synchaeta* sp.) коловраток, а также наличием в глотке половозрелой самки циклопа целиком заглоchenной, панцирной коловратки *Notholca squamula*.

Таким образом, разнообразие поведенческих реакций в добывании пищи обеспечивает циклопам оз. Курильское полноценную утилизацию разнообразных (растительных и животных) пищевых ресурсов.

#### Список литературы

- Дзюбан Н.А. 1937. О питании некоторых Cyclopidae // ДАН СССР. Вып. 17. № 6. С. 315–318.
- Лепская Е.В. 2004. Фитопланктон в экосистеме озера Курильское. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 23 с.
- Мазепова Г.Ф. 1963. Биология *Cyclops kolensis* Lill. в оз. Байкал // Тр. Байкальск. лимнол. ст. Вып. 21. № 2. С. 49–134.
- Мешкова Т.М. 1953. Зоопланктон озера Севан // Тр. Севан. гидробиол. ст. Т. 13. С. 5–170.
- Монаков А.В., Пугачёва Т.И. 1971. Предварительные данные о питании *Cyclops vicinus* (Soperoda, Cyclopoida) // Инф. бюлл. ИБВВ АН СССР. Вып. 9. С. 40–42.
- Монаков А.В., Сорокин Ю.И. 1971. Роль инфузорий в питании циклопид Рыбинского водохранилища // Тр. ИБВВ. Вып. 22 (25). С. 37–42.
- Носова И.А. 1972. Биология, динамика численности и продукция *Cyclops scutifer* Sars в Курильском озере. Автореф. канд. дисс. М.: ВНИРО, 25 с.
- Носова И.А. 1970. Некоторые данные по биологии размножения и развития *Cyclops scutifer* Sars // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 171 – 185.
- Рылов В.М. 1948. Исследования над зоопланктоном некоторых водоёмов Волги Куйбышевской области // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 8. Вып. 3. С. 539–566.
- Fryer G. 1957. The feeding mechanism of some freshwater Cyclopoida // Proc. Zool. Soc. London. № 129. P. 1–25.
- Naumann E. 1923. Specielle Untersuchungen Über die Ernahrungsbiologie des tierischen Limnoplanktons. II. Über de Nahrungserwerb und natürliche Nahrung der Copepoden und die Rotiferen des Limnoplanktons // Lunds-Univ. Azsskr. № 7. P. 1–17.
- Nauwerck A. 1963. Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. Symb. // Botan. Upsala. № 17. S. 1–163.

#### ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО СТРЕССА НА ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПРЕПАРАТОВ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

Л.Н. Лесникова, Н.Ф. Кушнерова, О.И. Кириллов

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,  
e-mail: lesnikova@poi.dvo.ru

В последнее время становится все более актуальным вопрос о фармакологической регуляции стресса. Эксперимент проводили на белых мышах, содержащихся на стандартном рационе питания. Стресс вызывали путем подвешивания животных за шейную складку на 24 часа. «Хаурантин» (водно-спиртовый экстракт из асцидии

пурпурной *Halocynthia aurantium*, патент № RU1522487, свидетельство на товарный знак № 236689) и препарат сравнения «Эссенциале» животным вводили перорально в дозе 0.4 мл/100 г массы 2 раза в сутки (до подвешивания и через 6 часов после подвешивания). Животные были разделены на четыре группы по 10 мышей в каждой: 1-я - контроль (интактные животные), 2-я - стресс, 3-я - стресс+хаурантин, 4-я – стресс+эссенциале. По сравнению с 1-й (интактной) группой у стрессированных животных увеличилась масса надпочечников, снизилась масса тимуса и селезенки, на слизистой оболочке желудка появились изъязвления. Таким образом, была сформирована классическая модель стресса. При исследовании липидной составляющей мембран эритроцитов стрессированных мышей отмечалось достоверное увеличение холестерина, свободных жирных кислот и триацилглицеринов при одновременном снижении эфиров жирных кислот и эфиров холестерина. Среди фосфолипидных фракций максимальным было снижение содержания фосфатидилхолина и увеличение лизофосфатидилхолина и лизофосфатидилэтаноламина. Такое соотношение липидных компонентов мембран эритроцитов при стрессе свидетельствует об увеличении их проницаемости и изменении текучести, что обусловливает нарушение формы эритроцита и его размерных характеристик. Снижается осмотическая резистентность эритроцитов и увеличиваются его размерные характеристики. В результате теряется способность к деформации, чем затрудняет кровоток на микроциркулярном уровне, когда диаметр сосудов сопоставим с их размерами. При введении экспериментальным животным хаурантина наблюдалась коррекция нарушений, обусловленных стрессом. Хаурантин и эссенциале препятствовали развитию гипертрофии надпочечников, инволюции тимуса и селезенки и защищали слизистую желудка от ульцерогенеза. Таким образом, введение на фоне острого стресса как хаурантина, так и эссенциалае привело к коррекции нарушений, вызванных стресс-воздействием.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА РЕПТИЛИЙ**

Н.А. Литвинов

*Пермский государственный педагогический университет, 614000 г. Пермь,  
e-mail:ganshchuk@mail.ru*

В отечественной герпетологической литературе иногда говорится о таком важном экологическом факторе, влияющем на жизнедеятельность рептилий, как солнечная радиация (излучение, инсоляция). Тем не менее, в ней отсутствует количественная оценка этого фактора, и речь обычно идёт или о температуре воздуха, или об освещённости. Мы попытались дать комплексную оценку солнечному излучению, рассматривая его как сумму трёх факторов (участков спектра): ультрафиолетового излучения в области спектра 280–400 нм (**УФ**), видимого света и теплового потока (инфракрасного излучения). Количественная оценка дана в одних единицах удельной мощности ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

Биология *Eremias arguta* (Pallas, 1773) изучалась в Самарской и Астраханской областях, *Natrix natrix* Linnaeus, 1758 и *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) в Пермской и Самарской областях, *Vipera renardi* (Christoph, 1861) в Татарстане. Полевые исследования проводились в первой половине мая 2002–2004 гг.

Видимый свет составляет большую часть суммарного спектра солнечного излучения. В среднем для всех четырёх видов его доля равна 74.1%. Мощность падающего удельного теплового потока в 3.5 раза меньше (20.9%). Доля **УФ** – излучения в

16 раз меньше доли видимого света и в 4.5 раза меньше доли теплового потока (4.7%). Поскольку в мае дневная активность рептилий однопиковая, то максимальное значение удельной мощности всех частей спектра приходится на 12-15 часов, что соответствует максимальной активности животных и оптимальной температуре их тела. Максимальный уровень суммарной солнечной радиации в  $596.7 \text{ Вт}/\text{м}^2$  отмечен для местообитаний разноцветной ящурки в Астраханской области. Из них  $484.1 \text{ Вт}/\text{м}^2$  приходится на видимую часть спектра,  $88.0 \text{ Вт}/\text{м}^2$  – на падающее тепло и  $24.6 \text{ Вт}/\text{м}^2$  – на ультрафиолет. Оптимальная температура тела ящурок в этот период  $28.0-34.7^\circ\text{C}$  ( $n=60$ ). Значительный уровень инсоляции объясняется географической широтой и открытостью биотопов ящурки.

Для мест обитания водяного ужа мощность инсоляции значительно меньше –  $330.1 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Значения видимого излучения, тепла и **УФ**, соответственно:  $262.1$ ;  $50.0$  и  $18.0 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Оптимальная температура тела при этом  $25.0-30.0^\circ\text{C}$  ( $n=92$ ). Для мест обитания степной гадюки на севере её ареала характерны следующие параметры: суммарная мощность  $253.1 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ; свет  $180.0$ ; тепло  $63.1$  и **УФ**  $10.0 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Оптимум её температуры тела  $27.6-31.6^\circ\text{C}$  ( $n=88$ ). Наименьшими значениями солнечной радиации характеризуются биотопы населенные обыкновенным ужом. Средняя суммарная мощность излучения равна  $214.1 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Из них видимый свет  $139.0$ ; тепловой поток  $60.0$  и **УФ**  $15.1 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Оптимальная температура тела обыкновенного ужа  $24.3-30.0^\circ\text{C}$  ( $n=164$ ). Наименьшие суммарные средние значения удельной мощности солнечной радиации, при которых начинается или заканчивается дневная активность максимальны для ящурки, как для самого термофильного из четырех видов:  $272.8 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Для степной гадюки –  $69.3 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Для водяного и обыкновенного ужей – очень близки, соответственно  $24.0$  и  $23.9 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Эффективность воздействия средней удельной мощности каждого из частей спектра радиации на температуру тела рептилий также различна. Наиболее эффективен падающий тепловой поток –  $42.3\%$ . Эффективность видимого света ниже –  $32.9\%$ . Ещё ниже она у **УФ**-излучения –  $18.9\%$ . Эффективность возвращенного субстратом теплового потока  $27.7\%$ . Тем не менее, когда вид обитает на песчаном или каменистом грунте эффективность возвращенного тепла превосходит все остальные, особенно в середине или конце дня. Это характерно для биотопов населённых разноцветной ящуркой или водяным ужом в Самарской области. Например, для последнего возвращенное тепло, начиная с  $11-12$  часов эффективнее падающего на  $13.0\%$ .

Сила связи температуры тела с указанными выше факторами или значительна, или высока. Наибольшее значение корреляционного отношения во всех случаях между температурой и падающим теплом. Максимальное значение характерно для степной гадюки ( $0.93\pm0.03$ ;  $P<0.001$ ). Минимальное – для разноцветной ящурки ( $0.55\pm0.16$ ;  $P<0.01$ ). Довольно значительна сила связи температуры тела и возвращенного тепла. Здесь максимум отмечен для водяного ужа ( $0.91\pm0.08$ ;  $P<0.001$ ), а минимум – для обыкновенного ( $0.51\pm0.21$ ;  $P<0.001$ ). У разноцветной ящурки сила связи температуры тела максимальна именно с возвращенным теплом ( $0.79\pm0.08$ ;  $P<0.001$ ). Наименьшая сила связи в среднем для всех указанных рептилий с видимым светом ( $\eta=0.53$ ).

На наш взгляд, влияние **УФ**-излучения и видимого света на температуру тела, скорее всего не прямое, а опосредованное. Скорее всего, зависимость вызвана тем, что при увеличении мощности этих частей спектра возрастает двигательная активность животных, приводящая к росту температуры тела и, наоборот, при снижении уровня мощности факторов двигательная активность снижается.

**ВЛИЯНИЕ ГИБРИДИЗАЦИИ И ПОЛИПЛОИДИИ НА ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЁНЫХ ЛЯГУШЕК КОМПЛЕКСА *RANA ESCULENTA* (ANURA, AMPHIBIA)**

С.Н. Литвинчук\*, И.М. Пашкова\*, Ю.М. Розанов\*, Л.Я. Боркин\*\*

\*Институт цитологии РАН, 194064 г. Санкт-Петербург,

e-mail: slitvinchuk@yahoo.com

\*\*Зоологический институт РАН, 199034 г. Санкт-Петербург

Среди позвоночных животных естественные гибридизация и полиплоидия достаточно редкие явления. Поэтому до сих пор остаётся слабоизученным вопрос о том, как качественные и количественные изменения в геноме влияют на функции организма, особенно, в связи с приспособлением видов и популяций к окружающей среде.

Ранее было показано, что уровень устойчивости клеток и тканей у холоднокровных животных к повреждающему действию высоких температур может рассматриваться как консервативная адаптация видов и популяций к воздействию факторов окружающей среды (Ушаков, 1965).

Изучение среднеазиатских видов комплекса *Bufo viridis* показало наличие резких различий по терморезистентности скелетной мускулатуры между парапатрическими диплоидным и тетраплоидным видами (Боркин и др., 2002). Однако в данном случае оставался неясным вопрос, что именно оказало влияние на возникновение различий по терморезистентности – температурные различия мест обитания, собственно полиплоидия или общая генетическая дивергенция между диплоидными и тетраплоидными видами. С другой стороны, анализ терморезистентности скелетной мускулатуры у искусственных гибридов рыб, показал, что в ряде случаев гибридный гетерозис по данному признаку проявлялся очень ярко (Кусакина, 1959, 1964; Никитина, 1973).

В европейской части бывшего СССР среди амфибий имеется только один гибридогенный комплекс – это зелёные лягушки (*Rana esculenta* комплекс). Среди трёх его видов – два «нормальные» (*R. lessonae* и *R. ridibunda*), а один (*R. esculenta*) исторически возник за счёт гибридизации родительских видов, указанных выше. Необходимо отметить, что данный гибридогенный вид характеризуется необычным меро-клональным типом размножения и в ряде случаев полиплоидией (Vinogradov et al., 1990; Borkin et al., 2004).

Терморезистентность тканей у видов этого комплекса исследовалась неоднократно (Александров, 1952; Ушаков, 1963, 1965; Андроников, 1988; и др.). Изучение географической изменчивости у озёрной лягушки (*R. ridibunda*) выявило различия по этому показателю между «европейской» и «азиатской» формами этого вида.

С другой стороны, было установлено, что по терморезистентности мускулатуры «европейская» форма *R. ridibunda* и прудовой лягушки (*R. lessonae*) не различаются. Более того, хотя оба вида различаются по ряду важных экологических признаков (например, по месту зимовки), у них оказались одинаковыми теплоустойчивость коллагенов кожи (Андреева и др., 1981), а также температурные границы развития зародышей и личинок (Günther, 1974). Однако оба вида, несмотря на принципиальное сходство интенсивности обмена веществ, различаются по скорости метаболизма (Соколова, Боркин, 1991).

Гибридная *R. esculenta* обладает повышенной экологической пластичностью, сочетающей особенности обоих родительских видов. По отношению к природному фактору гипоксии диплоидные гибриды демонстрируют эффект гетерозиса (Tunner, Nopp, 1979).

Целью нашей работы было изучение влияния гибридизации и полиплоидии на терморезистентности скелетной мускулатуры у видов комплекса *R. esculenta*.

Терморезистентность изолированных скелетных мышц *musculus gastrocnemis* была определена у 60 особей *R. lessonae*, 166 особей *R. esculenta* и 191 особи «европейской» формы *R. ridibunda*, отловленных в России (Калининградская, Московская, Тульская, Рязанская, Ульяновская и Саратовская области, Мордовия, Чувашия и Дагестан), на Украине (Харьковская область), в западном Казахстане (Атыраузская область) и Армении. Критерием терморезистентности мышц служило время полной и необратимой потери их возбудимости при нагреве в растворе Рингера при различных повреждающих температурах. Показателем утраты сократительной реакции служило отсутствие ответа на электрический стимул (переменный ток частотой 50 Гц). Определение видов комплекса, а также типов полиплоидов, производилось по размеру генома, определённому методом проточной ДНК-цитометрии (Borkin et al., 2004).

В ходе нашего исследования установлено, что терморезистентность скелетных мышц у двух родительских видов и их гибрида *R. esculenta* при трёх тестовых температурах (39, 40 и 41°C) не различалась (табл.). Однако при наибольшей тестовой температуре (42°C) были выявлены достоверные различия между родительскими видами, с одной стороны, и их гибридом, с другой. У родительских видов, *R. lessonae* и *R. ridibunda*, были отмечены «нормальные» (по линии регрессии) значения при данной температуре, а у гибридной *R. esculenta* – пониженные значения данного признака.

**Таблица. Время потери чувствительности скелетной мускулатуры (ln, мин) при температуре 39–42°C у трёх видов гибридогенного комплекса *Rana esculenta*. RL – диплоидные гибриды; RLL – триплоидные гибриды с одним геномом *R. ridibunda* и двумя *R. lessonae*; RRL – триплоидные гибриды с двумя геномами *R. ridibunda* и одним *R. lessonae***

Вид	n	39°C	n	40°C	n	41°C	n	42°C
		X ± σ (размах)						
<i>R. lessonae</i>	12	4.0±0.4 (3.0–4.4)	26	3.6±0.3 (3.0–4.1)	10	3.3±0.1 (3.0–3.5)	12	3.0±0.3 (2.7–3.4)
<i>R. esculenta</i> (RL)	8	4.1±0.1 (4.0–4.3)	28	3.7±0.3 (2.7–4.0)	63	3.2±0.3 (2.6–3.8)	14	2.5±0.3 (2.1–3.2)
<i>R. esculenta</i> (RLL)	–	–	–	–	16	3.2±0.3 (2.7–3.6)	5	2.3±0.1 (2.3–2.5)
<i>R. esculenta</i> (RRL)	–	–	–	–	20	3.2±0.3 (2.7–3.6)	2	2.3±0 (2.3–2.3)
<i>R. ridibunda</i>	14	4.0±0.2 (3.6–4.2)	62	3.6±0.3 (2.8–4.1)	66	3.2±0.3 (2.7–3.9)	49	2.9±0.3 (1.9–3.6)

Сравнение терморезистентности мышц при одинаковой температуре (41°C) у гибридов, населяющих одни и те же водоёмы, но отличающихся по уровню полипloidии (диплоиды и триплоиды), показало отсутствие достоверных различий между ними (табл.). Триплоидные гибриды, отличавшиеся по вкладу родительских геномов (RLL и RRL), также не различались.

Таким образом, не обнаружен гибридный гетерозис по тканевой терморезистентности у *R. esculenta*. Более того, нами выявлено снижение теплоустойчивости у гибридов при наиболее высоких тестовых температурах. Также установлено, что полипloidия не сказывается на значениях данного параметра.

**Список литературы**

- Александров В.Я. 1952. О связи между теплоустойчивостью протоплазмы и температурными условиями существования // ДАН СССР. Т. 83. № 1. С. 149–152.
- Андреева А.П., Писаченко А.И., Боркин Л.Я., Лазарев Ю.А. 1982. Структурные различия коллагенов у некоторых видов лягушек рода *Rana* с неодинаковой температурной экологией. Вклад углеводных компонентов в термостабильность молекул коллагена // Цитология. Т. 24. № 5. С. 561–568.
- Андроников В.Б. 1988. Пороговая температура теплового повреждения мускулатуры лягушек и видоспецифичность клеточно-тканевой терморезистентности // Зоол. журнал. Т. 67. Вып. 8. С. 1205–1213.
- Боркин Л.Я., Пашкова И.М., Литвинчук С.Н. 2002. Различия в терморезистентности скелетных мышц между диплоидным и тетраплоидным видами зелёных жаб (*Bufo viridis complex*) Средней Азии // Цитология. Т. 44. № 3. С. 259–262.
- Кусакина А.А. 1959. Цитофизиологическое исследование мышечной ткани при гетерозисе у некоторых межвидовых гибридов рыб // Цитология. Т. 1. № 1. С. 111–119. – 1964. О повышенной устойчивости мышечных белков у гетерозисных гибридов рипуса и лудоги // Цитология. Т. 6. № 4. С. 493–495.
- Никитина (Андряшева) М.А. 1973. Гетерозис и особенности его проявления у гибридов прудовых рыб. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ленинград, 29 с.
- Соколова Т.М., Боркин Л.Я. 1991. Скорость метаболизма у двух видов зелёных лягушек *Rana* // Экология. № 6. С. 76–78.
- Ушаков Б.П. 1963. Изменение теплоустойчивости клеток в онтогенезе и проблема консервативности клеток высших холоднокровных животных // Проблемы цитофизиологии животных. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 21–42. – 1965. Современное состояние вопроса о механизме теплового повреждения и причинах изменения теплоустойчивости клеток // Теплоустойчивость клеток животных. М.-Л.: Наука. С. 5–54.
- Borkin L.J., Korshunov A.V., Lada G.A. et al. 2004. Mass occurrence of polyploid green frogs (*Rana esculenta complex*) in eastern Ukraine // Russ. J. Herpetol. V. 11. № 3. P. 194–213.
- Günther R. 1974. Neue Daten zur Verbreitung und Ökologie der Grünfrösche (Anura, Ranidae) in der DDR // Mitt. Zool. Mus. Berlin. Bd. 50. H. 2. S. 287–298.
- Tunner H.G., Nopp H. 1979. Heterosis in the common European water frog // Naturwissenschaften. Jh. 66. H. 5. P. 268–269.
- Vinogradov A.E., Borkin L.J., Günther R., Rosanov J.M. 1990. Genome elimination in diploid and triploid *Rana esculenta* males: cytological evidence from DNA flow cytometry // Genome. V. 33. № 5. P. 619–627.

**ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ОРГАНОВ КРОВЕТВОРЕНИЯ МОЛОДИ РУССКОГО ОСЕТРА**

О.В. Ложниченко

Астраханский государственный технический университет, 414000  
г. Астрахань, e-mail: Lojnicenko@rambler.ru

Физиологоморфологические исследования рыб проводятся в широком масштабе, так как они необходимы для контроля за их воспроизводством и для оценки влияния условий обитания на организм рыб. Анализ литературных источников показал, что сведения об очагах гемопоэза, их удельном весе в процессе кроветворения недостаточно исследованы у рыб. Кроветворные органы у рыб отличаются от аналогичных органов высших позвоночных. Для взрослых рыб характерно наличие множественных (и, по-видимому, взаимосвязанных) мест и органов кроветворения. К ним

принадлежат почка, селезенка, эндотелий сосудов, слизистая кишечника, жаберный аппарат, сердце, «лимфоидный орган» в черепе. Вместе с тем, у рыб, наряду с экстраваскулярным, имеется интерваскулярное кроветворение, продолжающееся в течение всей жизни (Калашникова, 1989).

Работа выполнена в Астраханском государственном техническом университете на кафедре гидробиологии и общей экологии в течение 2003-2004 гг. Объектом исследования служили молодь русского осетра (*Acipenser gueldenstaedti* Brandt), выращиваемая на Лебяжем осетровом заводе. Материал обрабатывался методами классической гистологии (Волкова, Елецкий 1989). Окрашивали препараты гематоксилин-эозином.

В результате проведенного исследования были получены следующие данные. У молоди русского осетра в возрасте 1 месяц было обнаружено оформленное скопление кроветворной ткани под крышкой черепа, расположенное над продолговатым мозгом и мозжечком. Внешне это образование имеет пирамидальную форму с тонкой прозрачной оболочкой, границы органа четко обозначены. Между мозгом и кроветворным органом расположен сосуд, от которого отходят многочисленные синусоидные капилляры, переполненные кровью. Кроме того, на прозрачной капсule органа располагаются многочисленные пигментные клетки. В самом органе имеется множество кровеносных лакун, некоторые лакуны соединены между собой. Основную массу этого органа составляют ретикулярная ткань, окружающая формирующиеся клетки крови. В процентном соотношении масса ретикулярных клеток намного меньше массы форменных элементов крови, в соотношении 1:4. Четко ограниченных кроветворных островков в теле органа не обнаружено. Формирующиеся клетки крови и ретикулярные клетки располагаются в массе органа равномерно. Среди развивающихся клеток крови отмечено резкое преобладание клеток эритропоэтического ряда над другими клетками крови. Форменные элементы белой крови встречаются крайне редко. Кроме того, в цитоплазме 18.5% развивающихся эритроцитов отмечена мелкая зернистость или вакуолизация, незначительный пойкилоцитоз обнаружен у формирующихся эритроцитов в 4.5%.

При анализе формирующихся клеток крови обнаружено, что клетки эритропоэтического ряда составляют 70% от всех форменных клеток крови, 30% формирующиеся лейкоциты. Из клеток эритропоэтического ряда доминировали базофильные и поликсифильные нормобласты, составляющие 29.6% и 26.7% - соответственно. Оксифильных нормобластов было 18.5%, ортохромных - 8.1%. Нормобластов и эритробластов отмечено практическое равное количество – 8.1% и 8.9% соответственно.

Из клеток белой крови доминировали пролимфоциты – 62.7%, зрелые лимфоциты составили 18.6%. Из бластных форм преобладали лимфобласты – 10.2%, отмечено так же относительно высокое содержание миелобластов – 6.8%, незначительное монобластов – 1.6%.

Таким образом, в этом органе обнаружено наличие форменных элементов всех категорий, что характеризует данный орган кроветворения как очаг эритро-грануло-агранулопоэза.

Из работ А.А. Заварзина (1953) и И.М. Пестовой (1979) выявлено, что эндотелиальный слой сердца служит источником образования клеток крови. Поверхностный слой - эпикард - состоит из соединительнотканых эластических волокон и клеток плоского эпителия. По мнению этих ученых, у осетровых наentralной стороне сердца расположен перикардиальный орган, представляющий собой плоское лопастное образование, усеянное бугорками - фолликулярными узелками, содержащими развивающиеся лимфоциты. Указание на наличие специальных структур в составе

сердечной мышцы есть и у Е.К. Суворова (1948). Клеточный состав развивающихся клеток крови в стенках сердца представлен преимущественно лимфоцитами (Иванова, 1995).

При исследовании молоди русского осетра было обнаружено кроветворное образование, которое равномерно окружало сердце со всех сторон. Сверху кроветворное образование граничило с эпикардом, было покрыто тонкой соединительнотканной капсулой.

Анализируемый кроветворный орган состоял из ретикулярных клеток образующих микроокружение, развивающихся форменных элементов крови. Причем, развивающиеся форменные элементы крови располагались в компактных, различных по величине кроветворных островках. Кроветворные островки были как небольшие по 5-7 клеток, в основном, эритропоэтического ряда, не содержащие бластных форм, и других довольно крупных, четких плотно набитых по 15-30 клеток крови. Причем обязательно крупные островки в своем составе содержали по 3-5 бластные клетки, которые располагались в центре островка, эритроциты на разных стадиях развития окружали бластные формы. По краям кроветворного островка располагались ретикулярные клетки, которые отсутствовали в самом островке.

Исследование показало, что основную массу формирующихся клеток крови составили клетки эритропоэтического ряда - 95,0%, клетки белой крови встречались крайне редко, составляя всего 5,0% от числа всех клеток крови. Анализ состава кроветворного островка показал, что его основу составляют полиокси菲尔ные нормобласты – 53.3%, эритробластов было – 15.0%, нормобластов – 3.1%, базофильных нормобластов – 11.5%, окси菲尔ных нормобластов - 13.3%, и зрелых ортохромных эритроцитов – 3.6%. Клетки белой крови отдельных, компактных островков не образовывали, причем 60.0% из них были пролимфоциты. Из зрелых форм клеток встречались только лимфоциты – 4.0%. Из бластных форм лимфобlastы и миелобласты отмечены в практически одинаковом количестве по 16.0% и 15.0% соответственно. Монобласты отмечены в незначительном количестве – 5.0%.

Наличие в этом органе форменных элементов всех категорий позволяет считать данный орган очагом эритро-лимфоцито-гранулопоэза, что противоречит литературным данным.

#### **Список литературы**

- Волкова О.В., Елецкий Ю.К. 1989. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 234 с.
- Заварзин А.А. 1953. Очерки по эволюционной гистологии крови и соединительной ткани. Т. 4. М., 717 с.
- Иванова Н.Т. 1995. Система крови. Материалы к сравнительной морфологии системы крови человека и животных. Ростов-на-Дону, 156 с.
- Калашникова З.М. 1981. Исследование морфологического состава крови рыб // Исследование размножения и развития рыб. М.: Наука. С. 110-129.
- Пестова И.М. 1979. К вопросу о влиянии экологических факторов на кроветворение некоторых пойкилотермных животных // Тез. докл. IV Всес. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб. Т. 2. Астрахань. С. 168-177.
- Суворов Е.К. 1948. Основы ихтиологии. М.: Сов. наука, 560 с.

## ВЛИЯНИЕ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДИ ГОРБУШИ В ПРЕСНОЙ ВОДЕ НА ТЕМП ЕЕ РОСТА В МОРСКОЙ СРЕДЕ

В.Я. Любаев\*, К.А. Князева\*, В.Е. Дубровская\*, Л.К. Федорова\*, А.Е. Микулин\*\*

\*ООО «Салмо», 693006 г. Южно-Сахалинск, e-mail: valtan1@mail.ru

\*\*Московский государственный университет технологий и управления,  
113149 г. Москва, e-mail: physiology@vniro.ru

В последние годы на лососевых рыбоводных заводах Дальнего Востока сохраняется тенденция подращивания молоди горбуши после ее вылупления и постановки на плав. До середины 80-х годов прошлого столетия подкармливание молоди горбуши на рыбоводных заводах не осуществляли (или проводили в экспериментальных масштабах) и выпуск производили при наличии у нее желточного мешка. Доводами в пользу целесообразности подкармливания горбуши являются: выпуск более подготовленной к жизни молоди; выпуск молоди в более поздние сроки, когда гидрологические условия моря позволяют ей кормиться; мнение о более стойком у нее хоминге и более высоком возврате рыб; меньшее выедание хищниками более крупной молоди (Тагмазьян, 1972, 1974; Хоревин и др., 1981; Кляшторин, 1986; Кинас, 1988). Доводами в пользу выпуска молоди горбуши с заводов без ее предварительного подкармливания является естественный скат горбуши, в процессе которого она, как правило, не питается внешней пищей, используя запасы желточного мешка. Скат молоди горбуши с остатками желточного мешка отмечается практически во всех районах ее ареала (Чупахин, 1975; Шершнев, Жульков, 1979; Гриценко и др., 1987; Кинас, 1988; Карпенко и др., 1993). Размер желточного мешка в процессе ската изменяется. Так, например, в реках Юго-Восточного Сахалина (река Кура) от начала к концу покатной миграции количество молоди с желтком уменьшается от 38.4 до 2.0%, при этом остаток желточного мешка составляет в среднем 4.21% от массы тела (Антонов, Ким, 2002). Размеры желтка имеют важное значение для молоди горбуши при ее переходе к прибрежному морскому обитанию. По мнению Кинаса (1988), молодь, имеющая желточный мешок более 3% от массы тела, подвержена большему риску смертности, т.к. неподготовлена к переходу на активное питание и более пассивна к защите от поедания хищниками.

Отмечено, что в естественных условиях молодь горбуши с остатками желточного мешка пищу не потребляет (Антонов, Ким, 2002). При задержке молоди горбуши в реке и недостатке запасных веществ в желточном мешке она начинает питаться. Питание горбуши в период покатной миграции установлено во многих регионах: в реках Сахалина и Кольского полуострова (Смирнов, 1975; Антонов, Ким, 2002), Западной Камчатки (Кинас, 1988; Карпенко, 1998), в Амуре (Леванидов, Леванидова, 1957).

Таким образом, представляет интерес, с одной стороны оценить последствия пресноводного кормления горбуши на дальнейший рост ее в морской воде, с другой стороны, выявить сколь продолжительным может быть голодание молоди горбуши в пресной воде без последствий для ее роста в морской среде.

Молодь горбуши выращена на лососевом рыбоводном заводе «Лесное» Сахалинской области. Часть молоди кормили в пресной воде с 26 апреля по 24 мая 1990 года, часть молоди не кормили до подращивания ее в морской воде 30-37%. Для получения воды меньшей солености ее разбавляли перед подачей в бассейн пресной водой. Подращивание молоди в соленой воде осуществляли в бассейнах емкостью 500 л на берегу озера Изменчивое в течение 30 дней с 25 мая по 26 июня 1990 года. Плотность посадки молоди горбуши во всех бассейнах составляла по 5 тыс. штук. Кормление осуществляли сухими гранулированными кормами: отечественным ЛСГК и японским CDХ. Корм давали рыбам по поедаемости.

С целью определения скорости адаптации молоди горбуши к морской воде ее в возрасте 762.5 градусодней (249 суток с момента оплодотворения) при средней массе рыбы 247.8 мг перевели из пресной воды в морскую следующими способами:

**Вариант № 1** – молодь горбуши постепенно в течение 5 суток переводили из пресной в воду соленостью 17‰;

**Вариант № 2** - молодь горбуши постепенно в течение 5 суток переводили из пресной в воду соленостью 30-37‰;

**Вариант № 3** - молодь горбуши сразу перевели из пресной в воду соленостью 30-37‰.

В процессе перевода молоди горбуши из пресной воды в соленую и далее при ее выращивании в этой воде каких-либо различий в поведении не наблюдали. При дальнейшем подращивании в соленой воде в течение месяца ее масса увеличилась до 831.7-877.1 мг, при этом достоверных различий по массе между различными вариантами не обнаружено. Таким образом, резкие изменения осмотичности среды не влияют на жизнеспособность молоди горбуши в морской воде.

С целью выяснения роли подкармливания или длительности голодаия в пресной воде на последующий темп роста в морской среде две партии молоди горбуши, полученные от производителей начала и конца нерестового хода, в возрасте 932.8 и 762.5 градусодней соответственно, пересадили из пресной в морскую воду. При этом перед посадкой в морскую воду часть молоди каждой партии с момента поднятия их на плав подкармливали в пресной воде в течение 30 суток (306.7 градусодней). Другую часть каждой партии молоди с момента поднятия на плав до пересадки их в морскую воду не кормили. Так молодь от производителей начала нерестового хода голодала 30 дней, молодь от производителей конца нерестового хода – 15 дней. Различие в сроках кормления и голодаия рыб этой партии связано с тем, что для одновременного кормления их с молодью от производителей начала нерестового хода, которые раньше вылупились, их для этого подняли на плав на 15 дней раньше положенного срока.

Результаты подращивания молоди горбуши в морской воде в течение месяца представлены в таблице.

**Таблица. Результаты подращивания молоди горбуши в морской воде**

Молодь от производителей	Начала нерестового хода				Конца нерестового хода			
	В пресной воде		голодные	кормленные	голодные	кормленные	до	после
Подращивание в морской воде	до	после	до	после	до	после	до	после
Градусодни	932.8	1239.5	932.8	1239.5	762.5	1069.2	762.5	1069.2
Средняя масса молоди, мг	202.8	728.2	268.6	994.3	247.8	917.5	304.3	954
Полная длина (L), мм	33.9	46.4	35.3	51	34.7	50.1	36.2	50.5
Коэффициент упитанности, %	0.76	0.89	0.88	0.96	0.83	0.95	0.9	0.94
Отход за подращивание, %		8.1		7.5		2.9		2.6
Прирост за месяц кормления, мг		526		725.7		669.7		649.7
Разница по массе предварительно								
накормленых и голодных, мг	199.7				-20			

### **Выводы**

- Покатная молодь горбуши хорошо переносит непосредственный перевод ее из пресной воды в морскую без предварительной постепенной адаптации к ней.
- Темп роста молоди горбуши выше в морской воде, чем в пресной.
- Длительное голодаие молоди горбуши в пресной воде (месяц) после поднятия на плав не снижает ее способности к переходу в морскую среду.

4. Предварительное кормление в пресной воде крупной молоди горбуши в сравнении с голодавшей не оказывается на конечной массе рыб, однако предварительное кормление в пресной воде мелкой молоди в сравнении с такой же голодавшей способствует увеличению конечной массы рыб при их выкармливании в морской воде.

### **Список литературы**

- Антонов А.А., Ким Х.Ю. 2002. Питание покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) в малых реках Южного Сахалина // Сб. науч. тр. молодых ученых МГТА. Вып. 2. М.: МГТА. С. 44-52.
- Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К. 1987. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: Агропромиздат, 165 с.
- Карпенко В.И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО, 165 с.
- Карпенко В.И., Кисляков В.П., Синяков С.А. 1993. Особенности формирования численности поколений восточно-камчатской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Вып. 2. С. 75-86.
- Кинас Н.М. 1988. Качественная характеристика покатной молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) реки Утка (юго-западное побережье Камчатки) // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 3. С. 404-409.
- Кляшторин Л.Б. 1986. О современной концепции хоминга лососей // Рыбн. хоз-во. № 11. С. 29-33.
- Леванидов В.Я., Леванидова И.М. 1957. Питание покатной молоди летней кеты и горбуши в притоках Амура // Изв. ТИНРО. Т. 69. С. 3-16.
- Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ, 336 с.
- Тагмазьян З.И. 1972. Влияние освещенности воды на выедание молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) хищными рыбами // Исследования по биологии рыб и промыслового океанографии. Владивосток. Вып.7. С. 123. – 1974. Питание хищных рыб покатной молодью горбуши в реках Сахалина // Изв. ТИНРО. Т. 69. С. 65-76.
- Хоревин Л.Д., Руднев В.А., Шершнев А.П. 1981. Выедание хищными рыбами молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в период ската из небольшой нерестовой реки о-ва Сахалин // Вопросы ихтиологии. Т. 21. Вып. 6. С. 11016-1022.
- Чупахин В.М. 1975. Естественное воспроизводство южноокеанской горбуши // Тр. ВНИРО. Т. 106. С. 67-77.
- Шершнев А.П., Жульков А.И. 1979. Особенности ската молоди и некоторые показатели эффективности воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) в р. Приторной // Вопр. ихтиологии. Т. 19. Вып.1. С. 128-133.

## **ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Ю.Б. Мадонова, В.А. Трофимов, М.В. Салмина

*Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск*

Неспособность механизмов адаптации противостоять быстро нарастающим изменениям со стороны окружающей среды приводит к грубым поломкам хромосом и генным мутациям. Нарушения кариотипа, в свою очередь, являются причиной депрессии иммунитета и лежат в основе утяжеления течения иногда самых простых форм заболеваний.

Для отслеживания динамики реакции кариотипа человека на степень изменчивости экологии жизнедеятельности пользуются величиной, называемой спонтанным

уровнем хромосомных аберраций. Данная величина является фоновой точкой отсчета при сравнении изменений в кариотипе у групп населения зон генотоксического риска и позволяет прогнозировать всплески и динамику заболеваний наследственного и ненаследственного генеза.

Изменения в кариотипе населения различных популяций наступают в результате нескольких процессов. Во-первых, в возникновении различного рода мутаций участвует спонтанный мутагенез, являющийся причиной 0.1% всех возникающих в организме мутаций. С возрастом его вклад в общий мутагенез может возрастать до 1/4-1/10 всех мутаций в организме. Во-вторых, нарушения в генетическом материале могут происходить в результате ошибок нормального метаболизма в клетке. В-третьих, мутации вызывают перемещения мобильных элементов по геному. И, в-четвертых, мутации происходят под действием ряда факторов окружающей организма среды. Кроме того, хромосомная нестабильность населения зависит от слаженности работы механизмов, контролирующих процессы мутагенеза и антимутагенеза. На уровне организации генома основным механизмом контроля является информация о работе reparативных систем, а на организменном уровне - это состояние иммунной системы, контролирующей генетический гомеостаз.

Подчеркнем, что причиной утяжеление течения инфекционных и хронических заболеваний среди неблагополучных регионов может быть наличие иммунодефицита, снижение иммунореактивности или напротив ее чрезмерная активность, обусловленные дефектами хромосом.

Каждая обследуемая территория обычно отличается своим особым набором экологических факторов, прежде всего антропогенного характера, что накладывает свой особый отпечаток на показатель спонтанного уровня мутагенеза у населения. Это явление отражается в картине заболеваемости данного региона.

Ряд мутагенов, которые способны вызвать мутации одной пары азотистых оснований, являются причиной моногенных заболеваний. При возникновении таких мутаций в половых клетках они могут передаваться потомству или снижать репродуктивную способность родительских организмов, повышать генетический груз популяции. При этом у организма может наблюдаться утрата или приобретение новых признаков и свойств, что в данных условиях существования организма является чаще всего неблагоприятным изменением. Негативные мутации обычно создают патологические условия для действия факторов окружающей среды, вызывая развитие факторообусловленного заболевания. Мутации в соматических клетках часто являются причиной хронических заболеваний и канцерогенеза.

Во многих случаях, механизм повреждения генома затрагивает в той или иной степени проявление многих признаков, т.е. носит плейотропный эффект, чем так же определяется тяжесть патогенеза.

Последние исследования показывают, что факторообусловленные заболевания часто носят мультифакториальный характер и определяются полигенной формой наследования. Проявление такого заболевания обычно связано с тесным взаимодействием компонентов генома и неблагоприятных факторов окружающей среды. Механизмы этого процесса представляют на сегодняшний день большой теоретический и практический интерес.

Такие заболевания, как патологии углеводного и липидного обмена, заболевания сердечно-сосудистой системы, эндокринной системы, болезни кожи, органов дыхания, снижение эффективности иммунной системы, заболевания органов пищеварения и мочевыделительной системы могут быть экогенетически детерминированы.

Мультифакториальные заболевания (**МФЗ**) могут иметь разные механизмы своей реализации. В одних случаях существует некоторое количество генов, которые взаимодействуют с большим числом средовых факторов и тем самым формируют фенотип заболевания. В качестве примера можно привести ген Аро Е, комбинация аллелей которого достоверно влияет на содержание общего холестерина в крови. В некоторых случаях взаимодействие таких генов приводит к появлению или отсутствию определенных признаков, свойств или функций, способствующих усилению воздействия повреждающего фактора на организм (пигментная ксеродерма) или провоцируют патологическую реакцию организма на вроде бы безобидное воздействие при обычном генотипе (например, аллергические, аутоиммунные заболевания). Отмечается, что для возникновения заболевания необходимо, чтобы количество генов в одном генотипе превысило некую пороговую величину, создавая благоприятную среду для патологического действия средового фактора на организм.

Другая схема наследования и реализации **МФЗ** предполагает наличие гена, который в основном необходим для реализации признака. Однако, степень его проявления может зависеть от комплекса средовых и наследственных факторов. По такому принципу реализуется информация двух генов, вызывающих рак молочной железы - BRCA1 и BRCA2, рак простаты, и гена контролирующего количество IgE.

Ряд **МФЗ** передаются по правилам Мендelianского наследования. К такими заболеваниями относится дефект рецепторов липопротеинов низкой плотности (ЛНП), который наследуется как неполнодоминирующий признак, а также, гиперлипидемия, эссенциальная гипертония, инсулинозависимый сахарный диабет, семейный панкреатит, язвенная болезнь желудка (Золлингера).

В большинстве случаев сущность мультифакториальных заболеваний гетерогенна. В настоящее время имеются исследования, в которых отмечается связь между заболеваниями ненаследственного генеза и генным полиморфизмом. Например, известна корреляция между группой крови АВО и раком желудка, генов гистосовместимости HLA и заболеваний с аутоиммунной компонентой (псориаз, болезнь Рейтера, анкилозирующий спондилит).

По многим за **МФЗ** выявлена прямая связь проявления заболевания со средовыми факторами, например сахарный диабет, бронхиальная астма, гипертоническая болезнь.

В некоторых случаях проявление мутантных генов связано с эпигенетической формой регуляции генов. Предполагается, что особенности метилирования связаны с действием средовых факторов и развитием особого класса заболеваний - эпигенетических болезней. Существует предположение, что нарушение эпигенетической регуляции лежит в основе проявления **МФЗ**.

Таким образом, явление утяжеления патогенеза инфекционных заболеваний, острое течение хронических заболеваний, снижение репродуктивности и увеличение генетического груза среди населения экологически неблагоприятных регионов и крупных промышленных городов необходимо связывать с характерными повреждениями кариотипа и уровнем спонтанного мутагенеза. Необходимо выделять контингенты лиц, относящихся к группам генотоксического риска и учитывать особенности генетического статуса пациентов при проведении лечения такого рода заболеваний.

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАННИХ  
ЗАРОДЫШЕЙ ПОЗВОНОЧНЫХ**

А.В. Макрушин

*Институт биологии внутренних вод РАН, 152742 Ярославская обл., пос. Борок,  
e-mail: makru@ibiw.yaroslavl.ru*

Чтобы понять то или иное явление, нужно выяснить, почему оно возникло. У позвоночных описана остановка развития зародыша на стадиях поздней бластулы и ранней гастролы. На этих стадиях у некоторых млекопитающих в матке диапаузируют зародыши, у птиц выходят из организма и пребывают до окончания яйцекладки и начала насиживания яйца. Поздняя бластула и ранняя гастрола обладает у позвоночных неспецифической устойчивостью. Предполагается, что механизм этой устойчивости унаследован от предков (Баевский, 1968; Зусман, 1972, 1973, 1974; Зусман, Искандеров, 1974; Zusman, Orgnoy, 1990). От каких именно, процитированные авторы не обсуждают. На стадии гастролы диапаузируют многие первичноводные беспозвоночные, находящиеся у основания филогенетического дерева Metazoa (см. обзор: Макрушин, 1985). Понять причину возникновения эмбриональной диапаузы у примитивных беспозвоночных - значит объяснить происхождение неспецифической устойчивости ранних зародышей позвоночных.

Животным, пребывающим в связи с сезонным ухудшением среды в состоянии покоя, важно с возвращением благоприятных условий как можно быстрее приступить к использованию имеющихся ресурсов. Задержка грозит тем, что ниша будет занята другими видами. Виды, находившиеся в состоянии покоя на постнатальных этапах развития, способны утилизировать ресурсы сразу после реактивации. Они раньше, чем виды, диапаузировавшие на эмбриональной стадии, начинают и размножаться. Это дает им преимущество в борьбе за существование. За эмбриональную диапаузу приходится платить снижением конкурентоспособности. Почему же тогда она так широко распространена у примитивных первичноводных беспозвоночных?

Для обсуждения этого не совсем еще неясного вопроса представляет интерес сравнить затраты энергии на поддержание структуры тела покоящимся ранним зародышем и организмом, находящимся в покоящемся состоянии на более позднем этапе онтогенеза. Покой – регулируемое организмом состояние. Регуляторная физиологическая система покоящегося организма – это совокупность его интегративных связей. Они осуществляются путем взаимодействия клеток. Любые взаимодействия вне зависимости от их сущности – трата энергии. Малоспециализированные клетки взаимодействуют с другими клетками меньше, чем более специализированные. Поэтому, чем меньше они у покоящегося организма специализированы, тем меньше у него интегративных связей и тем меньше, следовательно, ему нужно энергии для поддержания собственной структуры в неблагоприятной для жизни среде. Яйцо – клетка специализированная (Короткова, Токин, 1973). В ходе дробления черты специализации теряются. На стадии бластулы и гастролы, считают Короткова и Токин (1973), уже утрачены черты специализации, унаследованные от яйца, но еще не приобретены черты специализации, связанные с дальнейшим развитием. На этой стадии развития число интегративных связей в организме и потребность его в энергии для поддержания структуры тела минимальны. Поскольку энергетические возможности примитивных первичноводных беспозвоночных очень ограничены (Зотин, Криволуцкий, 1982), они диапаузировать во время раннего эмбриогенеза вынуждены.

Во многих работах, посвященных примитивным первичноводным беспозвоночным, упоминается, что их диапаузирующие зародыши сильно рассеивают свет (см. обзор: Макрушин, 1985). Это показатель коллоидных изменений клетки, сопутствующих паранекрозу (Браун, Моженок, 1987). Есть и другие основания думать, что диапаузирующие зародыши первичноводных беспозвоночных пребывают в паранекротическом состоянии. У них снижен метаболизм, окислительное фосфорилирование заменено аэробным гликолизом, повышенна устойчивость к повреждающим факторам, уменьшено количество воды в клетках (Ушатинская, 1990). Это тоже показатели паранекроза (Браун, Моженок, 1987).

В период создания учения о паранекрозе это состояние рассматривалось как обратимое повреждение клетки. Но со временем стало ясно, что паранекроз – защитная реакция. Режабек (1977) его называет универсальной реакцией, с помощью которой устойчиво неравновесная биосистема обеспечивает активизацию структур, выполняющих работу против факторов, ведущих систему к равновесию и к смерти. Диапаузирующие зародыши у первичноводных беспозвоночных появляются на свет до сезонного ухудшения среды. Тем не менее, их клетки, не испытав еще повреждающих воздействий, уже имеют характерные оптические свойства, связанные с низкой дисперсностью коллоидов. Паранекроз диапаузирующих зародышей примитивных беспозвоночных это, по-видимому, - реакция не ответная, а упреждающая.

Механизм этой реакции включается в ответ на сигнальные факторы, предупреждающие о близящемся сезонном ухудшении среды. Его включение обеспечивается материнским организмом. В пользу этого мнения говорит то, что у ветвистоусых ракообразных яйцеклетки, которым предстоит диапауза во время раннего эмбриогенеза (латентные яйца), начинают сильно рассеивать свет еще в самом начале трофоплазматического роста, т. е. задолго до овуляции. Этим они отличаются от яиц субитанных, развивающихся без остановки. Паранекротическая реакция направлена на создание у диапаузирующих зародышей устойчивости к предстоящему сезонному ухудшению среды. Эта реакция свидетельствует, что способность диапаузирующих зародышей противостоять повреждающим воздействиям разной природы основана не на системном ответе, а как у позвоночных (Зусман, Ляшенко, 1975), на индивидуальной устойчивости клеток. Эмбриональная диапауза у первичноводных беспозвоночных является способом сохранения энергетического баланса организма во время неблагоприятного сезона года при отсутствии у него энергетических возможностей для системного ответа на ухудшение среды.

В ходе прогрессивной эволюции энерговооруженность организма возрастала (Зотин, Криволуцкий, 1982). На определенном этапе этого возрастания появилась возможность переноса стадии покоя на более поздние этапы онтогенеза, на которых реакция на сезонное ухудшение среды имеет системный характер и затраты энергии на ее осуществление поэтому выше. Эта возможность реализовывалась в разных филогенетических линиях отбором ввиду тех преимуществ, которые получала особь, раньше других приступавшая в начале благоприятного для жизни сезона к активной жизнедеятельности. Но не только высота организации особи определяла, к какому этапу онтогенеза будет приурочено состояние покоя. В покой во взрослом или личиночном состоянии впадают, как известно, коловратки Bdelloidea, тихоходки, ракообразные Cyclopoida и Ostracoda, нематоды и олигохеты, т. е. беспозвоночные примитивные. А у насекомых, организованных выше, часто встречается эмбриональная диапауза. Видимо, существуют какие-то другие неясные еще причины, от которых тоже зависит, какому этапу онтогенеза отдаст предпочтение отбор для формирования механизма диапаузы.

На начальных этапах эволюции, когда энерговооруженность организма была еще очень низкой, сокращение энергозатрат диапаузирующим зародышем было жизненно важным. На более поздних ее этапах, это сокращение утратило прежнее значение. У млекопитающих диапаузирующий зародыш находится в утробе матери и поддержание его энергетического баланса осуществляется ее физиологической системой. У птиц сокращение трат энергии зародышем во время его кратковременного покоя между откладкой яиц и началом их насиживания тоже, по-видимому, не имеет существенного приспособительного значения.

У примитивных беспозвоночных паранекротическая реакция клеток образует, вероятно, с остановкой развития во время раннего эмбриогенеза неразрывный комплекс. Он у них при подготовке к неблагоприятному сезону пускается в ход как единое целое и обеспечивает сохранение популяции в ухудшившейся среде. Поскольку необходимость остановки развития во время раннего эмбриогенеза обусловлена несовершенством организации, можно предположить, что этот комплекс реакций обеспечивал переживание неблагоприятного сезона и у первобытных Metazoa. Регуляторная физиологическая система Metazoa имеет многоступенчатый иерархический характер. В основе ее лежат механизмы, возникшие на ранних этапах эволюции. Один из них, вероятно, – эмбриональная диапауза. Он оказался встроенным в систему физиологической регуляции позвоночных и сохранился не потому, что на этом этапе онтогенеза энергетические потребности покоящегося зародыша на поддержание структуры минимальны, а вследствие толерантности зародыша на этих этапах, основанной на индивидуальной устойчивости клеток.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 98-04-48043.*

### **Список литературы**

- Баевский Ю.Б. 1968. Эмбриональная диапауза млекопитающих и ее эволюционно-биологическое значение // Темп индивидуального развития животных и его изменение в ходе эволюции. М.: Изд. АН СССР. С. 129-174.
- Браун А.Д., Моженок Т.П. 1987. Неспецифический адаптационный синдром клеточной системы. Л.: Наука, 230 с.
- Зотин А.И., Криволуцкий Д.А. 1982. Скорость и направление эволюционного прогресса организмов // Журн. общ. биологии. Т. 43. № 1. С. 3-13.
- Зусман И.Н. 1972. Изменение температурной чувствительности в раннем эмбриогенезе птиц // Журн. общ. биологии. Т. 33. № 1. С. 87-96. – 1973. Вопросы эволюции эмбриогенеза животных // Новое в жизни, науке, технике. Серия биология. 5. М.: Знание, 64 с. – 1974. Изменение температурной чувствительности в раннем эмбриогенезе птиц // Журн. общ. биологии. Т.35. № 3. С. 403-413.
- Зусман И.Н., Искандеров Т.Ф. 1974. Температурные адаптации в раннем эмбриогенезе рептилий. I. О приспособительном значении переносимости яиц у черепах. // Зоол. журн. Т. 53. № 3. С. 412-420.
- Зусман И.Н., Ляшенко С.Ф. 1975. О механизме гипотермических влияний на ранние зародыши птиц // Журн. общ. биологии. Т. 36. № 4. С. 521-536.
- Короткова Г.П., Токин Б.П. 1973. Явления дифференциации и дедифференциации в ходе полового и соматического эмбриогенеза // Дифференцирование в процессе регенерации: Мат. совещания. М.: Изд-во МГУ. С. 14-33.
- Макрушин А.В. 1985. Ангиобиоз первичноводных беспозвоночных. Л.: Наука, 102 с.
- Режабек Б.Г. 1977. Саморегуляция внутриклеточных процессов // Биологическая кибернетика. М.: Высшая школа. С. 68-107.
- Ушатинская Р.С. 1990. Скрытая жизнь и анабиоз. М.: Наука, 180 с.
- Zusman I., Ornoy A. 1990. Embryonic resistance to chemical and physical factors: manifestation, mechanism, role in reproduction and adaptation to ecology // Biol. Rev. V.65. № 1. P. 1-18.

## СОСТОЯНИЕ UNIONIDAE (BIVALVIA, MOLLUSCA) В ВЕРХНЕЙ ВОЛГЕ

А.В. Макрушин

Институт биологии внутренних вод РАН, 152742 Ярославская обл., пос. Борок,  
e-mail: makru@ibiw.yaroslavl.ru

Численность и видовое разнообразие унионид в промышленно развитых странах снижается. В водоемы, населенные ими, вселяется дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pallas) и *D. bugensis* (Andrusov). Неблагополучно состояние унионид на Украине (Стадниченко, 1988), в Польше (Lewandowski, 1992), Литве (Лазаускене и др., 1988) и в Румынии (Sarkany-Kiss, 1997). В отдельных землях Германии *Unio crassus* Philipsson грозит вымирание (Bless, 1981). Положение унионид Бельгии названо драматическим (Nijs, Van Goethem, 1995). Под угрозой вымирания находятся многие виды унионид Канады (Metcalfe-Smith et al., 1998) и США (Riccardi et al., 1998). Сведений о состоянии у нас этих моллюсков найти не удалось. В статье приводятся результаты обследования состояния пищеварительной железы унионид из Верхней Волги. Для сравнения излагаются сведения о состоянии этого органа у *Dreissena polymorpha*.

Материал собран в Иваньковском (6 станций), Угличском (2 станции), Рыбинском (15 станций) и в Горьковском (3 станции) водохранилищах в 1990-1992, 1995, 1996 и 2002 годы. Обследовано с помощью гистологической методики 268 экз. *Unio pictorum* (Linne), 433 экз. *U. tumidus* Philipsson, 261 экз. *Anodonta* spp. и 194 экз. *Dreissena polymorpha*. Униониды отлавливались на всех станциях, дрейссена только в Рыбинском водохранилище. У большинства особей просмотрено по 5-10 срезов, столько, сколько их могло уместиться на одном предметном стекле. У части моллюсков их просмотрено много больше.

На каждой станции обнаружены особи унионид, железа которых была патологически изменена. Наблюдалась дистрофия и неоплазия эпителиальной выстилки пищеварительных трубочек, их атрофия (Макрушин, 1998; Макрушин и др., 2000). Железа была повреждена местами. Рядом с поврежденными участками были участки, находившиеся в нормальном состоянии. Вероятность обнаружения поврежденных участков возрастила при увеличении числа просмотренных срезов. При просмотре срезов, уместившихся на одном стекле, не удавалось найти патологических изменений у одной или двух третей улова на станции. Но в тех случаях, когда срезов из одной железы было изготовлено больше, то, как правило, оказывалось, что если патологические изменения не были обнаружены на одном стекле, то они были на одном из других стекол. Видимо, среди унионид особи с неповрежденной железой на обследованной акватории составляли незначительную часть популяции, если были вообще. Наиболее сильно патологические изменения были выражены у особей, собранных в городской черте Череповца, Пошехонья, Твери и Ярославля. В отличие от унионид, у дрейссен, в том числе особей, собранных в городской черте Череповца, акватории особенно загрязненной, патологических изменений в железе не было обнаружено ни разу. Их не удалось найти и путем увеличения числа просмотренных срезов, принадлежащих одной особи. Патологические изменения железы у унионид говорят об угнетенном состоянии этих моллюсков в Верхней Волге и, вероятно, являются признаком их постепенной замены более устойчивой дрейссеной.

### Список литературы

Лазаускене Л., Грилялис А., Киселене В. 1998. Распространение моллюсков сем. Unionidae в водоемах Литовской ССР // Acta hydrobiol. Lithuanica. № 7. С. 25-37.

- Макрушин А.В. 1998. Опыт биоиндикации загрязнения пресных вод по результатам гистопатологического обследования печени моллюсков // Биол. внутр. вод. № 3. С. 90-94.
- Макрушин А.В., Жгарева Н.Н., Худолей В. 2000. Гистопатологическое обследование беспозвоночных верхневолжских водохранилищ // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. Вып. 326. С. 248-250.
- Стадниченко А.П. 1988. Об охране и воспроизводстве перловицевых // Рациональное использование, охрана, воспроизводство биологических ресурсов и экологическое воспитание. Тез. регион. конф. Запорожье. С. 228-229.
- Bless R. 1981. Beobachtungen zur Muschelfauna des Rheins zwischen Köln und Koblenz // Decheriana. Bd. 134. S. 234-247.
- Lewandowski P. 1992. Long term changes in fauna of family Unionidae bivalves in the Mikolajskie lake // Ecol. pol. V. 39. № 2. P. 265-272.
- Metcalf-Smith J.L., Staton S.K., Mackie G.L., Lake N.M. 1998. Changes in the biodiversity of freshwater mussels in the Canadian waters of the lower Great Lakes drainage basin over the past 140 years // J. Great Lakes Res. V. 24. № 4. P. 845-858.
- Nijs E., Van Goethem J.L. 1995. Distribution data on the unionids in Belgium (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) // Bull. Inst. roy. sci. natur. Belg., Biol. V. 65. P. 83-87.
- Riccardi A., Neves R., Rasmussen J. B. 1995. Impending extinction on North American freshwater mussels (Unionidae) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion // J. Anim. Ecol. V. 67. № 4. P. 613-619.
- Sarkany-Kiss A. 1997. The present day situation of the Unionidae (Mollusca: Bivalvia) in the Transilvanian tributaries of the Tisa river (Romania) // Trav. Mus. hist. natur. «Gr. Antipa». V. 37. P. 213-223.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛУТАТИОНОВОГО ЗВЕНА АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ В ПЕЧЕНИ КРЫС ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТИОКТОВОЙ И АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТ**

Л.В. Матасова, А.В. Волоскова, Т.Н. Попова, А.Д. Петлякова  
Воронежский государственный университет, 394006 г. Воронеж,  
e-mail: voloskova@bio.vsu.ru

В настоящее время многие авторы к агентам, влияющим на биологические системы разного уровня, относят активные формы кислорода. Известно, что данные метаболиты играют значительную роль в развитии ряда патологических состояний млекопитающих, в том числе и заболеваний печени. Поэтому весьма актуальным является поиск новых эффективных антиоксидантов, ограничивающих реакции образования свободных радикалов. Хорошо изучено положительное влияние ацетилсалициловой (АСК) и тиоктовой (ТК) кислот при различных патологиях, однако данных об их гепатопротекторном действии недостаточно. В связи с этим интерес представляет изучение влияния этих кислот на активность антиоксидантных ферментов при токсическом поражении печени. В качестве объекта исследования использовали самцов белых лабораторных крыс (*Rattus rattus* L.) массой 150-200г. Для создания модели экспериментально токсического гепатита (ЭТГ) животным вводили  $CCl_4$ . ТК в дозе 16 мг/кг массы тела, а АСК в дозе 75 мг в сутки вводили в течение 3 дней. Результаты исследования показали, что у животных с токсическим поражением печени активность ГР и ГП, выраженная в ФЕ/г сырой массы, возрастила в 1.5 и 4.6 раза соответственно и сопровождалась повышением уровня восстановленного глутатиона. Вероятно, в данном случае интенсификация функционирования ГР/ГП системы происходила в ответ на развитие окислительного стресса, вызванного патологическим со-

стоянием. Однако под действием **ТК** и **АСК** на фоне развития токсического гепатита происходило значительное снижение активности ферментов. Причем, если при введении **ТК** крысам с пораженной печенью активность ГР и ГП изменялась в сторону нормы, но не достигала уровня активности у интактных животных, то введение **АСК** приводило к снижению активности этих ферментов до контрольных значений. Снижение активности ГР и ГП в гомогенате печени крыс, подвергнутых токсическому гепатиту, при введении **ТК** и **АСК** было сопряжено также с падением содержания глутатиона по сравнению с группой животных с пораженной печенью, которым эти соединения не вводились. Таким образом, проведенные исследования показали, что **ТК** и **АСК** оказывают позитивный эффект на состояние печени, вероятно, подавляя реакции свободнорадикального окисления, что приводит к снижению интенсивности функционирования глутатионового звена антиоксидантной защиты.

## ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭМБРИОГЕНЕЗ *LYMNAEA STAGNALIS L. И RANA TEMPORARIA L.*

О.Б. Мелащенко

Калининградский государственный университет, 236000 г. Калининград

Изучение влияния химических соединений на биогенные циклы, проходящие в различных группах животных, является актуальным в связи с увеличением антропогенного воздействия на экосистемы. Наиболее значительное влияние химические соединения оказывают на организмы в критические стадии развития. Влияние токсических соединений, в том числе и тяжелых металлов, изучается на животных разных таксономических групп. Интерес вызывают исследования, позволяющие сравнить влияние солей тяжелых металлов на отдельные стадии эмбриогенеза у позвоночных и беспозвоночных животных. Цель проведенного исследования - выявить влияние солей меди и цинка на эмбриогенез *Lymnaea stagnalis* L. и *Rana temporaria* L.

Экспериментальный материал - кладки, был получен в лабораторных условиях от производителей, изъятых из природных популяций. Родительские особи *L. stagnalis* содержались в лаборатории по стандартной методике (Астауров, 1975). Особи *R. temporaria* отловлены в момент начала процесса икрометания, по окончании которого возвращены в водоем. Полученные кладки *L. stagnalis* размещались в чашки Петри по 10 штук, икра *R. temporaria* помещалась в емкости объемом 0.5 литра по 60 штук. Исследовалось влияние 9 сред следующих концентраций:  $\text{CuCl}_2$  0.02 мг/л, 0.01 мг/л, 0.005 мг/л;  $\text{CuSO}_4$  0.002 мг/л, 0.001 мг/л, 0.0005 мг/л;  $\text{ZnSO}_4$  0.1 мг/л, 0.025 мг/л, 0.05 мг/л.

Методы наблюдения и оборудование - стандартные (Астауров, 1975) Наблюдения проводились за 500 эмбрионами *L. stagnalis* и *R. temporaria*. Исследовались следующие критерии - выживаемость, длительность эмбриогенеза (по стадиям и общая), состояние оболочек кокона.

Полученные в ходе эксперимента данные позволили сделать следующие выводы. Соли цинка и меди оказывают влияние на эмбриогенез *L. stagnalis*. Установлена задержка эмбриогенеза, начиная с 21 стадии развития. Эмбрионы травяной лягушки более чувствительны к экспериментальным средам. Зафиксирована 100% гибель на 18-21 стадиях развития. Максимальная выживаемость эмбрионов прудовика отмечена в растворах  $\text{ZnSO}_4$ , концентрациями 0.025 мг/л и 0.05 мг/л. Высокая смертность наблюдалась в растворе  $\text{CuCl}_2$  концентрацией 0,02 мг/л. Эмбрионы лягушки во всех

экспериментальных средах погибли на 2-3 сутки от начала эмбриогенеза. Длительность эмбриогенеза прудовика соответствует стандартной в контроле и растворах солей  $\text{CuSO}_4$  - 0.0005 мг/л,  $\text{CuCl}_2$  – 0.005 мг/л,  $\text{ZnSO}_4$  - 0.025 мг/л. Задержка эмбриогенеза наблюдалась в растворе  $\text{CuCl}_2$  концентрацией 0.02 мг/л. Частичный лизис оболочки кокона в процессе эмбриогенеза прудовика наблюдался в растворах  $\text{CuSO}_4$  концентрацией 0.001 мг/л и  $\text{ZnSO}_4$  концентрацией 0.1 мг/л. В экспериментальных средах оболочки кладок травяной лягушки лизировались полностью.

## **РОЛЬ АНЕСТЕТИКОВ КАК ДИАБЕТОГЕННОГО ФАКТОРА У РЫБ**

А.Е. Микулин\*, Я. Коуржил\*\*, Ю.А. Микулина\*, Е.В. Микодина\*\*\*

\*Московский государственный университет технологий и управления,  
113149 г. Москва

\*\* Научно-исследовательский институт рыбоводства и гидробиологии Южно-Чешского университета, 38925 Чешская Республика, г. Водняны

\*\*\*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 107140 г. Москва, e-mail: physiology@vniro.ru

Гвоздичное масло (англ. - clove oil, eugenol) хорошо зарекомендовало себя как анестетик при кратковременных рыбоводных манипуляциях с разными видами рыб (Endo et al., 1972; Jolla, Mawdesley-Thomas, Bucke, 1972; Hikasa et al., 1986; Keene et al., 1998; Taylor, Roberts, 1999; Cho, Heath, 2000; Микодина и др., 2004; Коуржил и др., 2004). Однако влияние длительного содержания в растворах анестетиков на рыб ранее не было исследовано. Основой для проведения экспериментов такого рода послужило следующее.

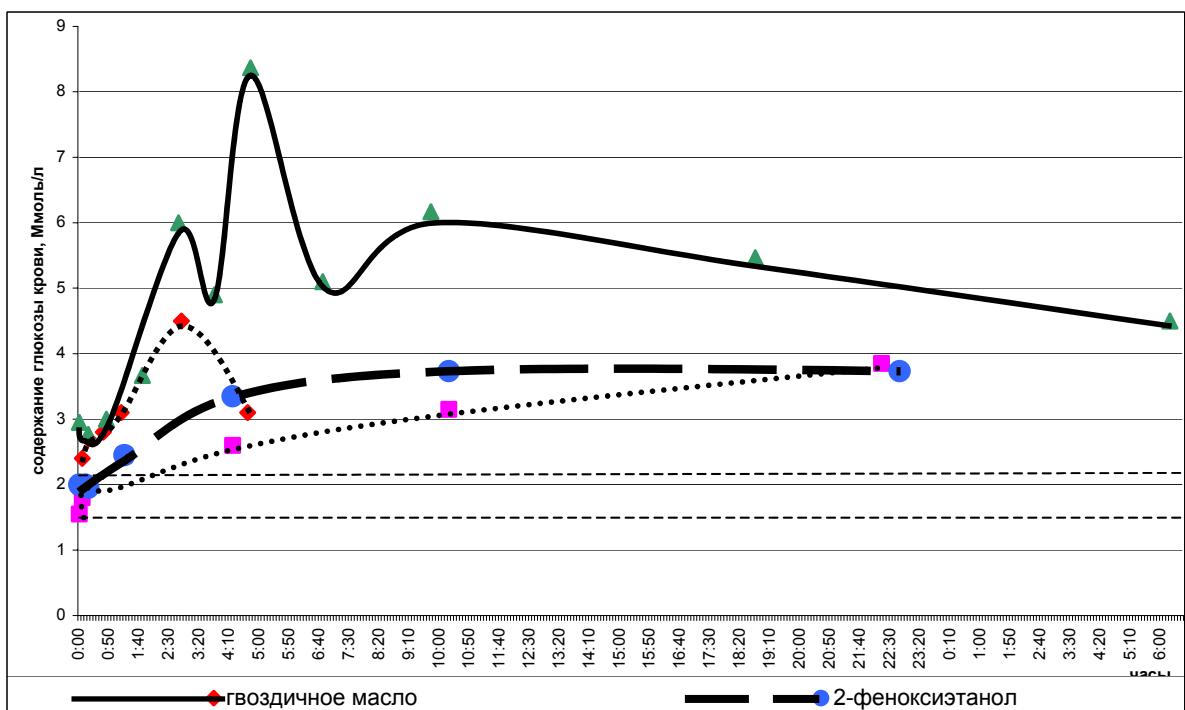
22 октября 2003 года нами была произведена перевозка 34-х производителей сахалинского тайменя *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856) в возрасте семи лет из Охотского лососевого рыболовного завода на ЛРЗ «Лесное» (Россия, Сахалинская область) с использованием анестетика «гвоздичное масло». Перед данной перевозкой была проведена анестезия сахалинского тайменя в гвоздичном масле при концентрации 0.02 мл/л и расчетной экспозиции 10 мин в бассейне объемом 300 л. Температура воды в бассейне с анестетиком 8.2°C. Все эти рыбы были заранее помечены путем ампутации жирового плавника.

После окончания анестезии всех рыб поместили в 2 транспортных контейнера объемом по 400 л каждый при температуре воды 8.2°C. В каждом контейнере имелось по одному аэратору. Время в пути составило 2 часа. К концу перевозки по техническим причинам содержание кислорода в воде снизилось до 4 мг/л. При этом, все рыбы непосредственно после перевозки остались живы, что продемонстрировало протекторный эффект гвоздичного масла и позволило рекомендовать его для транспортировки рыб. Однако, несмотря на совместное содержание привезенных тайменей и ранее имевшихся на ЛРЗ «Лесное», не подвергавшихся описанному воздействию анестетика, перевезенные с Охотского ЛРЗ рыбы погибли в течение 6 месяцев, покрывшись язвами, а таймины ЛРЗ Лесного остались живыми. При этом у оставшихся в живых двух тайменей перевезенных с Охотского завода содержание глюкозы в крови составило 4.5 и 7.7 Ммоль/л при норме 2.9 Ммоль/л.

Мы предположили, что причиной гибели тайменей явилось незаразное заболевание обменного характера, спровоцированное гвоздичным маслом, например, сахарный диабет. Интересно отметить, что и у человека начальным толчком к развитию инсулинзависимого диабета I типа обычно является резкий или продолжительный стресс на фоне гиподинамии.

Для проверки этой гипотезы, проведены исследования влияния растворов гвоздичного масла и 2-феноксиэтанола на содержание глюкозы в крови сеголетков кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1972) при имитации их транспортировки в пресной воде с добавлением в нее этих препаратов. Рыб перед этим экспериментом предварительно анестезировали в течение 10-15 минут гвоздичным маслом с концентрацией его 0.006-0.007 мл/л или 2-феноксиэтанолом с концентрацией 0.33 мл/л. После чего перемещали их в растворы соответствующих анестетиков, разбавленные в 10 раз пресной водой для пролонгирования процесса сна рыб и имитировали транспортировку.

Показано (рис.), что в этих условиях как гвоздичное масло в концентрации 0.0006-0.0007 мл/л, так и 2-феноксиэтанол в концентрации 0.033 мл/л резко повышают (в 2-4 раза) содержание глюкозы в крови подопытных рыб. Следует отметить, что кратковременное обездвиживание сеголетков кижуча этими анестетиками не приводит к повышению глюкозы в крови, как в процессе сна, так и после их пробуждения в пресной воде.



**Рис. Влияние растворов гвоздичного масла и 2-феноксиэтанола на содержание глюкозы в крови сеголетков кижуча. Примечание: пунктирумыми линиями отмечен диапазон содержания глюкозы в крови сеголетков кижуча в норме.**

Таким образом, продолжительное содержание рыб в заторможенном состоянии в растворах исследованных анестетиков приводит их к гипергликемии, что является одним из главных симптомов сахарного диабета.

На основании полученных данных мы считаем, что применение анестетиков нежелательно при длительной перевозке рыб, так как это резко повышает содержание глюкозы в крови транспортируемых рыб. По-видимому, именно эта причина вызвала отдаленные последствия в виде развившегося диабета у рыб с появлением трофических язв на их теле и последующей гибелью.

#### Список литературы

Коуржил Я., Гамачкова И., Ступка З. и др. 2004. Влияние температуры на чувствительность севрюги (*Acipenser stellatus*) к анестезирующему действию гвоздичного масла // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. Астрахань. С. 184-186.

Микодина Е.В., Микулин А.Е., Коуржил Я., Любаев В.Я. 2004. О новом анестетике «Гвоздичное масло» и его использовании при манипуляциях с белугой, амурским и сахалинским осетрами // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. Астрахань. С. 51-55.

Cho G.K., Heath D.D. 2000. Comparison of tricaine methanesulphonate (MS 222) and clove oil anaesthesia effects on the physiology of Juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum) // Aquacult. Res. V. 31 (6). P. 537-546.

Endo T., Ogihima K., Tanaka H., Oshima S. 1972. Studies on the anaesthetic effect of eugenol in some fresh water fishes // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. V. 38. P. 761-767.

Hikasa Y., Takasa K., Ogasawara T., Ogasawara S. 1986. Anaesthesia and recovery with tricaine methanesulphonate, eugenol and thiopental sodium in the carp, *Cyprinus carpio* // Jap. J. Vet. Sci. N. 48. P. 341 - 351.

Jolla D.W., Mawdesley-Thomas L.E., Bucke D. 1972. Anaesthesia of fish // Veterinary Record. V. 91. P. 424-426.

Keene J.L., Noakes D.L.G., Moccia R.D., Soto C.G. 1998. The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout; *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) // Aquacult. Res. V. 29. P. 89-101.

Taylor P. W., Roberts S. D. 1999. Clove oil: An alternative anaesthetic for aquaculture // North Am. J. Aquacult. N. 61. P. 150-155.

## **ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ГЕПАРИНА И ИНСУЛИНА НА СОДЕРЖАНИЕ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ МОЛОДИ КИЖУЧА**

А.Е. Микулин, Е.С. Кочергина

*Московский государственный университет технологий и управления,  
113149 г. Москва, e-mail: physiology@vniro.ru*

Необычайно интересным представляется проведение физиологических экспериментов на рыбах, как объектах наиболее доступных и неприхотливых в содержании. Особый интерес представляют исследования в области эндокринологии (Кузьмина, 1970; Плисецкая, 1975; Микряков, Микряков, 2002), а именно изучения процессов возникновения, протекания и лечения диабета. При этом необходимо знать, сколь адекватно холоднокровные рыбы реагируют на гормоны теплокровных животных.

Для экспериментов использовали холодолюбивых рыб – диких кижучей (*Oncorhynchus kisutch*) 13-15 см длиной, пойманых 13.06.02. в водной системе реки Ударница, расположенной на юго-востоке Сахалина. Кроме этого материалом служили сеголетки кижуча массой 3-7 г, полученные с Охотского лососевого рыболовного завода. Перед экспериментами рыбы прошли 10-дневную предэкспериментальную голодовку.

Рыbam вводили внутримышечно 0.1%-ный раствор гидрохлорида адреналина в количествах: 0.025, 0.05, 0.125 и 0.5 мл, инсулин (актрапид 100 МЕ/мл) по 0.05 мл на рыбу; гепарин (5000 МЕ/мл) по 0.02 мл на каждую инъекцию. Инъекцию осуществляли в спинную мышцу под спинным плавником.

Кровь брали из хвостовой артерии после ампутации хвоста. Концентрацию глюкозы в крови измеряли на глюкометре Basic<sup>tm</sup> Plus.

Эффекты воздействия адреналина на организм молоди кижуча наблюдаются через 30 минут, что указывает на его идентичность в пределах позвоночных. Сначала белеет участок спины в районе места укола, далее с той же стороны светлеет голова, после чего светлеет и противоположная сторона рыбы. Это указывает на воздействие адреналина на хроматофоры. Минимальная концентрация для рыб массой 19.2-23.8 г, вызывающая контракцию меланофоров составляет 0.02 мл 0.1%-ного адреналина.

Однако анализ крови из хвостовой артерии не обнаружил какого-либо повышения в ней содержания глюкозы у исследованных рыб.

Для выявления промежутка времени оптимального для воздействия адреналина на содержание глюкозы в крови сеголеткам кижуча инъецировали внутримышечно по 0.05 мл 0.1%-ного гидрохлорида адреналина и измерили содержание глюкозы в крови через определенный интервал времени.

Установлено (табл. 1), что адреналин, инъецированный в мышцу сеголеткам кижуча массой 3.5-6.1 г, начинает действовать только через 30 минут и достигает своего максимума воздействия через 50 минут, повышая содержание глюкозы в крови этих рыб менее чем в 2 раза, что указывает на весьма ограниченный у них запас гликогена в печени и мышцах.

**Таблица 1. Время необходимое для воздействия инъекций адреналина на содержание глюкозы в крови сеголетков кижуча**

№ рыбы	Масса рыбы, г	Время после инъекции адреналина, мин	Содержание глюкозы, ммоль/л
1	3.51	5	2.1
2	5.11	15	2.1
3	4.13	30	2.5
4	6.11	50	4.1
5	3.37	75	3.0
6	4.78	105	3.0
контроль	6.71		2.2

**Таблица 2. Влияние гепарина на активность адреналина и инсулина по отношению к содержанию глюкозы в крови сеголетков кижуча**

Масса рыбы, г	Инъекции	Содержание глюкозы в крови, ммоль/л
<u>5.69±0.48</u> 4.75-6.76	0.05 мл адреналина	<u>3.35±0.16</u> 3.0-3.7
<u>4.68±0.36</u> 3.33-5.25	0.05 мл адреналина + 0.02 мл гепарина	<u>3.98±0.37</u> 2.6-4.8
<u>6.07±0.48</u> 5.59-6.54	0.05 мл инсулина	<u>2.15±0.05</u> 2.1-2.2
<u>5.41±0.26</u> 4.67-5.92	0.05 мл инсулина+0.02 мл гепарина	<u>2.0±0.1</u> 1.9-2.1
<u>4.22±0.05</u> 4.12-4.29	0.05 мл адреналина+0.05 мл инсулина	<u>2.63±0.15</u> 2.4-2.9
<u>4.48±0.14</u> 4.34-4.61	0.02 мл гепарина	<u>2.2±0.1</u> 2.1-2.3
<u>5.94±0.35</u> 4.79-6.95	контроль	<u>2.41±0.10</u> 2.2-2.9

*Над чертой – средняя и ошибка средней, под чертой – пределы вариирования.*

Инъекция сеголеткам кижуча массой 4-6 г 2 ед. инсулина (актрапид, 100 МЕ/мл) не оказала через 15 и 25 минут какого-либо воздействия на содержание глюкозы в их крови. Нами исследовано влияние гепарина на активность адреналина и инсулина по отношению к содержанию глюкозы в крови сеголетков кижуча (табл. 2). Этот показатель определяли через 50 минут после инъекции испытуемых препаратов.

Из рассмотрения результатов данной таблицы можно сделать ряд выводов. Так, через 50 минут после введения сеголеткам кижуча только гепарина, только инсулина и, особенно, инсулина с гепарином происходит снижение концентрации глюкозы в крови этих рыб. Адреналин повышает содержание глюкозы в крови кижуча, особенно в присутствии гепарина. Диапазон изменений содержания глюкозы в крови у сеголетков кижуча крайне небольшой при любых воздействиях гормональными препаратами на рыбу, что указывает на низкое содержание гликогена в печени и мышцах этих рыб.

Полученные данные указывают, что у рыб, как и у теплокровных животных (Балаболкин и др., 1990), гепарин играет важную роль как в активации действия адреналина в выбросе в кровь глюкозы из печени и мышц, так и инсулина - в утилизации глюкозы.

Считаем, что рыб можно использовать в физиологических экспериментах с применением вышеуказанных гормонов теплокровных животных, учитывая при этом, что эффекты действия гормонов в данном случае наступают позднее, чем у теплокровных животных (Плисецкая, 1975).

### **Список литературы**

Балаболкин М.И., Кудряшов Б.А., Левитская З.И., Ляпина Л.А., Ульянов А.М. 1990. С-пептид, диабетогенный фактор и противосвертывающая система крови больных инсулин-зависимым типом сахарного диабета до и после гепаринтерапии // Проблемы эндокринологии. Т.36. № 1. С. 25-28.

Кузьмина В.В. 1970. Влияние инсулина на обмен веществ пресноводных костищевых рыб. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Горький. 24 с.

Микряков Д.В., Микряков В.Р. 2002. Влияние гидрокортизона на антителообразовательную функцию иммунной системы карпа (*Cyprinus carpio*) // Вопр. ихтиол. Т. 42. № 6. С. 820-824.

Плисецкая Э.М. 1975. Гормональная регуляция углеводного обмена у низших позвоночных. Л.: Наука, 189 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ОСМОРЕГУЛЯЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОРБУШИ ПРИ ИХ ПЕРЕХОДЕ ИЗ МОРСКОЙ СРЕДЫ В ПРЕСНУЮ**

А.Е. Микулин\*, В.Я. Любаев\*\*

\*Московский государственный университет технологий и управления, 113149  
г. Москва, e-mail: physiology@vniro.ru

\*\*ООО «Салмо», 693006 г. Южно-Сахалинск, e-mail: valtan1@mail.ru

Известно, что к концу нерестового сезона резко возрастает процент самок дальневосточных лососей с многочисленными аномальными ооцитами (неспособными к оплодотворению) – «мелкий горох», и повышенным содержанием в гонадах овариальной жидкости (Гриценко и др., 2001; Микулин и др., 2003; Mikulin, Lyubaeva, 2003). Эти данные дали основание полагать, что причиной образования «мелкого гороха» у таких самок является избыточная оводненность их гонад.

Проведенные нами исследования по инкубации (*in vitro*) ооцитов в среде с пониженной концентрацией поваренной соли, показали, что при концентрации соли ниже 5‰ из нормальных ооцитов возникает «мелкий горох», что дает основание предполагать несовершенство осморегуляторной системы дальневосточных лососей при переходе их из морских вод в пресные.

У проходных рыб при их переходе из морской среды в пресную происходит смена типа водно-солевого обмена: с потребления морской воды и выделения солей к выделению самой воды (Смит, 1986). Поскольку дальневосточные лососи при переходе из моря в пресные воды перестают питаться, изменения их массы может происходить, либо в результате расходования запасных веществ, либо в результате несовершенства водно-солевого обмена.

Нами осуществлен биологический анализ производителей горбуши, идущей на нерест в реку Очепуха острова Сахалин. Исследованы рыбы, пойманные в море недалеко от устья реки, и в ее нижнем течении - в 300-400 м от впадения в море. Здесь производители отстаиваются после захода в реку. Кроме этого, использованы рыбы, выловленные в 4 км от устья реки на забойке лососевого рыбоводного завода (ЛРЗ) Лесное.

Сравнение рыб, выловленных в море и нижнем течении реки, указывает на наличие различий в средней массе тела (полней - Q, и порки, т.е. без внутренностей - q), как у самок, так и у самцов. Так у самок средняя масса (Q) тела при переходе из моря в реку возрастает на 3.1%, а средняя масса порки (q) на 2.73%, у самцов Q - на 1.28%, q - на 1.26%. Отмечено увеличение коэффициента упитанности ( $K_{уп.} = QX100/l^3$ ) у рыб, перешедших из моря в реку (у самок на 3%, а у самцов более чем на 7%). В дальнейшем, по мере продвижения рыб к верховьям реки, наблюдается уменьшение этого показателя.

Вышеизложенные данные указывают на несовершенство осморегуляторного механизма у дальневосточных лососей. Видимо, именно для предотвращения проникновения воды в организм у них редуцируется пищеварительная система и утолщается кожа, в связи с чем чешуя погружается в нее. У самок не происходит утолщения кожи и, следовательно, должен существовать иной механизм удаления излишней жидкости из тела и, особенно, из гонад. Возможно, с последним связано наличие у самок гонад открытого типа, в то время как у самцов они закрытого типа, что свойственно подавляющему большинству костистых рыб.

Введение окрашенной жидкости, как в полость тела самки, так и ее яичники во время пресноводной нерестовой миграции приводит к выведению ее из организма через 10-15 минут. Эти данные дают основания полагать, что открытый тип яичников у лососевых рыб связан именно с необходимостью удаления избыточной жидкости при ее попадании в организм самок при несовершенстве осморегуляции этих рыб в пресноводный период их преднерестовой миграции.

Вероятно, у части самок все-таки происходит оводнение тела, в том числе и гонад, приводя к образованию «мелкого гороха».

#### Список литературы

Гриценко О.Ф., Микулин А.Е., Любашев В.Я., Пукова Н.В., Новиков А.В. 2001. Аномальные икринки в яичниках зрелой кеты // Рыбное хозяйство. Аналитическая и реферативная информация. Серия: Воспроизводство и пастбищное выращивание гидробионтов. Вып. 1. С. 37-51.

Микулин А.Е., Любашева Т.Н., Любашев В.Я. 2003. Причины возникновения аномальных ооцитов типа «горох» в гонадах самок дальневосточных лососей // Тез. докл. международного симпозиума «Холодноводная аквакультура – старт в XXI век». Россия, СПб. С. 93.

Смит Л.С. 1986. Введение в физиологию рыб. М.: Агропромиздат, 170 с.

Mikulin A.E., Lyubaeva T.N. 2003. Problems of artificial rearing of pacific salmons associated with the occurrence of abnormal oocytes in mature ovaries of females // Realising The Potential: Responsible Aquaculture For A Secure Future. Books of Abstract of World Aquaculture Symposium, Salvador, Brasil. V.1. Bahia Convention Center, Salvador, Brasil. P.486.

**РОЛЬ КОРМЛЕНИЯ В СМОЛТИФИКАЦИИ МОЛОДЫХ ГОРБУШИ  
*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM)**

А.Е. Микулин\*, Ю.А. Микулина\*, В.Я. Любаев\*\*, К.А. Князева\*\*,  
А.А. Мартыненко\*\*

\*Московский государственный университет технологий и управления,  
113149 г. Москва, e-mail: physiology@vniro.ru

\*\*Лососевый рыбоводный завод «Лесное» ООО «Салмо», 693006  
г. Южно-Сахалинск, e-mail: valtan1@mail.ru

Несомненно, кормление молоди в заводских условиях позволяет более точно приурочить выпуск ее с завода к оптимальным условиям существования горбуши в естественных условиях среды (Канидьев и др., 1970; Тагмазьян, 1974; Хоревин и др., 1981; Гамыгин, 1987; Кинас, 1988). Однако остается неясным, сколь необходимо кормление для ее успешной смолтификации и перехода в морскую среду.

Сбор материала осуществляли с апреля по июнь 2004 г. на юго-востоке острова Сахалин на базе лососевого рыбоводного завода «Лесное» (ООО «Салмо»). Для сравнения использовали: молодь горбуши с небольшим желточным мешком от начала закладки икры на заводе (партия 1), оплодотворение которой осуществлено 21.08.03; молодь горбуши со средними размерами желточного мешка от середины закладки икры (партия 10), оплодотворение которой осуществлено 12.09.03; а также молодь горбуши с большим желточным мешком от конца закладки икры (партия 20), оплодотворение которой осуществлено 01.10.03 г.

Как известно, морские рыбы пьют воду, а пресноводные – выделяют (Смит, 1986). Следовательно, эффективность осморегуляции молоди дальневосточных лососей можно оценить не только по интенсивности гибели, но и по изменению массы рыбы в различной солености (Микулин и др., 2001; Любаев, Микулин, Старостина, 2004; Любаев, Микулин, Старостина и др., 2004). Этот метод использован нами в настоящей работе.

Для оценки степени готовности молоди горбуши к существованию в морской воде мы использовали такие критерии, как выживание и изменение водности организма в пресной и морской среде. Рыбу целиком и отдельно желточный мешок взвешивали на весах, предварительно удаляя воду, с точностью до 0.0001 г.

Исследовали по 10 рыб в пяти повторностях в пресной воде и в морской через 96 часов с момента помещения рыб в нее. Для кормления молоди горбуши использовали гранулированный корм ALLER AQUA (фракция 00G).

Нами произведено исследование изменений способности удерживать воду в теле покатника горбуши на разных стадиях постэмбрионального развития в морской среде относительно пресной при голодании и в условиях подкармливания молоди. Установлено, что (рис. 1), до возраста 640–650 градусодней свободные эмбрионы горбуши с желточным мешком, составляющим не менее 11.5% от общей массы рыбы, в морской воде за 96 часов теряют свыше 10% своей массы. В возрасте менее 445 градусодней они в пресной воде лежат на боку на дне. В морской воде их желток становится жестким, и они полностью все погибают. В возрасте 445–635 градусодней молодь также лежит на дне, однако, в морской воде за 96 часов она частично становится на плав. У молоди оставшейся лежать на дне желток становится жестким и она погибает. Гибель молоди горбуши этого возраста в морской воде на 4–6 суток составляет до 40%. Молодь более старшего возраста в пресной воде вся становится на плав и в морской воде практически не гибнет, увеличивая способность в этой среде удерживать в своем теле воду. Таким образом, критерием готовности к переходу в морские воды у молоди горбуши является ее становление на плав.

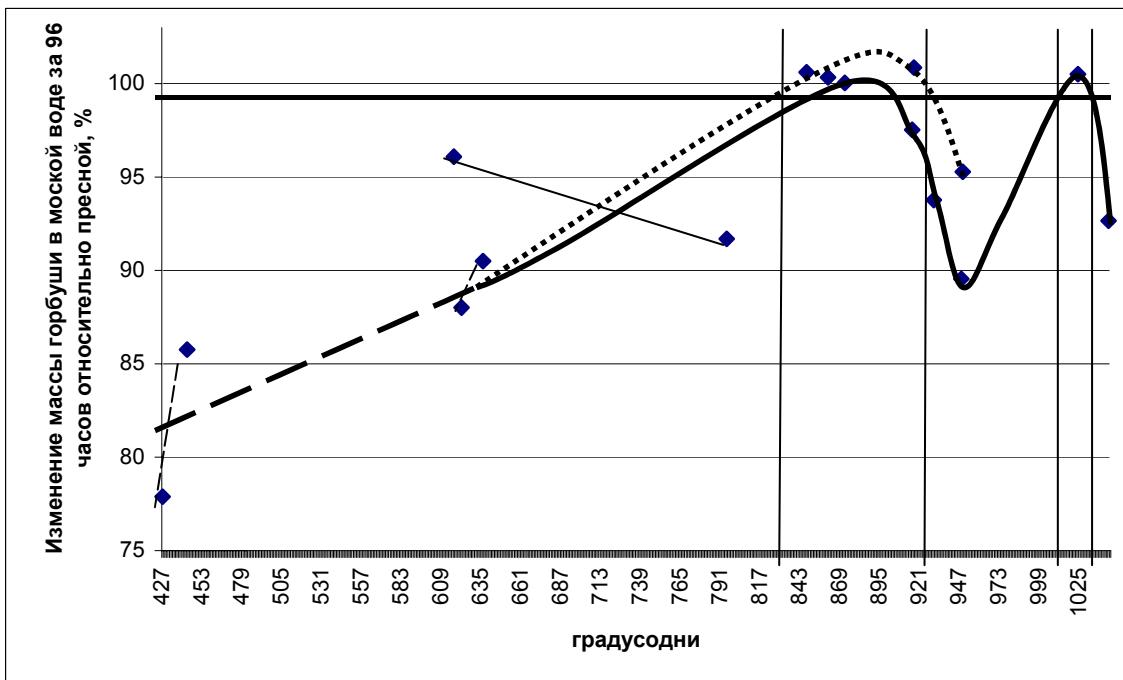


Рис. 1. Изменение способности удерживать воду в теле покатника горбуши в морской среде при голодании и при кормлении. Примечания: пунктирная - сопровождающаяся гибелем молоди; сплошная и точками - способны к смолтификации; сплошная - после кормления; точками - в процессе резорбции желтка и голодания.

Молодь горбуши способна полностью удерживать воду в морской среде в возрасте 830–930 градусодней, причем накормленная молодь в меньшей степени, чем голодная. Далее, как голодная, так и накормленная молодь снижает способность удерживать в своем теле воду в морской среде, причем при продолжении кормления молодь горбуши вновь способна удерживать воду в своем организме в морской среде в возрасте 1015–1035 градусодней. При голодании молодь сохраняет способность к жизни в морской воде свыше месяца с момента поднятия их на плав (Любаев и др., 2005).

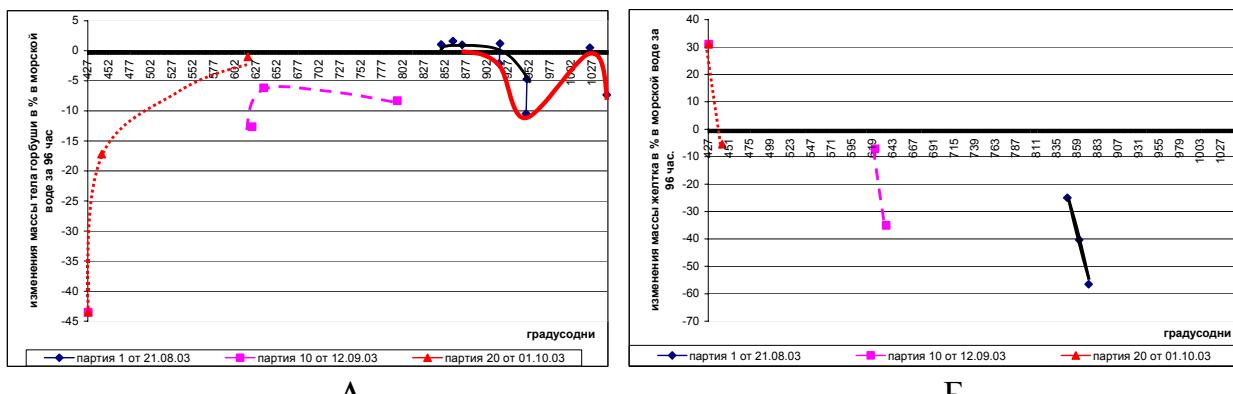


Рис. 2. Изменение массы собственно тела (А) и желточного мешка (Б) молоди горбуши, помещенной в морскую среду. Обозначения как на рис. 1.

Следует отметить, что потеря массы молодью в морской воде происходит, как за счет веществ желтка, так за счет влаги собственно тела рыбы (рис. 2). При этом в морской среде у молоди горбуши до становления ее на плав желток или разбухает, или мало изменяется в массе, у молоди рыб, вставших на плав, желток теряет свою

массу в процентах к его массе в пресной воде, причем в большей степени (рис. 2Б) по мере его резорбции. В свою очередь, потери влаги собственно телом горбуши в морской среде относительно пресной уменьшаются по мере развития рыбы вплоть до полного удержания влаги организмом (рис. 1 и 2А).

Таким образом, подкармливание молоди горбуши на рыбоводных заводах в пресноводный период их жизни не является обязательным и не способствует улучшению их смолтификации.

### **Список литературы**

Гамыгин Е.А. 1987. Корма и кормление рыб. Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ. Вып. 1. С. 1-82.

Канидьев А.Н., Костюнин Г.М., Салмин С.А. 1970. Заводское разведение горбуши и кеты как способ повышения запасов лососей Сахалина // Вопр. ихтиологии. Т. 10. Вып. 2. С. 430-437.

Кинас Н.М. 1988. Качественная характеристика покатной молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) реки Утка (юго-западное побережье Камчатки) // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 3. С. 404-409.

Любаев В.Я., Микулин А.Е., Старостина Ю.В. 2004. Оценка влияния на смолтификацию сеголетков кижучка кормов с разным содержанием углеводов // Тез. межд. науч. конф. «Проблемы естественного и искусственного воспроизводства рыб в морских и пресноводных водоемах». Ростов-на-Дону. С. 85-87.

Любаев В.Я., Микулин А.Е., Старостина Ю.В., Самсонова М.В., Лаптева Т.И. 2004. Изменение массы тела и биохимического состава сеголетков кеты при смене среды обитания // Совр. пробл. физиологии и биохимии водных организмов. Мат. межд. конф. Петрозаводск. С. 87.

Любаев В.Я., Князева К.А., Дубровская В.Е., Федорова Л.К. 2005. Влияние кормления молоди горбуши в пресной воде на ее темп роста в морской среде // См. статью в настоящем сборнике.

Микулин А.Е., Любаев В.Я., Смирнов Б.П. 2001. Адаптационные возможности молоди кижучка к соленой воде // Морфологические и физиологические особенности гидробионтов. М.: ВНИРО. С. 44-52.

Смит Л.С. 1986. Введение в физиологию рыб. М.: Агропромиздат, 170 с.

Тагмазьян З.И. 1974. Питание хищных рыб покатной молодью горбуши в реках Сахалина // Известия ТИНРО. Т. 69. С. 65-76.

Хоревин Л.Д., Руднев В.А., Шершнев А.П. 1981. Выедание хищными рыбами молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в период ската из небольшой нерестовой реки о-ва Сахалин // Вопр. ихтиологии. Т. 21. Вып. 6. С. 1116-1022.

### **ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ КРОЛИКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ**

С.М. Минасян, Ц.И. Адамян, Э.С. Геворкян, В.П. Калантарян, К.А. Киракосян  
Ереванский государственный университет, 375025 Армения, г. Ереван,  
*e-mail: anatom@ysu.am*

Развитие телевидения, радиосвязи, радиолокации, широкое применение источников электромагнитного излучения в науке и медицине обусловили систематическое воздействие последних на значительный контингент населения. Наиболее чувстви-

тельными к влиянию электромагнитных излучений являются центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. Исходя из малоизученности состояния системы крови интактных животных в настоящей работе исследовано влияние излучений крайне высоких частот (**КВЧ**) на показатели периферической крови кроликов. Облучение животных осуществлялось генератором Г-4-141 с расстояния 13 см в течение 30 дней. Плотность мощности сигнала не превышала 10 мВт/см<sup>2</sup> частота – 43.3 ГГц, длина волны 6.92 мм. Показатели периферической крови обследовались на 5, 10, 15, 20, 25 и 30 дни воздействия волн **КВЧ**, а также спустя месяц после его прекращения. На 5-ый день облучения наблюдался гипохромный сдвиг показателей красной периферической крови: количество эритроцитов выраженным изменениям не подвергалось, хотя уровень гемоглобина понижался, что обусловливало уменьшение цветного показателя до 95.9%. Количество лейкоцитов в указанный срок снижалось до 73.17%. После 10-и дневного воздействия волн **КВЧ** наблюдалось нормохромное понижение количества эритроцитов и гемоглобина до 81.33% и 83.58% соответственно. Количество же лейкоцитов незначительно повышалось. На 15, 20, 25 и 30 дни исследований выше указанные показатели существенных изменений, по сравнению с их уровнем на 10 день исследований, не претерпевали.

Через месяц после прекращения облучения в картине периферической крови наблюдалась тенденция к возвращению всех исследованных показателей к исходному уровню.

Анализ полученных данных свидетельствует, что электромагнитные волны миллиметрового диапазона, воздействуя на механизмы пролиферации и созревания ростка костного мозга материнских клеток интактных животных оказывают подавляющее влияние на гемопоэз организма. Обсуждаются физиологические механизмы наблюдаемых изменений.

## ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ

А.К. Минеев

Институт экологии Волжского бассейна РАН, 445003 г. Тольятти,  
e-mail: [ecolog@attack.ru](mailto:ecolog@attack.ru)

Многообразие функций крови – одной из дифференцированных реактивных тканей – поставило её в ряд ценных индикаторов состояния особи. Многочисленными исследованиями показано, что кровь и сердечно-сосудистая система рыб подвергаются выраженным функциональным расстройствам и патологическим изменениям при воздействии на них различными ядами (Терсков, Гительзон, 1957; Вернидуб, 1959; Крылов, 1962, 1965, 1974). Известно, что рыбы очень чувствительны к содержанию в воде химических агентов и отвечают на их присутствие изменениями как в белой, так и в красной крови (Житенёва и др., 1997).

Среди всех рыб, обследованных в 2004 г., обнаружено всего 8.53±2.47% особей, не имеющих клеточных патологий, в крови 48.84±4.42% рыб присутствовал один вид клеточных патологий, а 42.64±4.37% особей являлись носителями двух и более нарушений клеток красной и белой крови (табл.). Значения данных показателей очень высоки, что свидетельствует о неблагополучии и резком хроническом антропогенном стрессе рыбных популяций Саратовского водохранилища. Среди окуня здоровых рыб (по данному признаку) обнаружено не было.

**Таблица. Встречаемость рыб разных видов с патологиями клеток крови в 2004 г.**

Виды рыб		Количество исследованных особей (n)	Доля особей без клеточных патологий (%)	Доля особей с одним видом клеточных патологий (%)	Доля особей с несколькими видами клеточных патологий (%)
Карповые	Лещ	33	9.09±5.08	36.36±8.50	54.55±8.80
	Синец				
	Густера				
Окунеобр.	Окунь	9	0.00	55.56±17.57	44.44±17.57
	Ротан*	50	4.00±2.80	48.00±7.14	48.00±7.14
	Кругляк*	37	16.22±6.14	59.46±8.18	24.32±7.15
Всего		129	8.53±2.47	48.84±4.42	42.64±4.37

**Примечание:** \* – биоинвазийные виды рыб.

Наибольшее количество особей без клеточных патологий – 16.22±6.14% зафиксировано среди бычка-кругляка, который является вселенцем. У него же наблюдается самый низкий процент особей с двумя и более клеточными патологиями – 24.32±7.15%.

У остальных видов рыб доля особей с двумя и более клеточными патологиями очень высока. Всего обнаружено 12 видов клеточных патологий. Десять из двенадцати нарушений встречены в крови ротана-головешки и карповых рыб (лещ, синец, густера). По 5 видов клеточных патологий обнаружено у окуня и бычка кругляка.

Более половины (50.26±3.63%) всех встреченных нарушений приходится на долю деформаций клеток крови. Часто встречаются пристеночные ядра, вакуолизация клеток – по 10.47±2.22%, и вздутия клеток крови – 8.90±2.07%. Остальные виды клеточных аномалий встречаются единично.

Полученные в 2004 г. данные по параметрам крови аборигенных рыб и рыб-вселенцев позволяют утверждать, что рыбы всех обследованных видов находятся в состоянии хронического антропогенного стресса, сформировавшегося под действием комплекса неблагоприятных факторов. Однако, среди рыб-вселенцев доля особей, здоровых по многим гематологическим параметрам заметно выше, чем у аборигенных карповых рыб и окуня, что объясняется их высокой экологической пластичностью и более высокой устойчивостью в неблагоприятных условиях.

### **Список литературы**

Вернидуб М.Ф. 1959. Влияние сточных вод газосланцевого производства на физиологические процессы и на развитие личинок молоди лосося // Материалы совещания по вопросам рыбоводства. М.: Мир. С.103-112.

Житенёва Л.Д., Рудницкая О.А., Калюжная Т.И. 1997. Эколо-гематологические характеристики некоторых видов рыб. Справочник. АзНИИРХ. Ростов-на-Дону, 149 с.

Крылов О.Н. 1962. Зависимость заболевания рыб на р. Каме и Камском водохранилище от гидрологических и гидрохимических факторов среды // Мат. XI науч. конф. Ленинградского ветеринарного института. Л. С. 36-42. – 1965. Токсическая водянка рыб реки Камы и Камского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 21 с. – 1974. Методические указания по гематологическому обследованию рыб в водной токсикологии. Л.: ГосНИИОРХ, 39 с.

Терсков Г.В., Гительзон И.И. 1957. Метод химических (кислотных) эритрограмм // Биофизика. Т. 2. Вып. 2. С. 247-268 с.

**ОЧИСТКА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА НАД-ЗАВИСИМОЙ  
МАЛАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ ИЗ ПЕЧЕНИ КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ  
ТОКСИЧЕСКИМ ГЕПАТИТОМ**

Е.В. Михайлова, Л.Н. Цветикова, Т.Н. Попова, Л.В. Матасова  
*Воронежский государственный университет, 394006 г. Воронеж,*  
*e-mail: lena-pena@rambler.ru*

Известно, что при гепатите наблюдается усиление свободнорадикальных процессов в тканях печени. Одним из механизмов уменьшения интенсивности процессов свободнорадикального окисления в митохондриях может служить ингибиование ключевых ферментов цикла трикарбоновых кислот (**ЦТК**), что приводит к снижению степени восстановленности переносчиков электротранспортной цепи митохондрий - основного источника активных форм кислорода. В этой связи вызывает интерес функционирование НАД-зависимой малатдегидрогеназы (КФ 1.1.1.37; НАД-МДГ), катализирующей в **ЦТК** обратимое превращение малата в оксалоацетат. Цитоплазматическая форма НАД-МДГ участвует в обеспечении транспорта метаболитов между клеточными компартментами. В качестве объекта исследования использовали самцов белых лабораторных крыс массой 200-250 г. Животные содержались на стандартном рационе вивария. Экспериментальный токсический гепатит (**ЭТГ**) создавали после суточной пищевой депривации путем однократного перорального введения  $\text{CCl}_4$  в дозе 64 мкл/100 г веса крысы в виде раствора в вазелиновом масле. С помощью гель-фильтрации на сефадексе G-25 и ионообменной хроматографии на ДЭАЭ-целлюлозе были получены частично очищенные ферментные препараты НАД-МДГ с удельной активностью 0.14 и 0.07 ФЕ/мг белка из печени контрольных и подвергнутых **ЭТГ** крыс соответственно. Активность НАД-МДГ из печени интактных крыс на всех стадиях очистки была выше ~ в 2 раза по сравнению с активностью фермента из печени животных с **ЭТГ**. Обнаружено, что при **ЭТГ** уменьшалось сродство НАД-МДГ к оксалоацетату и увеличивалось сродство к НАДН, однако не было выявлено отличий в величине pH-оптимума фермента из печени контрольных животных и крыс с **ЭТГ**. Тем не менее, активность фермента из пораженной печени в области pH<5.5 была выше активности фермента из печени контрольных животных, что может иметь значение при его функционировании в условиях ацидоза. Ионы  $\text{Mg}^{2+}$  являются активаторами фермента как в норме, так и при патологии. Наибольшая активация наблюдается в интервале концентраций  $\text{Mg}^{2+}$  0.5-1.5 ммоль/л. При добавлении ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в реакционную смесь наблюдается ингибиция НАД-МДГ, как в норме, так и при **ЭТГ**. По-видимому, снижение активности НАД-МДГ при **ЭТГ** может быть в определенной степени связано с конформационными изменениями молекулы фермента.

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЕЧЕНИ ПТИЦ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ  
ОСТРОГО ОДНОКРАТНОГО ПЕРЕГРЕВАНИЯ**

О.З. Мкртчан, Е.И. Антонова, Т.С. Чернявская  
*Омский государственный педагогический университет, 644099 г. Омск,*  
*e-mail: kafob@omgpi.omsk.edu*

Известно, что в настоящее время происходит усложнение среды обитания. Организм подвергается действию различных факторов физической, химической, биоло-

гической природы, поэтому актуализируется изучение закономерностей реакции тканевых компонентов органов на действие неблагоприятных факторов (Довганский, 1989; Козлов, 1993; Фишер, 1961; Шкурупий, 1989). Среди экстремальных абиотических факторов окружающей среды особое место принадлежит гипертермии. Биологические объекты подвергаются действию перегревания в жарких климатогеографических зонах, на промышленном производстве, в клинических и экспериментальных условиях. Изучение печени в таких условиях имеет огромное значение, т.к. этот орган является частью регуляторной системы, обеспечивающей выживаемость организма при действии различных повреждающих факторов (Алматов, 1994; Блюгер, 1989).

Изучению гистофизиологии печени в экстремальных температурных условиях посвящено достаточное количество работ. Однако выполнены они в основном на млекопитающих. Между тем, действие экстремальных температур проявляется в широком ряду позвоночных, в том числе у птиц.

Целью настоящей работы явилось изучение структурных показателей печени птиц в постнатальный период развития после однократного острого перегревания. В ходе реализации поставленной цели решались следующие задачи: 1) изучение структурных показателей печени птиц после однократного перегревания (определение диаметра и толщины стенок сосудов портального тракта и желчных протоков); 2) определение в сыворотке крови активности ферментов АлАт, АсАт.

Эксперимент поставлен на 16 птицах кросса «Смена-2», разводимых на птицефабрике «Сибирская» г. Омска на 30 сутки развития. Контрольную группу составили 6 цыплят, 10 – подвергались воздействию гипертермии.

Термальное воздействие проводили в воздуховентилируемой камере при температуре 42<sup>0</sup>С в течение 40 минут, с повышением ректальной температуры на 1.5-2<sup>0</sup>С, что соответствовало развитию теплового шока средней тяжести (Козлов, 1993). Декапитацию птиц проводили под легким эфирным наркозом. Материал для гистологических исследований фиксировали в 10% формалине, заливали в парафин. Срезы окрашивали гематоксилином Майера–эозином и по методу Ван-Гизон (Автандилов, 1990). В сыворотке крови определяли активность ферментов – показателей деструктивных изменений в печени – АлАт, АсАт. Статистическая обработка данных проводилась параметрическим методом, достоверность различий оценивалась по критерию Стьюдента.

Однократная тепловая нагрузка вызывает в печени птиц серию сосудистотканевых изменений с нарушением морфометрических показателей сосудов печеночного ацинуса. Отмечается увеличение внутреннего диаметра центральной вены ( $39.75\pm2.38$  в контроле,  $49.87\pm3.19$  в эксперименте), артериолы ( $7.19\pm0.99$  в контроле,  $9.81\pm0.76$  при гипертермии), желчного протока с  $5.8\pm0.32$  в контроле до  $9.04\pm0.49$  в эксперименте. Изменения диаметра сосудов сопровождаются изменениями толщины их стенки. Так у всех исследуемых сосудов печеночного ацинуса происходит увеличение этого показателя (табл. 1). Острое перегревание вызывает стойкое увеличение диаметра синусоидных капилляров во всех зонах исследования (табл. 1).

В ответ на изменения сосудов в паренхиме печени в области портального тракта отмечается лейкоцитарная инфильтрация с наличием очагов некрозов. Местами происходит частичное нарушение структуры паренхимы. Цитоплазма гепатоцитов просветляется и вакуолизируется. В некоторых гепатоцитах ядра находятся в состоянии кариопикноза или кариорексиса. Наблюдается цитолиз клеток. Некоторые синусоидные капилляры заполнены элементами крови.

В сыворотке крови значительно снижена активность АлАт и АсАт (табл. 2).

**Таблица 1. Морфометрические показатели сосудов печени кур после однократного моделирования теплового шока на 30 сутки постнатального онтогенеза**

Наименование показателей	Контроль	Гипертермия
Толщина стенок сосудов:		
-артериола	4.57±0.45	6.36±0.37*
-венула	3.15±0.23	4.55±0.54*
-центральная вена	2.96±0.14	5.41±0.65**
Диаметр синусоидных капилляров:		
-перипортальная зона	5.17±0.58	6.74±0.34*
-интермедиарная зона	5.19±0.64	6.27±0.43*
-перивенулярная зона	6.04±0.38	7.58±0.27**

*Примечание: \*P<0.05 \*\* P<0.01 по отношению к показателям контрольной группы.*

**Таблица 2. Активность аминотрансфераз крови после однократного моделирования теплового шока у кур на 30 сутки постнатального онтогенеза**

Наименование показателей	Контроль	Гипертермия
АлАт, моль./г/л	3.17±0.14	2.50±0.18**
АсАт, моль./г/л	3.18±0.13	2.44±0.18**

*Примечание: \*\* P<0.01 по отношению к показателям контрольной группы.*

Таким образом, общая однократная гипертермия вызывает значительные изменения структуры и морфометрических показателей печени. Это проявляется в увеличении просвета сосудов микроциркуляторного русла (центральной вены, артериолы, желчного протока и синусоидных капилляров), в набухании стенки сосудов. Снижена активность АлАт и АсАт.

#### Список литературы

- Автандилов Г.Г. 1990. Медицинская морфометрия. М.: Наука, 340 с.
- Алматов К.Т., Мусоев Х.Н., Кадирова З.Х. 1994. О фосфолипидном составе мембран митохондрий печени при тепловом стрессе // Вопр. мед. химии. № 2. С. 48-52.
- Блюгер А.Ф., Залцмане В.К., Карташова О.П. 1989. Ультраструктурная патология печени. Рига: Знание, 319 с.
- Довганский А.П., Курцер Б.М., Зорькина Т.А. 1989. Печень при экстремальных состояниях. Кишинев: Штиинца, 136 с.
- Козлов В.И. 1993. Патобиохимия и патология перегревания // Сб. науч. тр. Смоленского мед. ин-та. С. 87-88.
- Фишер А. 1961. Физиология и экспериментальная патология печени. Будапешт, Изд-во АН Венгрии, 320 с.
- Шкурупий В.А. 1989. Ультраструктура клеток печени при стрессе. Новосибирск: Наука, 144 с.

#### ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ НЕЙРОТОКСИЧЕСКОГО АНАЛОГА ДОФАМИНА 6-ГИДРОКСИДОФАМИНА И ЕГО ПРЕДШЕСТВЕННИКА L-ДОРА НА ОБОРОНИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЛОКОМОЦИЮ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ

Л.Н. Муранова, Г.М. Залалетдинова, Х.Л. Гайнутдинов  
*Казанский физико-технический институт КНЦ РАН, 420029 Казань,*  
*e-mail: m.luda@rambler.ru*

Многие заболевания нервной системы у человека связаны с неадекватными условиями среды и чрезмерными по своему выражению адаптивными или защитными

реакциями. Интерес к изучению дофамина мозга и механизмов центральной дофаминергической передачи обусловлен хорошо известной ролью последних в осуществлении двигательных, когнитивных, нейроэндокринных функций, а также возможным участием в патогенезе ряда нервно – психических заболеваний, таких как болезнь Паркинсона, Альцгеймера, шизофрении и др. Значительные успехи в исследовании медиаторных функций дофамина и его роли в деятельности нервной системы связаны с применением нейротоксина 6–гидроксидофамина (6–ОН-ДА), который селективно разрушает дофаминовые элементы в нервной системе и уменьшает содержание катехоламинов.

В нашей работе использовался растворы 6-гидроксидофамина и метаболического предшественника дофамина L-DOPA, которые вводили шприцем во внутреннюю полость животного (по 0.1 мл) в область синусного узла. 6–ОН-ДА применялся в дозе 30 мг/кг веса с добавлением аскорбиновой кислоты (0.1%) в качестве антиоксиданта (однократная инъекция). L-DOPA применялся в трех концентрациях 0.2; 4 и 20 мг/кг в течение 7 дней. Было проведено исследование влияние L-DOPA на локомоцию (скорость локомоции, зависимость скорости передвижения улитки от длины подошвы) и оборонительное поведение виноградных улиток (время закрытого состояния пневмостома после нанесения тактильного стимула в область мантийного валика) на контрольных и 6–ОН-ДА - инъецированных улиток. Спустя 5 дней после инъекции физ. раствора улиткам контрольных групп в течение 7 дней вводили по 0.1 мл L-DOPA в дозах 0.2; 4 и 20 мг/кг за 2 часа до начала тестирования. Второй группе улиток, спустя 5 дней после инъекции 6–ОН-ДА также вводился раствор L-DOPA в трех концентрациях. В эксперименте использовались взрослых виноградных улиток, однородных по весу и размеру. Было найдено, что при воздействии L-DOPA в контрольных группах наблюдается снижение скорости локомоции на протяжении всего срока инъекций, причем наблюдается дозовая зависимость, чем выше доза вводимого L-DOPA, тем ниже снижение скорости. Показатели оборонительного поведения достоверно не изменяются на протяжении всего эксперимента. В группе 6–ОН-ДА-инъецированных улиток также наблюдается снижение скорости локомоции. Показатели оборонительного поведения также не меняются.

## **МОНИТОРИНГ СТОЧНОЙ ВОДЫ ОАО «РУЗХИММАШ» НА ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ**

Г.М. Мишляков, В.А. Трофимов, В.И. Куряшова, Т.Н. Гудошникова, М.В. Салмина  
*Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск,*  
*e-mail: biotech@moris.ru*

Широкомасштабное антропогенное воздействие на окружающую среду потребовало необходимость проведения мониторинга, задачами которого являются систематические наблюдения за загрязнениями природной среды (воды, воздуха, почвы), оценка и прогноз их состояния. Методы биотестирования позволяют в относительно короткие сроки получить адекватное представление о комплексном влиянии различных факторов на живые организмы, в том числе и на их генетический статус, и в ряде случаев прогнозировать изменения генетического аппарата под воздействием антропогенных факторов.

«Рузхиммаш» является крупнейшим машиностроительным предприятием Мордовии, вносящий определенный «вклад» в мутагенез окружающей среды. Сточные воды для исследования брались на ОАО «Рузхиммаш» в г. Рузаевке, связанного с

выпуском оборудования для нефтяной, газовой и химической промышленности и изготавлением вагонов – цистерн для ж/д транспорта. Эколого-генетический мониторинг проводился в период с июня 2001 г. по май 2002 г. В качестве критериев оценки генетического действия использовали: частоту и спектры хромосомных aberrаций в митозе у тест – объекта *Allium cepa*.

В воде постоянно присутствуют: нефтепродукты, никель, медь, фосфаты, цинк, хром, нитраты. Все эти химические вещества значительно превышают ПДК. Следует отметить, что имеет место суммирование генотоксического эффекта от совместного действия комплекса веществ, содержащихся в воде, вредные действия которых возрастает во много раз. Проанализировано шесть вариантов в каждой серии опытов: контроль (дистиллированная вода), вода до очистки, при разбавлении 1:1, 1:5, 1:10 и после очистки.

Анализ тест – системы *Allium cepa* показал, что семена лука, пророщенные в воде, взятой в указанных вариантах в разное время, обнаруживают различную частоту хромосомных aberrаций.

**Таблица. Всхожесть, частота хромосомных aberrаций и поврежденность клеток меристемы корешков лука пророщенных в сточных водах «Рузхиммаша»**

	Вариант опыта	Всхожесть, %	Клетки с aberrациями, %	Поврежденность клеток, %
Июль 2001 г.	1 - контроль	52.3	0.48 ± 0.1	100.0
	2 - неочищен. вода	48.7	9.37 ± 0.41	100.0
	3 – разбавление 1:1	62.6	6.42 ± 0.31	116.6
	4 – 1:5	48.8	5.17 ± 0.36	100.0
	5 – 1:10	38.0	3.88 ± 0.28	100.0
	6 – после очистки	59.2	3.16 ± 0.31	100.0
Октябрь 2001 г.	1	48.3	1.83 ± 0.10	100.0
	2	32.4	11.33 ± 0.88	112.5
	3	52.6	9.64 ± 0.51	128.5
	4	46.2	5.33 ± 0.38	112.5
	5	34.6	3.52 ± 0.43	100.0
	6	56.2	5.43 ± 0.40	112.5
Февраль 2002 г.	1	16.3	0.31 ± 0.01	100.0
	2	17.0	5.05 ± 0.81	102.0
	3	27.3	4.95 ± 0.49	100.0
	4	24.1	3.77 ± 0.45	100.0
	5	19.6	2.02 ± 0.12	100.0
	6	14.4	3.96 ± 0.47	100.0
Апрель 2002 г.	1	5.21	0.93 ± 0.04	100.0
	2	17.3	6.78 ± 0.31	112.5
	3	30.5	5.43 ± 0.45	100.0
	4	32.6	4.00 ± 0.39	100.0
	5	39.1	3.36 ± 0.25	108.0
	6	28.2	3.96 ± 0.26	100.0

Наибольшая частота aberrаций обнаружена в неочищенной воде и колеблется от 11.33% в октябре 2001 г. до 6.78% в апреле 2002 г. Характерно, что вода после очистки обладает большим aberrационным эффектом, чем при 10-кратном разбавлении. Следовательно, применяемые в настоящее время технологии очистки не очищают воду от генотоксикантов. Анализ всхожести опытных вариантов и контроля пока-

зывает, что вода обладает как стимулирующим так и ингибирующим эффектом, который выражается либо в увеличении, либо в уменьшении всхожести в опытных вариантах по сравнению с контролем (табл.).

Уменьшение частоты хромосомных перестроек в 2002 г. по сравнению с 2001 г. обусловлено меньшим загрязнением воды генотоксикантами, в связи со снижением мощности предприятия, т.к. оно работало примерно на 50% мощности. Преобладающим типом хромосомных перестроек были одиночные фрагменты и мосты. Результаты исследований показали, что тест с использованием меристемы корешков растений объективно оценивает мутагенность активных факторов среды и дает объективную информацию о загрязнении среды генотоксикантами.

## **ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ КРОВИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕТЕПЛОВОГО КОГЕРЕНТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА**

А.О. Оганисян, В.П. Калантарян, А.А. Ахумян, К.Р. Оганесян

*Ереванский государственный университет, 375025 Армения, г. Ереван,  
e-mail: anatom@ysu.am*

В настоящее время в биологических экспериментах широко применяется нетепловое низкоинтенсивное когерентное электромагнитное излучение (**ЭМИ**) миллиметрового диапазона, которое обладает высокой эффективностью воздействия на организм животных и растений.

Целью настоящего исследования явилось экспериментальное изучение изменения активности фермента каталазы, участвующей во внутриклеточных процессах. Последнее обусловлено центральной ролью этого фермента в системе антиоксидантной защиты. Эксперименты проведены на половозрелых кроликах породы Шиншилла. В качестве источника монохроматического миллиметрового излучения использовался высокочастотный генератор Г4-141, перекрывающий область частот 37.5-53.5 ГГц. Облучение осуществлялось в режиме непрерывной генерации, в дальней зоне облучателя при нетепловых мощностях в течение 60 минут на расстояния 13 см. Активность каталазы крови определялась манганометрическим методом. Исследования проводились до и на 5, 30, 60 и 90 минутах после облучения. Активность фермента характеризуется каталазным числом ( $K_q$ ) представляющим собой количество (в миллилитрах) разложенной за 30 минут  $H_2O_2$ , и показателем каталазы - каталазным индексом ( $K_i$ ).

Из полученных данных следует, что на 5 минуте после ЭМИ наблюдается повышение активности каталазы:  $K_q$  увеличивается на 16.93%,  $K_i$  - на 31.4% по сравнению с нормой. В последующие 30, 60, 90 минуты отмечается постепенное понижение  $K_q$  до восстановления нормы. Аналогичные изменения наблюдаются также в показателях  $K_i$ , однако во все вышеуказанные сроки он находился на относительно высоком уровне.

Результаты наших экспериментов свидетельствуют, что одночасовое нетепловое **ЭМИ** миллиметрового диапазона в значительной степени повышает активность фермента каталазы крови.

**РОЛЬ КОРНЕЙ СОЛОДКИ В ИЗМЕНЕНИИ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТА  
КАТАЛАЗЫ КРОВИ ЖИВОТНЫХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ШУМОВОМУ  
ВОЗДЕЙСТВИЮ**

А.О. Оганисян, Н.Г. Унанян, К.Р. Оганесян, Г.Г. Сакоян  
*Ереванский государственный университет, 375025 Армения, г. Ереван,*  
*e-mail: anatom@ysu.am*

Шум является одним из факторов окружающей среды, который влияет на организм человека и животных, приводит к возникновению стресса. Известно, что острый стресс сопровождается метаболическими изменениями, включающими целый комплекс окислительно-восстановительных процессов, обеспечивающих адаптационные возможности организма. Важным звеном в поддержании окислительно-восстановительного гомеостаза являются антиперекисные ферменты, относящиеся к основным антиоксидантным (АО) энзимам клеток. Для повышения резистентности организма, профилактики и комплексного лечения заболеваний в последние годы применяют препараты растительного происхождения, обладающие адаптогенной и АО активностью.

Целью представленной работы являлось изучение изменения активности каталазы крови озвученных кроликов при вскармливании экологически чистыми арцахскими корнями солодки (КС). Эксперименты проведены на половозрелых кроликах породы Шиншилла, которые подвергались воздействию стабильного шума 1000 Гц интенсивностью 114 дБ звукогенератором ЗГ-34 в течение 20 дней по 2 часа ежедневно. Активность каталазы каждый пятый день определялась мanganометрическим методом.

Анализ полученных данных показал, что 20 дневное шумовое воздействие (I группа) вызывало достоверное понижение активности каталазы на 5, 10, 15, 20 дни, которое по сравнению с нормой составляло 35.5%; 5.0%; 17.9%; 20.7% соответственно. В динамике комбинированного воздействия шума и КС (II группа) наблюдалось умеренное понижение активности по сравнению с шумовой группой. У животных подвергнутых комбинированному воздействию шума и КС, после предварительного 20 дневного кормления препаратом (III группа), почти во все вышеуказанные (кроме 10-го) дни исследований наблюдалась относительно низкая активность фермента по сравнению с показателями I группы и составляло 26.7%; 14.4%; 15.1%; 13.7% соответственно.

Таким образом, результаты экспериментов свидетельствуют, что использованный препарат вызывает существенное подавление свободнорадикальных процессов в тканях и сглаживает эффект шумового стресса.

**РИТМ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЛОВИЦЕВЫХ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ  
ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА**

О.В. Павлюченко  
*Житомирский государственный университет, 10008 Украина, г. Житомир,*  
*e-mail: pavljuchenko@mail.ru*

Ритм сердечной деятельности является одним из показателей физиологического состояния животных. Нами он использован в качестве тест-функции, по которой

судили о влиянии паразитирования *Aspidogaster conchicola* Baer на интенсивность метаболизма перловицевых. Материалом послужили 41 экз. *Pseudanodonta complanata* (Ziegler in Rossmaessler, 1835), собранные вручную в 2004 г. в р. Жерев (пгт. Лугины Житомирской обл.). Для их определения использовали общепринятые колхиологические характеристики (Стадниченко, 1984). Ритм сердечной деятельности у моллюсков исследовали по методике Жадина (1926). Аспидогастронты отыскивали при вскрытии перикардия и почек. Цифровые результаты эксперимента обработаны методами вариационной статистики по Г.Ф. Лакину (1974).

Изменение ритма сердечной деятельности зарегистрировано только в случае паразитирования аспидогастрий в полости перикардия. Установлено, что слабая интенсивность инвазии не влияет на частоту сердечных сокращений *P. complanata* (табл.). Это свидетельствует о том, что в данном случае защитные силы организма достаточны для противостояния паразитарному фактору.

**Таблица Влияние инвазии *Aspidogaster conchicola* на ритм сердечных сокращений (уд./мин.) у *Pseudanodonta complanata***

Инвазия	Интенсивность, экз./особь	n	Статистические показатели			
			lim	M ± m	σ	CV
Нет		19	8–15	10.13±0.11	0.48	4.74
Есть	6.0	7	7–14	10.29±0.11	0.29	2.82
Есть	8.3	9	6–16	13.03±0.23	0.69	5.30
Есть	15.7	6	6–12	8.48±0.19	0.47	5.54

Паразитирование 6–10 экз. *A. conchicola* вызывает у псевдоанодонтин тахикардию, которая является одним из проявлений повышения уровня их общего обмена. При этом частота сердечных сокращений у исследованных моллюсков возрастает в 1.3 раза ( $P>99.9\%$ ). При высокой интенсивности инвазии (более 10 экз./особь) зарегистрировано замедление ритма сердечной деятельности по сравнению с незараженными особями в 1.2 раза. Появление брадикардии свидетельствует о тяжелом течении общего патологического процесса, обусловленного действием паразитарного фактора, и угнетении защитно-приспособительных возможностей организма *P. complanata*.

## **МЕЛАТОНИН – КАК ФАКТОР АДАПТАЦИИ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕЧЕНИ**

А.Н. Пашков\*, С.С. Попов\*, А.В. Семенихина\*\*, М.Ю. Плетнев\*\*

\*Воронежская государственная медицинская академия, г. Воронеж

\*\*Воронежский государственный университет, г. Воронеж,

e-mail: tropova@bio.vsu.ru

Мелатонин – гормон диффузной нейроэндокринной системы обладает широким спектром действия: оказывает снотворный, анальгезирующий и седативный эффекты, участвует в регуляции иммунной системы. Имеются данные об участии гормона в адаптации организма к стрессовым факторам, о способности принимать участие в процессах антиоксидантной защиты при развитии окислительного стресса. Известно, что свободнорадикальное окисление (СРО) липидов и белков играет значительную роль в развитии заболеваний печени. Через активацию процессов СРО реа-

лизуется механизм токсического повреждения печени, при котором повышенная генерация активных форм кислорода вызывает деструктивные изменения и гибель гепатоцитов. В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение влияния мелатонина на супероксиддисмутазную (**СОД**) активность и содержание первичных продуктов пероксидного окисления липидов – диеновых коньюгатов (**ДК**), в печени крыс при экспериментальном токсическом гепатите. В качестве объекта исследования использовали белых крыс (*Rattus rattus L.*), самцов, массой 150-200 г. Для индуцирования токсического гепатита использовали  $\text{CCl}_4$ , являющийся органоспецифическим токсином. Воздействие осуществляли в дозе 0.064 мл на 100 г веса, после суточной пищевой депривации животных. Максимальный цитолиз гепатоцитов имел место на 3-4 сутки после однократного введения токсина. Для исследования действия мелатонина гормон вводили внутрибрюшинно (2 мг на кг веса), ежедневно в утреннее время в течение 3-х дней. Содержание **ДК** определяли спектрофотометрически при длине волны 233 нм. Активность **СОД** определяли на хемилюминометре по степени гашения хемилюминесценции в системе генерирующей свободные радикалы. При токсическом гепатите активность **СОД** в печени возрастала в 1.6 раза. При введении мелатонина крысам с токсическим гепатитом наблюдалось изменение активности фермента в сторону нормы. Уменьшение активности **СОД** при действии мелатонина на фоне развития токсического гепатита может быть следствием снижения уровня **СРО** и сопутствующего уменьшения степени мобилизации антиоксидантной активности организма. Об этом свидетельствуют данные о снижении на 40% содержания **ДК** в печени животных с токсическим гепатитом после введения гормона. В то же время у крыс с патологически измененной печенью, которым мелатонин не вводили, уровень **ДК** увеличивался в 1.8 раза по сравнению с нормой. Таким образом, мелатонин, по-видимому, способствует торможению развития **СРО** при токсическом повреждении печени, что сопровождается снижением антиоксидантной активности.

## ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ОЗЕРА ТУЗКАН УЗБЕКИСТАНА

К.А. Перепада Г.М. Худойберганова, У.Т. Мирзаев

Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, 700095

Узбекистан, г. Ташкент, e-mail: umirzayev@sarkor.uz

Айдаро-Арнасайская система озер – является крупнейшим рыбохозяйственным водоемом Узбекистана. Она расположена в северной и северо-западной части Голодной степи в пределах Предкызылкумья и служит как бы границей между Голодной степью и пустыней Кызылкум. Ее площадь составляет свыше 3000 км<sup>2</sup>. Средние глубины 7-9 м, максимальные – до 30 м. Озерная система питается за счет сбросных и дренажных вод Голодной степи, и вод рек Сырдарьи (Чардаринское водохранилище, Казахстан) и Санзар.

Озеро Тузкан с его притоком Кийли (нижнее течение р. Санзар) является южным участком Айдаро-Арнасайской системы озер и одним из основных источников промысловый рыбы в Узбекистане.

Изучение воспроизводительной способности промысловых рыб озера Тузкан в условиях изменения гидрологического и биологического режимов озерной системы является актуальным и требует проведения тщательных научных исследований.

Основным источником формирования ихтиофауны озера Тузкан являются бассейны рек Сырдарьи и Санзара. По нашим данным в настоящее время ихтиофауна озера Тузкан состоит из 16 видов рыб, относящихся к 6 семействам, из которых 11 видов являются промысловыми рыбами. Однако в промысле участвуют 5-6 видов.

К числу промыловых видов рыб относятся: сазан (*Cyprinus carpio*), плотва (*Rutilus rutilus aralensis*), судак (*Stizostedion lucioperca*), серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*), аральский жерех (*Aspius aspius ibliooides*), лещ (*Abramis brama orientalis*), змееголов (*Channa argus warpachowskii*), сом (*Silurus glanis*) и др. Одним из основных промыловых видов рыб оз. Тузкан является сазан (*Cyprinus carpio*). Большую часть наших контрольных уловов сазана составляют особи в возрасте 4-6 лет, которые достигают 35-65 см длины тела и 1-4 кг веса. Нерестилища сазана в озере Тузкан расположены по всей акватории, в неглубоких прибрежных участках с затопленной наземной растительностью. Половые продукты самок сазана, пойманных нами в конце апреля 2003 года, были на IV стадии зрелости. Коэффициент зрелости самок сазана перед нерестом колебался от 2.7 до 12.9%. Абсолютная плодовитость колебалась в пределах 20798-194817 икринок при длине тела самок 30.5-55.5 см. Плодовитость сазана, увеличивается с возрастанием длины и массы тела самок.

Аральская плотва (*Rutilus rutilus aralensis*) является также одним из наиболее массовых и многочисленных видов рыб в озера Тузкан. В наших контрольных уловах в основном встречались особи длиной тела от 11 до 25 см и весом 80-432 г. Половая зрелость у аральской плотвы наступает в 3-4 летнем возрасте. Первые нерестяющиеся особи плотвы начали появляться в водоеме с середины апреля, при температуре воды 14-16°C. Нерестилища расположены в прибрежной части озера в зарослях водной растительности. Соотношение полов в выборке было 1:1. Коэффициент зрелости самок плотвы перед нерестом колебался от 7.3 до 18.3%. Абсолютная плодовитость плотвы колебалась в пределах 7955-149307 икринок при длине тела 15.0-22.0 см.

Довольно часто в мелководной зоне встречается серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*). Однако его численность не велика. В наших уловах встречались особи длиной тела от 20 до 27 см и весом 285-630 г. Карась в озере Тузкан половозрелым становится в возрасте 2-3 года, при длине тела 11-17 см. Нерестовый ход этой рыбы начался в конце апреля – в начале мая при температуре воды 14-16°C. Период нереста серебряного карася по времени совпадает с нерестом сазана. Места нереста расположены в неглубоких прибрежных участках озера. Коэффициент зрелости самок карася перед нерестом колебался от 10.2 до 18.5%. Абсолютная плодовитость особей карася длиной тела от 24.5 до 27.0 см. составляет от 77985 до 169614 икринок. С увеличением длины тела и веса у карася абсолютная плодовитость повышается.

Аральский жерех (*Aspius aspius ibliooides*) – ценный промысловый вид озера Тузкан. В наших уловах встречались особи длиной тела от 22 до 43 см и весом 549-1924 г. Основную массу составляли 3-4 летние особи. Созревание самцов происходит на 3-4 году жизни при длине тела 25-30 см. Самки созревают на год позже самцов. На нерест поднимается в р. Кийли. Нерестовый ход начинается в феврале при температуре воды 6-10°C. Нерестится в конце февраля начале марта на песчано-галечниковом грунте. Коэффициент зрелости самок перед нерестом колебался от 13.5 до 20.0%. Абсолютная плодовитость жереха длиной тела от 33.5 до 40.0 см. составляла от 59893 до 157695 икринок. С увеличением длины тела и веса у жереха абсолютная плодовитость повышается.

Судак (*Stizostedion lucioperca*) также является ценным промысловым видом озера Тузкан. В наших контрольных уловах в основном встречались особи длиной тела от 24 до 55 см и весом 230-2130 г. Половой зрелости судак достигает на 2-3 году

жизни при длине тела 22-32 см. Нерест у судака начинается в начале апреля при температуре воды 11-13°C. Нерестилища расположены в устье ЦГК, Акбулак и р.Кийли. Коэффициент зрелости самок перед нерестом колеблется в пределах от 12.1 до 22.0%. Абсолютная плодовитость судака колеблется в широких пределах в зависимости от возраста и размера рыб: по нашим данным она составляет 79600-441471 икринок при длине тела самок 38.0-55.0 см. С увеличением длины тела судака плодовитость пропорционально возрастает.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРИОТИПА ПОПУЛЯЦИИ *CAMPTOCHIRONOMUS TENTANS* СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ г. КАЛИНИНГРАДА

Н.А. Петрова\*, Н.В. Винокурова\*\*, В.В. Маслова\*\*, М.В. Данилова\*\*

\*Зоологический институт РАН, 196000 г. Санкт-Петербург,

*e-mail: chironom@zin.ru*

\*\*Калининградский государственный университет, 236000 г. Калининград,

*e-mail: aidaspost@mail.ru*

Виды подрода *Camptochironomus* широко распространены в разнообразных водоёмах Голарктики. В настоящее время *Camptochironomus tentans* разделяют на два близкородственных вида: палеарктический *C. tentans* и неарктический *C. dilutus*. Кроме того, выделяют 4 хромосомные расы *C. tentans*: европейская, западноканадская, восточноканадская, аляскинская. Каждая из этих рас характеризуется базовыми кариотипами. Европейский и канадский базовые кариотипы различаются по локализации ядрышковых организаторов (в плечах В и С в канадской популяции и в плечах В и D в европейской), а также по наличию ряда гомозиготных инверсионных последовательностей представленных в канадской популяции и отсутствующие в европейской. Аляскинский базовый кариотип характеризуется локализацией ядрышковых организаторов, как и в европейском базовом кариотипе, и наличием наряду с «европейскими» «канадских» инверсионных последовательностей (Кикнадзе и др., 2000).

Исследования *C. tentans* в Европейском регионе, в том числе и в Калининградской области, необходимы для решения вопроса об эволюционном расселении и, происходящих, в связи с этим идиоадаптациях внутри вида *C. tentans*. В настоящее время исследовано 3 популяции в северо-западном регионе европейской части России и 4 популяции (Англия, Швеция, Германия, Болгария) в Европе в целом (Ильинская, Петрова, 1997).

Сбор личинок *C. tentans* последнего возраста произведен в апреле 2004 года из озера Ботанического сада г. Калининграда. Личинки фиксировались на месте сбора смесью спиртоуксусной в соотношении 3:1. Цитологические препараты приготовлены по стандартной ацетоарсеновой методике. Картирование осуществлялось (Beerman, 1955) с использованием цитофотокарты Кикнадзе с соавторами (1993).

**Кариотип.** Изученный кариотип *C. tentans* характеризуется сочетанием плеч: AB, CF, DE, G (цитокомплекс *camptochironomus*). Хромосома I (CF) не содержит ядрышка. Хромосомы II и III содержат ядрышковые организаторы. Хромосома IV (G) короткая, несет кольца Бальбиани. Центромерные районы негетерохроматизированы (Гундерина, 1996).

**Полиморфизм.** В изученной популяции отмечен высокий уровень инверсионного полиморфизма: 90% особей имели гетерозионные инверсии, среднее число инверсий на особь равно 2, а с учетом гомозиготных инверсий этот показатель возрастает до 2.3. В популяции из озера Ботанического сада выявлены 15 инверсионных после-

довательностей (A11, A22, B11, B12, B15, C11, C12, C22, F11, F12, F33, E11, E12, D11, G11, G12) в 23 генотипических сочетаниях.

В плече А и С имеется система 1.1-1.2-2.2, но частота гомозиготной инверсии не велика (16% и 3% соответственно).

**Таблица 1. Локализация инверсий и их частота в популяции *C. tentans***

Инверсии по Кикнадзе	Локализация инверсии	Абсолютная частота, кол-во особей	Относительная частота, %
ten A11	Стандарт	11	36
ten A12	12C-18A	15	48
ten A22	-	5	16
ten B11	Стандарт	17	55
ten B12	9CBNA-1CB	7	22.5
ten B15	6BC-1BC	7	22.5
ten C11	Стандарт	27	87
ten C12	8A-5CBA	3	10
ten C22	-	1	3
ten F11	Стандарт	15	48.5
ten F12	12C-18B	5	16
ten F13	13C-13B <sub>1-4</sub> A	9	29
ten F33		2	6.5
ten E11	Стандарт	23	74
ten E12	14BC	8	26
ten D11	Стандарт	31	100
ten G11	Стандарт	23	74
ten G12	6BA-1CBA	8	26

**Таблица 2. Частота последовательностей дисков у самцов и самок в популяции *C. tentans***

Плечо	Генотип	Частота инверсий у самцов %	Частота инверсий у самок %	Общ. частота инверсий в popul. (с учётом особей с неопр. полом) %
A	A11	40	39	36
	A12	50	50	48
	A22	10	11	16
B	B11	20	78	55
	B12	40	16.5	22.5
	B15	40	5.5	22.5
C	C11	80	89	87
	C12	10	11	10
	C22	10	0	3
F	F11	70	33	48.5
	F12	0	28	16
	F13	30	28	29
	F33	0	11	6.5
E	E11	70	83.5	74
	E12	30	16.5	26
D	D11	100	100	100
G	G11	100	61	79
	G12	0	39	26

Наиболее полиморфными оказались плечо В и плечо F. В плече В обнаружены 3 последовательности (B11, B12, B15). Интересно, что частота стандартной последо-

вательности плеча В у самок в 4 раза больше, чем у самцов. Плечо F представлено последовательностями: F11, F12, F33. При этом последовательность ten F33 встречается как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии. Самки более полиморфны по сравнению с самцами, т.к. плечо F представлено в четырех генотипах (F11, F12, F13, F33).

Во всей популяции не было обнаружено каких либо аберраций в плече D. Плечо E, помимо стандартной последовательности, представлено гетерозиготной инверсией E12 (26%).

Отмечена разница соотношения частоты инверсий по G хромосоме между самцами и самками. У самцов хромосома G имеет стандартную последовательность дисков. У самок 39% особей имеют гетерозиготную последовательность G 12.

В исследованной популяции *Camptochironomus tentans* представлены 14 характерных для европейской популяции последовательностей (A1, A2, B1, B2, C1, C2, F1, F2, F3, D1, E1, E2, G1, G2), однако присутствует инверсионная последовательность B5, которая характерна для сибирских популяций (Кикнадзе и др., 1991). Количество гетерозиготных инверсий на особь не отличается от данных для европейских популяций. У одной личинки, помимо характерных пупфов, в хромосоме CF в районе 9 обнаружен пупф, характерный для неарктической популяции. Следует отметить, что по литературным данным в якутской популяции, также обнаружены личинки с пупфом в I хромосоме.

#### Список литературы

Гундерина Л.И., Кикнадзе И.И., Айманова К.Г. и др. 1996. Цитологическая дифференциация природных и лабораторных популяций *Camptochironomus tentans* (Fabricius) (Chironomidae: Diptera) // Генетика. Т. 32. № 1. С.53-67.

Ильинская Н.Б., Петрова Н.А. 1997. Кариотип и инверсионный полиморфизм природных популяций *Camptochironomus tentans* северо-западного региона России (Diptera, Chironomidae) // Цитология. Т. 39. № 9. С. 848-856.

Кикнадзе И.И., Айманова К.Г., Гундерина Л.И., Филиппова М.А., Истомина А.Г. 1993. Хромосомный полиморфизм в уральских и сибирских популяциях *Camptochironomus tentans* // Зоол. журн. Т. 72. Вып. 1. С.59-75.

Кикнадзе И.И., Истомина А.Г., Гундерина Л.И. и др. 1991. Кариофонды хирономид криолитозоны Якутии: трибы Chironomini. Атлас. Новосибирск: Наука, 115 с.

Кикнадзе И.И., Шобанов Н.А., Айманова К.Г., Андреева Е.Н. 2000. Кариотип и морфология личинки *Camptochironomus setivalva* (Diptera, Chironomidae) // Зоол. журн. Т. 79. № 6. С. 695-703.

#### ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА *CHIRONOMUS PLUMOSUS* (L.) ИЗ ОЗ. ШКОЛЬНОЕ г. КАЛИНИНГРАДА

Н.А. Петрова\*, Н.В. Винокурова\*\*, В.В. Маслова\*\*, М.В. Данилова\*\*

\*Зоологический институт РАН, 196000 г. Санкт-Петербург,

e-mail: chironom@zin.ru

\*\*Калининградский государственный университет, 236000 г. Калининград,

e-mail: aidaspost@mail.ru

*Chironomus plumosus* (L.) широко распространен в стоячих и малопроточных водоёмах Голарктики. Личинки *Ch. plumosus* являются кормом для промысловых и бентосноядных рыб, а также участвуют в процессах трансформации органического вещества и в самоочищении пресных вод (Ch. plumosus, 1983). В настоящее время ви-

ды трибы Chironomini используются в качестве биотестов для исследований антропогенных воздействий на кариотип.

В Палеарктике изучено более 120 популяций *Ch. plumosus* – наиболее изучены сибирские популяции (Кикнадзе и др., 1991, 1996). На северо-западе Европы, в основном России исследовано только 17 популяций, среди них ближайшие к Калининграду – два залива Балтийского моря. Это солоноватоводные водоемы, опресненные впадающими в них реками – Нemanом и Невой (Ильинская и др., 1988, 1998, Петрова и др., 1996). *Ch. plumosus* из пресных вод северо-западного региона России не исследовался.

Настоящая статья посвящена изучению хромосомного и геномного полиморфизма *Ch. plumosus* из оз. Школьное, расположенного в пределах г. Калининграда.

Личинки хирономид были собраны в феврале 2002 г. (56 особей) и июне 2002 г. (38 особей) из прибрежной зоны оз. Школьное и зафиксированы в жидкости Кларка.

Временные препараты политенных хромосом готовили по обычной ацето-орсеновой методике. Картировали хромосомы по стандартной хромосомной карте *Ch. plumosus*, предложенной Максимовой (1976 г.) и уточненной Шобановым (1994 г.). Картирование границ инверсий производили по Голыгиной (1999) (Голыгина, 1999; Шобанов, 1994а, 1994б). Был сделан анализ грунта на содержание тяжелых металлов. Результаты приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в грунте оз. Школьное г. Калининграда (мг/кг)**

Металл	оз. Школьное
Fe	125.0±4.0
Cu	0.062±0.004
Ni	0.0093±0.0002
Co	0.0035±0.0003
Pb	≥0.002
Zn	≥0.05

Анализ грунта оз. Школьное показал присутствие 6 тяжелых металлов (табл. 1), где концентрация Fe – многократно превышает все допустимые нормы (Кротов, 2000).

**Кариотип.** Характеристики кариотипа *Ch. plumosus* из исследованного водоема типичны для данного вида  $2n=8$ . Сочетание плеч: I AB, II CD, III EF, IV G. Кариотипические особенности калининградской популяции показаны в табл. 2.

**Хромосомный полиморфизм.** Выборки оказались высоко полиморфными. Гетерозиготные и гомозиготные инверсии отмечены в плечах A, B, C, D, E, F (табл. 3). В зимнем и июньском сборах стандартные последовательности дисков во всех хромосомах обнаружены у 4% и 18.4% особей соответственно. Выявлено 64% в феврале и 63.2% в июне особей с гетерозиготными инверсиями. Количество особей, имеющих в кариотипах только гомозиготные инверсии, в июньской популяции составило 13.2%, а в зимнем сборе 10.0%. Кроме инверсий, у исследованных личинок отмечены асинапсис в плече E (наибольшая частота, 46%, зимой) и амплификация ЦМР хромосом CD и EF.

В калининградской популяции отмечено 6 инверсий. В каждом плече (кроме IVG) присутствовала только одна инверсия, при этом в плечах A, B, C, D каждая инверсия переходит в инверсионно-гомозиготное состояние, образуя полиморфную

**Таблица 2. Кариотипические характеристики 2-х выборок *Ch. plumosus* из оз. Школьное г. Калининграда**

Показатели	2002 (февраль)	2002 (июнь)
Исследованные особи	56	38
Стандарт, %	4.0	18.4
Гетерозиготные особи, %	64.0	63.2
Особи с гомозиготными инверсиями, %	10.0	13.2
Особи с гетерозиготными + гомозиготными инверсиями, %	22.0	5.3
Число инверсий на особь	1.65	0.92
Доля особей с В-хромосомами, %	3.6	-
Особи с асинапсисом в Е-плече, %	46.0	10.6
Особи с гетерозиготной дуплицированной цмр EF, %	7.0	-
Особи с гомозиготной дуплицированной цмр EF, %	9.0	10.6
Особи с гетерозиготной дуплицированной цмр CD, %	5.0	-
Особи с гомозиготной дуплицированной цмр CD, %	11.0	-
Особи с крупным пuffом в уч.13 F плеча, %	3.5	2.6

*Примечание: цмр – центромера.*

**Таблица 3. Локализация инверсий и частоты их встречаемости *Ch. plumosus* из оз. Школьное г. Калининграда**

Инверсии	Локализация*	2002 февраль	2002 июнь
		Частоты встречаемости, %	
plu A1.1	стандарт	34.0	42.0
plu A1.2	4l - 10i	41.1	47.5
plu A2.2	"	23.0	10.5
plu A1.6	10n – 11v	1.8	-
plu B1.1	стандарт	28.6	42.0
plu B1.2	15g - 23e	39.3	47.5
plu B2.2	"	32.1	10.5
plu C1.1	стандарт	68.0	97.4
plu C1.2	16i – 22f	18.0	2.6
plu C2.2	"	14.0	-
plu D1.1	стандарт	73.0	79.0
plu D1.2	2j – 7i	25.0	21.0
plu D2.2	"	1.8	-
plu E1.1	стандарт	91.0	97.4
plu E1.2	3 – 8c	9.0	2.6
plu F1.1	стандарт	66.0	100.0
plu F1.5	14n – 15b	71.0	-
plu G1.1	стандарт	100.0	100.0

*Примечание \* - указываются только границы инверсии.*

систему: стандартная последовательность дисков – гетерозиготная инверсия – инверсионно-гомозиготная последовательность дисков. Последовательности плеч Е и F находились только в стандартном и гетерозиготном состояниях (табл. 3).

Высокий уровень полиморфизма исследованной популяции из озера г. Калининграда, возможно, вызван высоким содержанием тяжёлых металлов, прежде всего Fe. Влияние тяжелых металлов на структуру и функцию политенных хромосом разных видов хирономид уже показано (Michailova, 2001).

Результаты исследования кариотипа слюнных желёз личинок *Chironomus plumosus* из оз. Школьное г. Калининграда в течение двух сезонов позволяют сделать следующие выводы.

### **Выводы**

1. Для личинок исследованной популяции характерен высокий уровень хромосомного полиморфизма, что в целом соответствует ряду других популяций вида *Chironomus plumosus*.
2. Обнаружено 6 типов гомо- и гетерозиготных инверсий в плечах А, В, С, D, E, F.
3. Наибольшая частота характерна для инверсий в плечах А, В для зимней и летней популяций (от 10 до 47.5%), причём реже встречались гомозиготные инверсии.
4. В плечах С, D, E, F летней популяции отсутствовали, из обнаруженных, гомозиготные инверсии, в зимней популяции не встречались гомозиготные инверсии в плечах Е, F.

### **Список литературы**

Голыгина В.В. 1999. Дивергенция кариотипов голарктических видов *Chironomus* группы *plumosus* в Палеарктике и Неарктике (Diptera, Chironomidae). Диссерт. канд. биол. наук. Новосибирск, 268 с.

Ильинская Н.Б., Петрова Н.А., Демин С.Ю. 1988. Сезонная динамика хромосомного полиморфизма у мотыля *Chironomus plumosus* L. (Diptera, Chironomidae) // Генетика. Т. 24. № 8. С. 1393-1401.

Ильинская Н.Б., Петрова Н.А., Матена Й. 1998. Инверсионный полиморфизм *Chironomus plumosus* (Diptera, Chironomidae) и его зависимость от типа биотопа, сезона и года сбора // Генетика. Т. 35. № 8. С. 1061-1070.

Кикнадзе И.И., Шилова А.И., Керкис И.Е. и др. 1991. Кариотипы и морфология личинок трибы Chironomini: Атлас. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 114 с.

Кикнадзе И.И., Истомина А.Г., Гундерина Л.И. и др. 1996. Кариофонды хирономид криолитозоны Якутии. Триба Chironomini. Новосибирск: Наука, 166 с.

Кротов Ю.А., Карелин А.О., Лойт А.О. 2000. ПДК химических веществ в окружающей среде. СПб.: Мир и семья, 358 с.

Мотыль *Chironomus plumosus* L. (Diptera, Chironomidae). Систематика, морфология, экология, продукция. 1983. М.: Наука, 309 с.

Петрова Н.А., Ильинская Н.Б., Кайданов Л.З. 1996. Адаптивный характер инверсионного полиморфизма у мотыля *Chironomus plumosus* (Diptera, Chironomidae). Пространственное распределение инверсий по ареалу // Генетика. Т. 32. № 12. С. 1629-1642.

Шобанов Н.А. 1994а. Кариофонд *Chironomus plumosus* (L.) (Diptera, Chironomidae). IV. Внутри- и межпопуляционный полиморфизм // Цитология. Т. 36. № 11. С. 1129-1145. – 1994б. Кариофонд *Chironomus plumosus* (L.) (Diptera, Chironomidae). I. Стандартизация дисков политенных хромосом в системе Максимовой // Цитология. Т. 36. № 1. С. 117-122.

Michailova P., Petrova N., Sella G. et al. 2001. Genotoxic effects of chromium on politene chromosomes of *Chironomus riparius* Meigen 1804 (Diptera, Chironomidae) // Caryologia. № 1. Р. 59-71.

## РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ДЕГРАДАЦИИ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

О.А. Петрова

Кубанский государственный университет, 350040 г. Краснодар

При производстве и использовании нефтепродуктов происходит их попадание в окружающую среду, в результате чего изменяется уровень загрязнения атмосферы, воды, почвы. Нефтяные загрязнения могут привести к существенному изменению экологической обстановки, экономическому ущербу народного хозяйства (табл.). Поэтому весьма актуальной задачей является изучение роли мониторинга, разработка и осуществление мероприятий по охране воздушных, водных и почвенных ресурсов.

Наиболее перспективным способом очистки, особенно при наличии больших площадей загрязнения, является внесение микроорганизмов-деструкторов углеводородов нефти, либо обеспечение оптимальных условий для развития собственной микрофлоры. Способность усваивать углеводороды нефти присуща микроорганизмам, представленным различными систематическими группами. К ним относятся всевозможные виды микромицетов, дрожжей, бактерий. Наиболее часто активные деструкторы нефтепродуктов встречаются среди бактерий. Они характеризуются способностью к усвоению широкого спектра углеводородов, включая и ароматические. Нашей задачей является определение этих видов, а также изучение наиболее благоприятных условий их деструктивной деятельности и ее принципы, выяснение вопроса о роли биогенного фактора в окислении нефти и нефтепродуктов. Наиболее часто признаки устойчивости к углеводородам проявляются среди нефтеокисляющих микроорганизмов, представленных такими родами бактерий как *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Flavobacterium*, *Acinobacter*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, дрожжей рода *Candida*, грибами *Fuzarium*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Rhisopus*, *Penicillium*, *Aspergillus*.

**Таблица. Ущерб, наносимый народному хозяйству России**

Вещество	Удельные выбросы, кг/т	Ущерб от выброса, коп./т	Общий ущерб, коп./т	Доля от общего ущерба, %
Углеводороды	8.7	27	234	82
Оксид углерода	1.5	10	15	5.2
Диоксид серы и сероводород	1.51	20	30	10.5
Оксид азота	0.18	30	5	1.7
Взвешенные вещества (пыль)	0.1	18	1.8	0.6
Всего	10.99			

Учитывая сложный многокомпонентный состав нефти, нами изучаются и создаются методики устранения нефтяных загрязнений, основанные на использовании ассоциаций культур, а также с учетом качественного и количественного состава загрязняющей массы. Таким образом, происходит повышение эффективности деструкции и увеличивается ее скорость.

Данный метод является экономически выгодным, т.к. точно подобранные количества микроорганизмов определенных штаммов в нужных соотношениях действуют с очень высокой эффективностью и устраниют необходимость дополнительных материальных затрат.

**Список литературы**

- Головлева Л.А., Филькенштейн З. И., Баскунов Б.П., Алиева Р.Н., Шустова Л.Г. 1995. Микробная детоксикация сточных вод коксохимического производства // Микробиология. Т. 64. № 2. С. 197-200.
- Коронелли Т.В., Дермичева С.Г., Коротаева Е.В. 1988. Выживаемость углеводородокисляющих бактерий в условиях полного голодания // Микробиология. Т. 57. № 2. С. 298-304.
- Назина Т.Н., Турова Т.П., Полтараус Т.П. и др. 2000. Физиологическое и филогенетическое разнообразие термофильных спорообразующих углеводородокисляющих бактерий из нефтяных пластов // Микробиология. Т. 69. № 1. С. 113-119.
- Сидоров Д.Г., Борзенков И.А., Ибатуллин Р.Р. и др. 1997. Полевой эксперимент по очистке почвы от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов // Прикл. биохимия и микробиология. Т. 33. № 5. С. 497-502.
- Стабникова Е.В., Селезнева М.В., Рева О.Н., Иванов В.Н. 1995. Выбор активного микроорганизма-деструктора углеводородов для очистки нефтезагрязненных почв // Прикл. биохимия и микробиология. Т. 31. № 5. С. 534-539.

**ВЛИЯНИЕ ИНТОКСИКАЦИИ ХЛОРИДОМ КАДМИЯ НА ЭТОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ ПРУДОВИКА ОЗЕРНОГО В РЕПРОДУКЦИОННЫЙ ПЕРИОД**

Т.В. Пинкина, О.И. Корбут, Т.Ф. Лысюк

Государственный аграрный университет, 10008 Украина,  
г. Житомир, e-mail: [ecos@ecos.zhitomir.ua](mailto:ecos@ecos.zhitomir.ua)

В водоёмах Украины среди многих других токсикантов на одно из первых мест вышли тяжёлые металлы. При исследовании их влияния на гидробионтов учитываются многие биологические критерии, среди которых показательны отклики, связанные с размножением. Такие показатели определяют сохранение и воспроизведение популяций гидробионтов в условиях токсической среды.

Как тест-объект выбран наиболее обычный представитель гидрофауны Центрального (Житомирского) Полесья – брюхоногий моллюск прудовик озёрный *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758). Изучение экологии прудовиков и, в частности, процессов, связанных с их размножением, предусматривает исследование многих сторон их жизнедеятельности как в природе, так и в лабораторных условиях. Среди токсикантов, влияющих на особенности репродукции моллюсков, значительную опасность представляют ионы тяжёлых металлов, среди них ион кадмия.

В процессах размножения пресноводных легочных моллюсков особое место занимает копуляция. Поведение моллюсков при спаривании очень своеобразно и определяется многими факторами. При высоких концентрациях токсиканта ( $0.5 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) спаривание не наблюдается. Моллюски интенсивно выделяют слизь, угнетена их пищевая и двигательная активность и через 2–3 сут они гибнут. В растворах хронических летальных концентраций ( $0.05 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) спаривание происходит, но продолжительность его в среднем почти в 2 раза короче, чем у моллюсков, содержащихся в чистой воде (1 ч 45 мин и 3 ч 11 мин соответственно). При концентрации  $0.0005 \text{ мг}/\text{дм}^3$  наблюдается стимулирование половой функции моллюсков: они более подвижны, активно ищут партнёров, копуляция происходит не только преимущественно в ночное время (как в контроле), но и днём. Продолжительность спаривания в этих растворах хлорида кадмия короче, чем в контроле, и составляет в среднем 2 ч 32 мин (контроль – 3 ч 11 мин). Минимальная продолжительность копуляции составляет 26 мин (в растворах токсиканта) и 37 мин (в контроле). При отсаживании моллюсков по одному в аквариумы с токсикантами наблюдалось самооплодотворение.

При небольших (подпороговых) концентрациях ионов кадмия ( $0.000005 \text{ мг/дм}^3$ ) половое поведение прудовиков не отличается от такового в контроле.

Сведения по этологическим особенностям моллюсков в репродуктивный период можно использовать в экологическом мониторинге водной среды при обсуждении возможных способов выживания гидробионтов в среде, содержащей ионы кадмия, а также при прогнозировании изменений биоразнообразия водных сообществ.

## ВЛИЯНИЕ ВЫСУШЕННЫХ ВНУТРЕННОСТЕЙ КУКУМАРИИ ЯПОНСКОЙ НА РАЗВИТИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС

Н.В. Плаксен, Н.С. Хильченко

*Владивостокский медицинский университет, 690990 г. Владивосток*

Химический состав кукумарии характеризуется исключительно богатым набором микроэлементов, ее липиды обладают антиокислительными свойствами, в составе белков обнаружено значительное количество пролина и оксипролина. Из внутренних органов и мышечной ткани кукумарии выделены тритерпеновые гликозиды, которые являются биологически активными веществами, оказывающими многообразное действие на млекопитающих. Каротиноиды и фосфолипиды, содержащиеся в кукумарии, способны функционировать в качестве антиоксидантов, выводящих пероксидные радикалы из сферы цепных свободнорадикальных реакций. Кроме того, фосфолипиды имеют физиологическое значение, как необходимые структурные элементы клеточных мембран. Все перечисленные элементы содержатся в большом количестве во внутренних органах кукумарии, которые представляют интерес в качестве новых нетрадиционных кормовых средств для животных.

Целью нашего исследования является изучение влияния высушенных внутренностей (ВВ) кукумарии на физиологические и биохимические показатели лабораторных крыс, их токсикологическая оценка, выявление возможных отдаленных последствий на организм животных. Хронический эксперимент был выполнен на крысах линии Август (самцах и самках) с начальной массой  $47\pm0.3 \text{ г}$ . Животные были разделены на 7 групп: контрольную группу и 6 опытных (самцы и самки отдельно). Крысы контрольной группы получали общевиварный рацион, крысы 1-й опытной группы на фоне общевиварного рациона получали  $0.02 \text{ г/кг}$  массы тела ВВ (предполагаемая минимальная доза), крысы 2-й опытной группы -  $0.2 \text{ г/кг}$  (предполагаемая оптимальная доза), крысы 3-опытной группы -  $2.0 \text{ г/кг}$  (аггравированная доза). Длительность опыта составило 3 месяца. После этого для получения потомства самки были подсажены к самцам. По мере подрастания, крысята также получали с кормом ВВ в течение месяца в таких же дозах, как и их родители. Животных забивали под легким эфирным наркозом через 3 и 6 мес. от начала эксперимента. Изучали интегральные показатели (внешний вид, массу тела, относительную массу внутренних органов); биохимические показатели (изучение обменных процессов по активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ), общего белка, альбуминов, остаточного азота, мочевины, билирубина в сыворотке крови) по общепринятым методикам; морфологические показатели (микроскопию печени, почек, селезенки, тимуса, надпочечников, сердца). Процессы деградации полиненасыщенных жирных кислот оценивали по перекисному окислению липидов (ПОЛ) в микросомальной системе гепатоцитов: диеновые коньюгаты (ДК) (появляются на начальных этапах перекисного окисления), малоновый диальдегид (МДА) - один из наиболее важных конечных продуктов перекисного окисления липидов и основания Шиффа (ОШ). Состояние антиоксидантной системы по индексу интегральной антирадикальной активности (ИАА), который яв-

ляется показателем суммарной антирадикальной системы, участвующей в детоксикации радикалов кислорода, в частности **ОН**.

Включение в рацион **ВВ** не отразилось негативно на росте и развитии экспериментальных животных. Поведение и активность опытных и контрольных животных были идентичны. Они поедали корм, потребляли обычное количество воды, видимые слизистые оболочки были розовые, шерстный покров всех животных имел нормальный блеск, обычную густоту. У всех животных наблюдалась равномерная прибавка массы тела. Относительная масса внутренних органов (печень, почки, сердце, селезенка, надпочечники, тимус) у крыс - самцов в опыте и в контроле достоверно не отличалась, у самок при увеличении дозы **ВВ** в 10 раз достоверно увеличилась масса печени и селезенки ( $P<0.05$ ). Гистологическое строение органов животных опытных и контрольных групп было идентично.

Введение в рацион животным **ВВ** в минимальной и оптимальной дозах на биохимические показатели в сыворотке крови не сказывалось в сравнении с контролем. Скармливание животным **ВВ** в агравированной дозе приводит к некоторому повышению активности **АСТ** у самок, и у них же имело место статистически достоверное повышение общего билирубина, остаточного азота ( $P<0.05$ ). Результаты исследования интенсивности процессов **ПОЛ** в печени свидетельствует о том, что потребление агравированной дозы **ВВ** крысами приводило к стойкому торможению окислительных процессов в тканых печени. Также, отмечены статистически значимые различия уровней **ДК**, **МДК**, **ОШ** в гомогенатах печени крыс, получавших **ВВ** в дозах 0.2 г/кг и 2.0 г/кг и контрольной группе ( $P<0.01$ ).

Потомство крыс контрольной и опытных групп развивалось normally: открытие глаз, прорезывание резцов, отлипание ушных раковин, покрытие шерстью проходили в сроки, соответствующие физиологическим нормам. Выживаемость потомства на 30 день не отличалось от контроля и прибавка в весе в опытных группах крысят - отъемышах преобладал на 13%, 41%, 50% над контролем соответственно приемам доз **ВВ**. Беременность самок в группе с повышенной дозой **ВВ** протекало с физиологическими нарушениями: роды на 10 дней позже срока, 12 крысят родились в синей асфиксии, в другом помете родился один крысенок с повышенным весом.

Сравнительный анализ результатов биохимических и морфологических исследований внутренних органов крыс, получавших **ВВ** в оптимальных дозах, исключает токсическое действие их на организм и свидетельствует о безвредности и положительном эффекте этого продукта на антиоксидантную систему и процессы окисления липидов. Длительный прием **ВВ** в дозе 2.0 г/кг нежелателен, так как в эксперименте происходило нарушение репродуктивной функции крыс - самок, повышались биохимические показатели.

## **СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ПЯТНИСТОГО ОЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БРОННИЦКОГО ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА**

Н.П. Полторак, В.В. Петрашов

*Московская сельскохозяйственная академия, 127550 г. Москва,*

*e-mail: poltorak@inbox.ru*

Хозяйство расположено на территории Раменского и частично Домодедовского и Воскресенского районов, в 35 км к юго-востоку от города Москвы. Общая площадь хозяйства 53000 га. Большая часть хозяйства находится в основном по правой стороне Рязанского шоссе, включает в себя массивы леса и кустарников, чередующихся с по-

лями. Часть за городом Бронницы по левой стороне шоссе включает в себя пойму Москва-реки, поля сельскохозяйственных культур, луга. Леса в этой части почти нет.

Рельеф. Поверхность хозяйства представляет собой слегка приподнятую, местами плоскохолмистую, пересеченную узкими, глубокими долинами и оврагами равнину с общим уклоном с запада на восток. Особенно это характерно для Бронницкого участка, за исключением северной его части, где рельеф волнистый. В Сельвачевском и Ильинском участках рельеф носит равнинный характер. Рельеф северо-восточной части хозяйства, расположенной в пойме Москвы-реки, носит изменчивый характер. В весенне время значительная площадь поймы заливается паводковыми водами Москва-реки.

Растительность. Основная площадь лесов расположена в центральной, юго-западной и западной частях хозяйств. Лесообразующие породы: береза, осина, дуб и в незначительной мере – сосна, ель, липа, серая ольха, клен остролистый, ива, лиственница сибирская. Преобладают средневозрастные и старые березово-осиновые леса с участием дуба. Хвойные представлены молодняками и средневозрастными насаждениями в виде культур. Небольшими участками встречаются чистые дубравы, а также сосновые и еловые насаждения (последние с примесями березы, осины и дуба). В южной и центральной частях хозяйства преобладают лиственные насаждения преимущественно березовые, осиновые и дубовые. Хвойные насаждения занимают небольшую площадь, из которой около 70% приходится на молодняки, культуры и средневозрастные насаждения. Дубовые насаждения расположены неравномерно, но в виде примеси в подросте и во II ярусе дубы встречаются почти повсеместно. Эта порода в основном порослевого происхождения. Березовые насаждения в южной части хозяйства занимают примерно - 48%, осиновые - 29%, дубовые - 17%, сосна – 15%, ель, ольха, липа, клен, ива и др. В хозяйстве образуются сложные 3-х и 4-х ярусные насаждения: осина, береза, сосна – I ярус; клен остролистый, дуб, липа, ель – II ярус. В III ярусе распространен густой и средней густоты подлесок. На всей лесопокрытой площади сравнительно редко наблюдается еловый подрост, развит в западной и центральной частях хозяйства, однако он больше, здесь чаще встречаются ельники. Кроме того, в подростке наблюдаются осина, береза, дуб, липа. Наибольшее распространение в подросте имеют лиственные породы, составляющие более 60% от всех древесных пород. Единично вкрапливается подрост из липы и клена остролистного. Подрост средней густоты. Подлесок в лесах охотхозяйства представлен в основном крушиной, лещиной, жимолостью и в значительно меньшей мере – ивой, рябиной, можжевельником, бересклетом бородавчатым, калиной, черемухой. Наибольшее распространение имеют лещина и крушина. Почвенный покров – разнотравье. Наиболее часто встречаются: осоки, сныть, копытень, майник, таволга, папоротник, манжетка, ландыш, лютик, земляника, вероника, клевер, зверобой, тысячелистник, поповник, белокрыльник, Иван-да-Марья, ястребинка, медуница и др. По заливным пойменным площадям и на приречных болотистых низинах, повсеместно распространены ольшаники и ивняки. Водная растительность: по берегу осока стройная и пузырчатая, частуха, болотная незабудка.

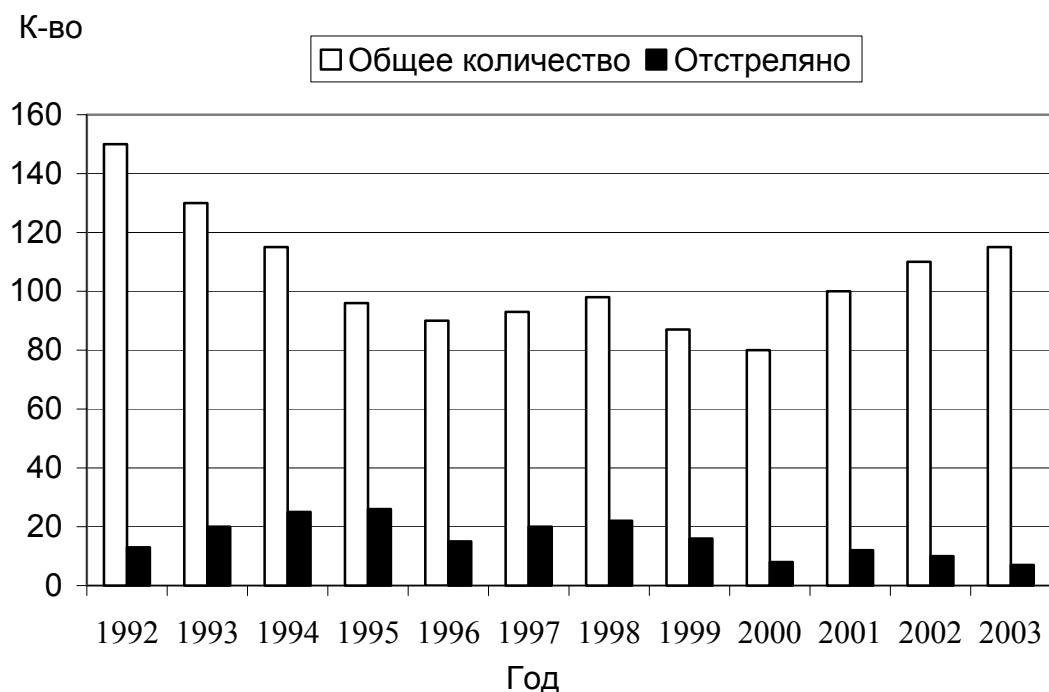
Общая площадь пригодных для обитания пятнистых оленей угодий в Бронницком охотничье хозяйстве составляет 10309.0 га. (табл.)

В летнее время пятнистые олени распределены по площади охотхозяйства неравномерно. Вероятно, это зависит не только от кормкости и защитности угодий, но и от антропогенного влияния, сильно возросшего в последние годы. Зимой поголовье их сосредотачивается у мест подкормки и только она определяет, места обитания этих животных в зимнее время.

Максимальная высота снежного покрова в Бронницком охотхозяйстве наблюдалась в марте в лесу. Минимальная высота снежного покрова замерена на полях в мае. С декабря по март высота снега в лесу превышала 30 см. Так, в декабре высота снега равна 50 см, в январе - 75 см, в феврале - 90 см, марта - 100 см. Высокий (более 30 см) продолжительный (4-5 месяцев) снежный покров является большой проблемой для оленей. На полях высота снега значительно ниже. Так в декабре высота снега равна 15 см, в январе - 30 см, в феврале - 50 см, марта - 50 см, в апреле -20 см, а в марте - 0.5 см.

**Таблица. Качество угодий егерских обходов для пятнистого оленя**

№ обхода	Пл.угодий пригодных для обитания вида	Хорошие		Средние		Плохие	
		га	%	га	%	га	%
1.	1605.0	956.8	59.5	505.2	31.4	147.3	9.1
2.	2245.0	1245.1	55.5	971.5	38.8	128.4	5.7
3.	1194.0	978.3	81.9	186.6	15.6	29.1	2.5
4.	3807.0	2001.6	52.6	1631.5	42.9	173.9	4.5
5.	1454.0	1161.5	79.9	267.5	18.4	25.0	1.7
Всего	10309.0	6343.3	61.5	3462.0	33.6	503.7	4.9



**Рис. Динамика численности пятнистого оленя на территории Бронницкого охотхозяйства.**

Изменение численности пятнистого оленя (рис.) зависит не только от благоприятных для них зим (с невысоким снежным покровом), но и от количества забрывающих на территорию охотхозяйства бродячих собак. В хозяйстве не раз наблюдались случаи нападения собак на оленей с летальным исходом. Кроме того, браконьерство почти повсеместно стало одной из основных причин, сдерживающих рост численности оленя (Данилкин, 1999). Большое значение в суровые многоснежные зимы играет подкормка оленей, которые не способны обеспечить себя пропитанием само-

стоятельно. В подмосковных охотхозяйствах стало очевидным, что примерно с середины декабря до середины марта этот олень существовать на воле без помощи человека не может (Павлов, 1999).

Исходя из всего сказанного выше, можно предположить, что пятнистый олень на территории Бронницкого охотхозяйства акклиматизировался не полностью, так как не способен существовать без определенной опеки со стороны работников хозяйства.

### **Список литературы**

- Павлов М.П. 1999. Акклиматизация охотниче-промышленных зверей и птиц в СССР. Киров, 666 с.  
Данилкин А.А. 1999. Олени (Cervidae) (Млекопитающие России и сопредельных регионов). М.: ГЕОС. 552 с.

## **ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕСТИЦИДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАННИЙ ОНТОГЕНЕЗ РЫБ И АМФИБИЙ**

А.Я. Полуян, С.И. Гвозденко, Н.И. Щербакова, С.И. Катаскова  
*Азовский НИИ рыбного хозяйства, 344007 г. Ростов-на-Дону,*  
*e-mail: riasfp@aaanet.ru*

Выбор тест-объекта для экотоксикологических исследований – это основа успешного эксперимента. В основе такого выбора лежит адекватная оценка чувствительности возможного тест-организма. На первом этапе оценки следует исходить из видовых и биологических особенностей организма.

Нами предлагаются в качестве тест-объектов бычок кругляк (*Neogobius melanostomus*) и тритон ребристый (*Pleurodeles waltli*) для изучения воздействия поллютантов в период раннего онтогенеза. Для определения степени их токсикорезистентности все исследования проводились в сравнительном аспекте с русским осетром (*Asipenser fuldenstatti*). Как известно из многочисленных литературных и собственных экспериментальных данных, в период раннего онтогенеза осетровые рыбы являются одними из наиболее чувствительных видов рыб. Так как для исследовательских работ в токсикологии необходимы большие объемы экспериментальных животных, то использование осетровых в лабораторной практике с каждым годом становится затруднительным в связи с проблемой их исчезновения из природных вод. В результате назрела необходимость поиска альтернативных тест-объектов. При выборе тест-организмов необходимо учитывать такие критерии как массовость вида, короткий цикл раннего онтогенеза, чувствительность к действию ксенобиотиков, наличие прикрепленной икры, простота отлова и анализа полученного биологического материала. Этим требованиям отвечает и бычок кругляк, и ребристый тритон. Методическая схема установления рыбохозяйственных ПДК в стандартном наборе тест-объектов не предусматривает проведение исследований на амфибиях в период раннего онтогенеза, которые играют существенную роль в биотическом круговороте веществ. Амфибии активно включены в трофические связи водоемов. Земноводные имеют определенное значение в осуществлении связей различных биоценозов, подавляющее большинство видов постоянно живет или размножается в воде. В связи с указанным мы считаем необходимым включить в схему разработки рыбохозяйственных нормативов представителя амфибий на стадии раннего онтогенеза.

Для исследования и сравнения токсикорезистентности осетра, бычка и тритона использовали водные растворы следующих пестицидов: инсектицида Адмирал, фунгицида Батыр, гербицидов Бетанал, Мерлин и Фуроре-супер. Первым этапом иссле-

дования стало воздействие препаратов на жизнеспособность и физиологические показатели икры. Показателями влияния пестицидов стали выживаемость, токсикометрические параметры, динамика выклева. Наблюдения за выживаемостью определили наиболее токсичный для всех эмбрионов препарат – Батыр. Из всех изученных пестицидов наименьшая гибель эмбрионов осетра наблюдалась в растворах Адмирала, а бычка и тритона в токсических средах Мерлина.

Исследования влияния препаратов на выклев организмов показали, что пороговые концентрации для тритона по этому показателю были в 2.2–7.4 раз меньше, чем пороговые концентрации по выживаемости. Таким образом, для эмбрионов тритона момент выхода из зародышевых оболочек является наиболее критическим в эмбриональном периоде.

По показателям выклева бычка только в растворах Фуроре-супер отмечалось немного большее токсическое действие, чем по данным выживаемости. В остальных токсических растворах значения пороговых концентраций по выклеву были выше в 1.3–12.9 раз соответствующих параметров выживаемости бычка (табл.).

**Таблица. Параметры токсичности пестицидов в период раннего онтогенеза рыб и амфибий (мг/л)**

Наименование пестицида	Эмбриональное развитие		Раннее постэмбриональное развитие		Lim
	Выживаемость	Выклев	Выживаемость	Морфометрические показатели	
	ЛК <sub>16</sub>	ЕС <sub>16</sub>	ЛК <sub>16</sub>	LOEC	
<u>Адмирал</u>					
осетр	9.19	15.92	6.13	2.5	2.5
бычок	12.26	16.29	3.33	2.5	2.5
<u>Батыр</u>					
осетр	0.28	0.027	0.13	0.1	0.027
бычок	0.13	>0.1	1.63	0.5	0.13
<u>Бетанал</u>					
осетр	5.28	2.52	2.78	0.5	0.5
бычок	5.15	25.93	11.58	10.0	5.15
<u>Мерлин</u>					
осетр	7.01	12.01	34.90	10.0	7.01
бычок	77.78	>1000.0	370.0	25.0	25.0
<u>Фуроре-супер</u>					
осетр	8.36	1.08	0.88	1.0	0.88
бычок	7.62	5.98	3.98	3.0	3.0
Коэффициент корреляции					
осетр /бычок	0.89	0.88	0.79	0.78	0.92
осетр/тритон	0.78	0.81	0.96	0.71	0.84

Следовательно, выход из зародышевых оболочек не является критическим периодом для кругляка. Это объясняется особенностями раннего онтогенеза бычка-кругляка: из оболочек выклевывается малек, имеющий вполне сформированные системы жизнеобеспечения. Наибольшей чуткостью к воздействию внешней среды круг-

ляк обладает в процессе формирования организма в зародышевых оболочках. Эмбрионы осетра проявили избирательную резистентность к растворам пестицидов в момент выклева. Токсические среды Батыра, Бетанала и Фуроре-супер в большей степени влияли на выклев эмбрионов, чем на их выживаемость. В растворах Адмирала и Мерлина отмечена обратная тенденция.

Вторым этапом исследования стало воздействие препаратов на жизнеспособность и физиологические показатели гидробионтов в ранний постэмбриональный период. Наблюдения за выживаемостью определили наиболее токсичный для всех тест-организмов препарат – Батыр. Из всех изученных пестицидов наименьшая гибель наблюдалась в растворах Мерлина.

Морфометрические показатели при характеристике состояния рыб давно стали важнейшей составной частью любого ихтиологического исследования. В наших исследованиях мы так же использовали показатели длины и массы тела для определения токсичности пестицидов. Анализ данных показал, что пороговые концентрации токсикантов по морфометрическим параметрам находились на уровне недействующих концентраций по выживаемости. Это подтверждает высокую информативность этих линейных показателей о негативных процессах, протекающих в организме гидробионтов.

В результате изучения пестицидной интоксикации установлено, что все изученные препараты обладают выраженным токсическим действием на рыб и амфибий. Выживаемость подопытных животных находилась в обратной зависимости от концентраций токсикантов. По степени уменьшения токсичности препараты располагаются в ряду: Батыр > Фуроре-супер > Адмирал > Бетанал > Мерлин.

Сравнительная оценка токсикорезистентности рыб и амфибий показала, что наибольшей чувствительностью к растворам пестицидов обладают осетр и тритон. Эмбрионы и мальки бычка-кругляка были более устойчивы к токсическому воздействию поллютантов. Данные исследования представлены в таблице.

По результатам проведенного анализа токсичности пестицидов были установлены лимитирующие дозы веществ для тест-объектов. Данные величины используются для нормирования пестицидов при разработке рыбохозяйственных ПДК. Очевидно, что при включении в схему экотоксикологических исследований тритона в качестве тест-объекта, нормируемые величины Адмирала и Батыра были бы жестче.

На основании проведенных исследований установлены корреляционно-регрессионные зависимости между пороговыми концентрациями пестицидов для бычка и тритона и соответствующими параметрами осетра. Корреляционно-регрессионный анализ, проведенный между величинами IgNOEC, IgLOEC, IgЛК<sub>16</sub>, IgЭК<sub>16</sub> и IgLim выявил достоверную прямую линейную зависимость между пороговыми и лимитирующими величинами. Это математически подтверждает возможность использования бычка кругляка и ребристого тритона в период раннего онтогенеза в качестве тест-объектов при установлении рыбохозяйственных ПДК.

## **АДАПТАЦИЯ ПЛАЦЕНТЫ И ПУПОВИНЫ БЕРЕМЕННЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ**

Н.А. Пятыхкина, Б.Г. Юшков, И.А. Брыкина, А.В. Шишенина, А.В. Володарская  
Уральский государственный университет, 620083 г. Екатеринбург,  
e-mail: pyatyshkinan@mail.ru

С развитием индустриального общества, и как следствие, изменением экологической ситуации число экстремальных факторов и интенсивность их воздействия на

живой организм с каждым годом увеличивается. В этой связи становится интересным изучение репродуктивной функции при адаптации к экстремальному воздействию. По этой причине была сформулирована следующая цель работы: изучение формирования качественных реакций плаценты и пуповины при адаптации к гипоксической гипоксии и постгеммографической анемии у крыс в различные периоды эмбриогенеза. В опытах использовали белых беспородных крыс массой 180-220 г. Было сформировано 7 групп беременных животных по 10 особей в каждой. Животных первой группы с 1-го по 20-й день беременности ежедневно подвергали гипобарической гипоксии (3200-3500 м над уровнем моря), которая проводилась в импульсном режиме (время каждой экспозиции составляло 6 ч); во второй группе воздействие производили с 13-го дня беременности (предплодный период); в третьей группе - с 18-го дня беременности (плодный период); в четвертой группе производили кровопотерю в объеме 2% от первоначальной массы тела с 1 дня беременности и до 21 дня беременности каждые 5 дней; пятую группу животных подвергали той же процедуре, но с 13 дня беременности, шестую группу с 18 дня беременности; седьмая группа животных не подвергалась каким-либо воздействиям (контрольная). На 21-й день беременности животных забивали, извлекали рога матки, рассекали их, подсчитывали число мест имплантации, количество резорбированных и живых зародышей. Производили макрометрию плацент и пуповин, а именно: измеряли диаметр, толщину и вес плацент, длину пуповин. Были получены следующие результаты. При кровопотере все плоды остаются жизнеспособными в отличие от гипобарической гипоксии, где зафиксировано по одному случаю постимплантационной резорбции плодов в четвертой и пятой группах. Резорбированные плоды также встречались и в контрольной группе. Макрометрия плацент показала, достоверно значимое уменьшение толщины плацент при кровопотере в 4, 5, 6 группах (табл. 2). Толщина плаценты увеличивается при гипобарической гипоксии в 1 группе (табл. 1). Диаметр плацент беременных крыс уменьшался только в 6 группе (табл. 2). Достоверно отличимое изменение массы плаценты было обнаружено в 3 группе (табл. 1). Длина пуповины уменьшалась при гипобарической гипоксии в 1 группе и увеличивалась при кровопотере в 4 и 6 группах (табл. 2 и 1).

**Таблица 1. Макрометрические показатели пуповины и плаценты плодов крыс (мм) интактной группы, при гипобарической гипоксии с 1<sup>-го</sup>, 13<sup>-го</sup> и 18<sup>-го</sup> дней беременности**

Группа	Длина пуповины	Диаметр плаценты	Толщина плаценты	Вес плаценты
седьмая	17.540±0.79	14.77±0.45	6.22±0.18	13951±65.8
первая	14.720±0.64*	14.31±0.77	7.85±0.18*	10696±0.69
вторая	15.51±1.1	14.12±0.11	6.51±0.18	1000±32
третья	17.61±1.5	14.94±0.59	6.06±0.82	687.5±62.41*

*Звездочками обозначено достоверное отличие макрометрических показателей.*

На основании полученных результатов можно сделать ряд предположений относительно механизмов адаптации, возникающих в плаценте и пуповине беременных крыс в ответ на воздействие неблагоприятных факторов. Так увеличение толщины плаценты при гипобарической гипоксии обеспечивается, возможно, разрастанием ворсинок хориона, а именно: ростом их в длину, чем обеспечивается увеличение площади обменной поверхности ворсин, которое становится актуальным в условиях недостатка кислорода. В тоже время при гипобарической гипоксии обнаруживается достоверное укорочение длины пуповины, что, в свою очередь, облегчает доставку обогащенной кислородом крови по венам пуповины к плоду, так как кровь проходит

более короткое расстояние. Достоверное уменьшение веса плаценты при воздействии с восемнадцатого дня беременности можно объяснить тем, что во время этого периода (плодный период) плацента достигает своей функциональной зрелости: рост ворсин прекращается, количество синцитиоэндотелиальных мембран становится максимальным, следовательно, адаптационные возможности органа оказываются минимальными.

**Таблица 2. Макрометрические показатели пуповины и плаценты плодов крыс (мм) интактной группы, при кровопотере с 1<sup>-го</sup>, 13<sup>-го</sup> и 18<sup>-го</sup> дней беременности**

Группа	Длина пуповины	Диаметр плаценты	Толщина плаценты	Вес плаценты
седьмая	17.54±0.79	14.77±0.45	6.22±0.18	1395±165.8
четвертая	21.85±0.49*	13.95±0.47	5.05±0.28*	1170±65
пятая	18.4±1.3	12.96±0.37	5.09±0.67*	1169±233.7
шестая	21.26±0.78*	12.62±0.3*	4.56±0.18*	1029±54.47

*Звездочками обозначено достоверное отличие макрометрических показателей.*

Таким образом, воздействие на данном сроке беременности, скорее всего, приведет к декомпенсации, а возможно и к частичному срыву адаптационных возможностей плаценты, о чем говорит и наличие некрозов в плацентах животных этой группы.

Относительно последствий анемии для плаценты и пуповины можно сказать следующее. Уменьшение толщины плаценты в четвертой, пятой и шестой группах и некоторое уменьшение ее диаметра, которое становится статистически достоверным в шестой группе, говорит об компактизации органа. Однако вес плаценты почти не изменяется, следовательно, плотность органа увеличивается. Скорее всего, происходит разрастание ворсинчатого дерева: увеличивается количество ворсинок на единицу объема, уменьшается межворсинчатое пространство. Такой процесс возможен, так как в результате кровопотери реологические свойства крови изменяются: она становится менее вязкой, следовательно, уменьшение межворсинчатого пространства не станет препятствием току крови. Со стороны плодового кровотока наоборот происходит увеличение вязкости крови за счет выброса новых эритроцитов в кровеносное русло в ответ на усугубление гипоксического состояния плода, в дополнение к этому увеличивается длина пуповины. В сумме эти два фактора препятствуют току крови по плаценте и пуповине, что приводит к более полному насыщению эритроцитов плода кислородом, в какой-то степени компенсируя гипоксическое состояние. Таким образом, плацента и пуповина компенсируют внешние неблагоприятные воздействия на плод посредством включения адаптационных механизмов.

## **ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКОГОЛЬДЕГИДРОГЕНАЗ ПЕЧЕНИ ЧЕЛОВЕКА И ЛОШАДИ**

**В.В. Рогожин**

*Якутская государственная сельскохозяйственная академия,  
677007 г. Якутск, e-mail: vrogzhin@mail.ru*

Алкогольдегидрогеназа в организме животных встречается преимущественно в печени, в небольших количествах присутствует в мозге, почках, мышцах и других тканях (Островский, Садовник, 1986). Основной функцией фермента является регу-

лирование уровня эндогенных спиртов и альдегидов в тканях. Концентрация эндогенного этанола в организме животных и человека может изменяться под влиянием факторов внешней среды. Содержание этанола в крови человека может также служить критерием адаптированности. В состоянии стресса концентрация этанола понижается, при этом отмечается уменьшение активности алкогольдегидрогеназы (Кудрявцев и др., 1987).

Поэтому нами были изучены физико-химические свойства алкогольдегидрогеназ печени человека и якутской лошади (летнего и зимнего периода) и проведен сравнительный анализ свойств этих ферментов.

Реакции восстановления ацетальдегида и окисления этанола, катализируемые алкогольдегидрогеназой, описываются классическим уравнением Михаэлиса - Ментен. Превращение субстратов возможно только в случае образования тройного комплекса фермента с восстановленной или окисленной формой NAD и ацетальдегидом или этанолом.

Из зависимости активности фермента от концентрации субстратов и кофакторов в координатах Лайнуивера - Берка были определены основные катализитические параметры  $K_m$  и  $k_{\text{кат}}$  (Кершенгольц, Рогожин, 1979).

В качестве кофакторов алкогольдегидрогеназа печени человека может использовать восстановленный и окисленный NADP, однако скорость дегидрогеназной реакции при этом замедляется в 5-10 раз за счет изменения  $K_m$  и  $k_{\text{кат}}$ . Так, при pH 10 в реакции окисления этанола  $K_m$  по NAD и NADP различаются в 7 раз и соответственно равны 0.5 mM и 3.5 mM, а  $k_{\text{кат}}$  - в 4 раза ( $139 \text{ мин}^{-1}$  и  $36 \text{ мин}^{-1}$ ). При pH 6.5 в реакции восстановления ацетальдегида разница между  $K_m$  увеличивается в 18.6 раза ( $K_{m(\text{NAD})} = 0.067 \text{ mM}$ ,  $K_{m(\text{NADH})} = 1.25 \text{ mM}$ ), а  $k_{\text{кат}}$  становятся практически соизмеримыми ( $333 \text{ мин}^{-1}$ ).

Для осуществления нормальной жизнедеятельности организма в крови и тканях поддерживается постоянная pH среды (7.4–8.0), которая обеспечивает определенную направленность ферментативных реакций. В физиологической области pH  $K_m$  по этанолу и ацетальдегиду алкогольдегидрогеназы печени человека мало различаются, а у алкогольдегидрогеназы печени лошади  $K_m$  по ацетальдегиду в 2-3 раза ниже  $K_m$  по этанолу. Однако, если сравнивать между собой эти ферменты, то видно, что при одинаковом сродстве к этанолу алкогольдегидрогеназа печени лошади ацетальдегид связывает в 2-5 раз лучше.

При этом следует отметить, что и концентрации эндогенного этанола в печени и крови человека и якутской лошади в зимний период соизмеримы и составляют 0.7–0.9 mM соответственно. В летний период в крови лошади уровень этанола возрастает до 1.5–1.8 mM.

У АДГ печени лошади различия в связывании NAD и NADH не наблюдаются, а у АДГ печени человека  $K_m$  по NADH в 2-5 раз ниже  $K_m$  по NAD. Однако NAD АДГ печени человека связывают в 2-5 раз хуже, чем АДГ печени лошади, хотя различий в связывании NADH у ферментов нет. Изменения в связывании субстратов оказывают влияние и на процесс их превращения, т.е. на катализ. Так, в физиологической области pH  $k_{\text{кат}}$  реакции восстановления ацетальдегида АДГ печени человека и лошади в 9-11 раз выше  $k_{\text{кат}}$  реакции окисления этанола, т.е. в печени лошади и человека обеспечивается определенная направленность дегидрогеназной реакции с преимущественным превращением ацетальдегида в этанол. Однако наблюдаются различия в катализитических константах между АДГ лошади и человека.

Таким образом, хотя связывание ацетальдегида и NAD в физиологической области pH лучше в активном центре АДГ лошади, однако скорость их превращения в

активном центре фермента в несколько раз медленнее, чем в активном центре печени человека. В целом же за счет большего содержания АДГ в печени лошади по сравнению с печенью человека скорость обратимого превращения ацетальдегида в этанол на грамм ткани в физиологической области рН в печени лошади в 3-4 раза выше, чем в печени человека. рН - оптимум каталитических констант АДГ человека и лошади совпадают. В реакции окисления этанола оптимум ккат приходится на щелочную область рН 10.5-11.0, а в реакции восстановления ацетальдегида - на рН 5.5-7.0.

Изученные различия каталитических и физико-химических свойств АДГ печени человека и якутской лошади позволяют заключить, что хотя содержание эндогенного этанола в крови лошади лишь на 25-40% превышает аналогичный параметр крови человека, а обратимое превращение эндогенного ацетальдегида в этанол в организме лошади в 6.3 раза интенсивнее, чем в организме человека, однако расчетный уровень эндогенного ацетальдегида в крови лошади (зимой) на 50-80% выше, чем в крови человека. Вероятно, это имеет функциональное значение, т.к. повышение уровня эндогенного ацетальдегида наряду со сниженным уровнем эндогенного этанола способствует снижению уровня энергетического обмена, повышению реактивности иммунной и других защитных систем.

#### **Список литературы**

- Островский Ю.Н., Садовник М.Н. 1986. Биологический компонент в генезисе алкоголизма. Минск: Наука и техника, 293 с.
- Кудрявцев Р.В., 1987. Эндогенный этанол и его возможное участие в деятельности центральной нервной системы в норме и при алкоголизме // Журн. невропатологии и психиатрии. Т. 87. № 2. С.275-279.
- Кершенгольц Б.М., Рогожин В.В. 1979. Влияние межсубъединичных взаимодействий в алкогольдегидрогеназе из печени лошади на кинетику окисления этанола // Биохимия. Т. 44. № 4. С. 661-671.

### **ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК БЕСХВОСТЫХ ЗЕМНОВОДНЫХ**

А.Б. Ручин

*Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск,  
e-mail: sasha\_ruchin@rambler.ru*

Свет как абиотический фактор играет большую роль в жизни молодых и взрослых особей большинства видов животных. Исключение составляют виды, обитающие в пещерах, в очень мутных водах и на больших глубинах. Интенсивность проникновения света в водную среду зависит от таких факторов, как отражение и преломление солнечных лучей водной поверхностью, поглощение и рассеивание их в толще воды. В природных условиях освещенность зависит от угла падения солнечных лучей, волнения водной поверхности. Особенно значительна освещенность первого метра водного столба, который удерживает около 60% света. Эмбрионы и личинки многих водных животных развиваются в поверхностном, хорошо освещенном слое воды. Например, Сытина и Никольская (1984) экспериментально доказали, что, несмотря на повышение температуры в центре кладки, быстрее развиваются и первыми выклюиваются зародыши этого вида из более верхних освещенных слоев. В свою очередь, Терентьев (1950) отмечал, что икра травяной лягушки при прочих равных условиях развивается в темноте с такой же скоростью, что и на свету. Целью нашей работы яв-

лялось изучение влияния освещенности на личиночное развитие и рост озерной лягушки. Нами с 1999 г. проводятся исследования влияния различных параметров света (фотопериод, освещенность, длина волны) на рост и развитие личинок трех видов земноводных (*Rana temporaria*, *Rana ridibunda*, *Xenopus laevis*).

На личинок озерной лягушки фотопериод действовал следующим образом. Первые 17-20 суток от вылупления рост головастиков был примерно одинаковым при любом световом периоде (от 0 до 24 часов в сутки), причем несколько выше масса средняя особей была в полной темноте. Однако в последующем ситуацию менялась. При полном отсутствии света рост резко ухудшился, тогда как при фотопериоде 12 свет/12 темнота и 18 свет/6 темнота он ускорился. Различия в развитии головастиков также проявились только на 25-30-е сутки выращивания.

Изучено действие освещенности на рост и развитие личинок озерной лягушки. После 40 дней выращивания рост личинок снижался в темноте. При освещенности 3, 7, 600 и 2400 лк рост был практически одинаковый. Смертность личинок в темноте увеличивалась. Продолжительность метаморфоза и личиночного развития снижалась при освещенности от 7 до 2400 лк. В аналогичных опытах, поставленных с личинками шпорцевой лягушки, постоянное отсутствие света по сравнению с круглосуточным освещением при содержании в аквариуме приводило значительному и достоверному снижению роста и темпов развития, а также возрастанию смертности и вариабельности. Повышение освещенности (в ряду 0, 100, 2500 лк) увеличивало размеры головастиков травяной лягушки. Смертность личинок до наступления метаморфоза повышалась при нулевой освещенности. Крупные сеголетки появлялись при освещенности 100 и 2500 лк.

Наши опыты показали, что наименее комфортным освещением является красный свет. Именно в этом варианте рост и развитие личинок, размеры сеголеток были хуже, чем в других монохроматических режимах. Особенно негативно красный свет действовал на головастиков *X. laevis*. Он угнетал общее развитие, снижал темп роста личинок поздних стадий, увеличивал смертность особей, усиливал вариабельность размеров. Личинки всех видов лучше росли и быстрее развивались при зелено-синем освещении. При этом благоприятнее действовала голубая зона спектра. Длительность личиночного развития снижалась при зелено-голубом освещении на 3-4 суток и повышалась при красном. Сеголетки, прошедшие метаморфоз при голубом и зеленом освещении, имели более крупные размеры (на 10-13.5% по сравнению с контролем), при красном свете размеры головастиков снижались. При синем освещении личинки развивались быстрее, однако во время метаморфоза при возрастании энергетических трат масса вышедших сеголеток снижалась. Предполагается влияние отдельных монохроматических зон на синтез различных гормонов (в первую очередь, соматотропина, пролактина, тироксина и мелатонина). Возможна и антистрессовая направленность голубого света, т.е. он может выступать в качестве стресс снимающего агента. Остальные зоны спектра достоверных изменений показателей не вызывали.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта Президента РФ (МК-1066.2003.04).*

#### **Список литературы**

Сытина Л.А., Никольская Н.Г. 1984. Индивидуальная изменчивость скорости развития зародышей травяной лягушки *Rana temporaria* L. в природе и эксперименте // Экологоморфологические исследования раннего онтогенеза позвоночных. М.: Наука. С. 70–96.

Терентьев П.В. 1950. Лягушка. М.: Сов. наука, 346 с.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

И.Л. Рыжко, В.А. Кучеров, А.М. Андриевский

Одесский национальный университет, 65026 Украина, г. Одесса,  
e-mail: kira\_ril@mail.ru

Целью работы являлось изучение изменений некоторых онтогенетических, физиологических и биохимических показателей у инбредной линии *Drosophila melanogaster* дикого типа при воздействии солей тяжёлых металлов.

Реальную плодовитость определяли по числу куколок, образовавшихся в тех или иных индивидуальных условиях. Выживаемость оценивали по числу образовавшихся имаго из общего числа куколок. Для выявления степени воздействия солей тяжёлых металлов на показатели плодовитости и выживаемости потомства дрозофилы, принимали количество куколок и имаго у контрольных мух за 100%. Используя метод щелочного электрофореза, а также гистохимическую реакцию одновременного азосочетания с последующим компьютерным денситометрированием гелевых блоков, изучали влияние одноразовых добавок в питательную среду солей тяжёлых металлов на экспрессивность карбоксиэстераз дрозофилы на основных стадиях её развития (Корочкин и др., 1977; Тоцкий, Джан, 1990; Кроль, 1996; Андрієвський и др., 2003).

При введении в питательную среду солей металлов в концентрации 0.02 мМ для хлоридов кобальта и меди нами не были отмечены значительные отклонения от реальной плодовитости мух контрольной популяции, однако даже на фоне этой минимальной концентрации, соли цинка и кадмия вызывали снижение количества потомков до 20% по сравнению с контролем (рис. 1). Выживаемость потомства для  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$  и  $\text{ZnCl}_2$  колебалась в пределах 80–90%, для  $\text{CdCl}_2$  составляла лишь 40%. Кроме того, в присутствии хлорида меди, цинка и кадмия в указанной концентрации отмечалась незначительная асинхрония в развитии личинок и куколок без существенных отклонений в сроках развития.

Соли тяжёлых металлов, используемые в малой концентрации (0.02 мМ), практически не оказывали влияния на систему карбоксиэстераз личинок, куколок и имаго дрозофилы (рис. 2А). При этом, оставался неизменным и чётко выраженный на имагинальной стадии развития муhi половой диморфизм, проявлявшийся в экспрессии  $\beta$ -фильного фермента ( $Rf=0,270$ ): постэлектрофоретическая выраженность этой карбоксиэстеразы у самцов примерно в 2 раза превосходила таковую у самок.

При дальнейшем повышении концентрации солей тяжелых металлов нами было отмечено постепенное понижение показателей плодовитости и выживаемости потомства. Особенно сильное угнетение показателей жизнеспособности дрозофилы отмечалось в отношении солей кобальта и кадмия.

Добавление в питательную среду солей тяжёлых металлов в концентрации 0.08 мМ вызывало снижение реальной плодовитости мух и уровня выживаемости потомства при задержке развития его на 1 сутки на стадиях яйца – личинки. Соли кадмия и меди заметно нарушили синхронность развития потомства. В то же время токсическое воздействие соли цинка проявлялось в меньшей степени.

Хлористый кадмий в указанной концентрации сильно угнетал  $\alpha$ - и  $\beta$ -фильные карбоксиэстеразы личинок и куколок и существенно подавлял экспрессию этих ферментов у самцов и самок имаго (рис. 2Б). В отличие от этого, соли Со, Cu и Zn как у куколок, так и у самцов имаго заметно стимулировали экспрессию  $\beta$ -фильной карбоксиэстеразы, в то же время слабо влияя на степень выраженности других изоформ.

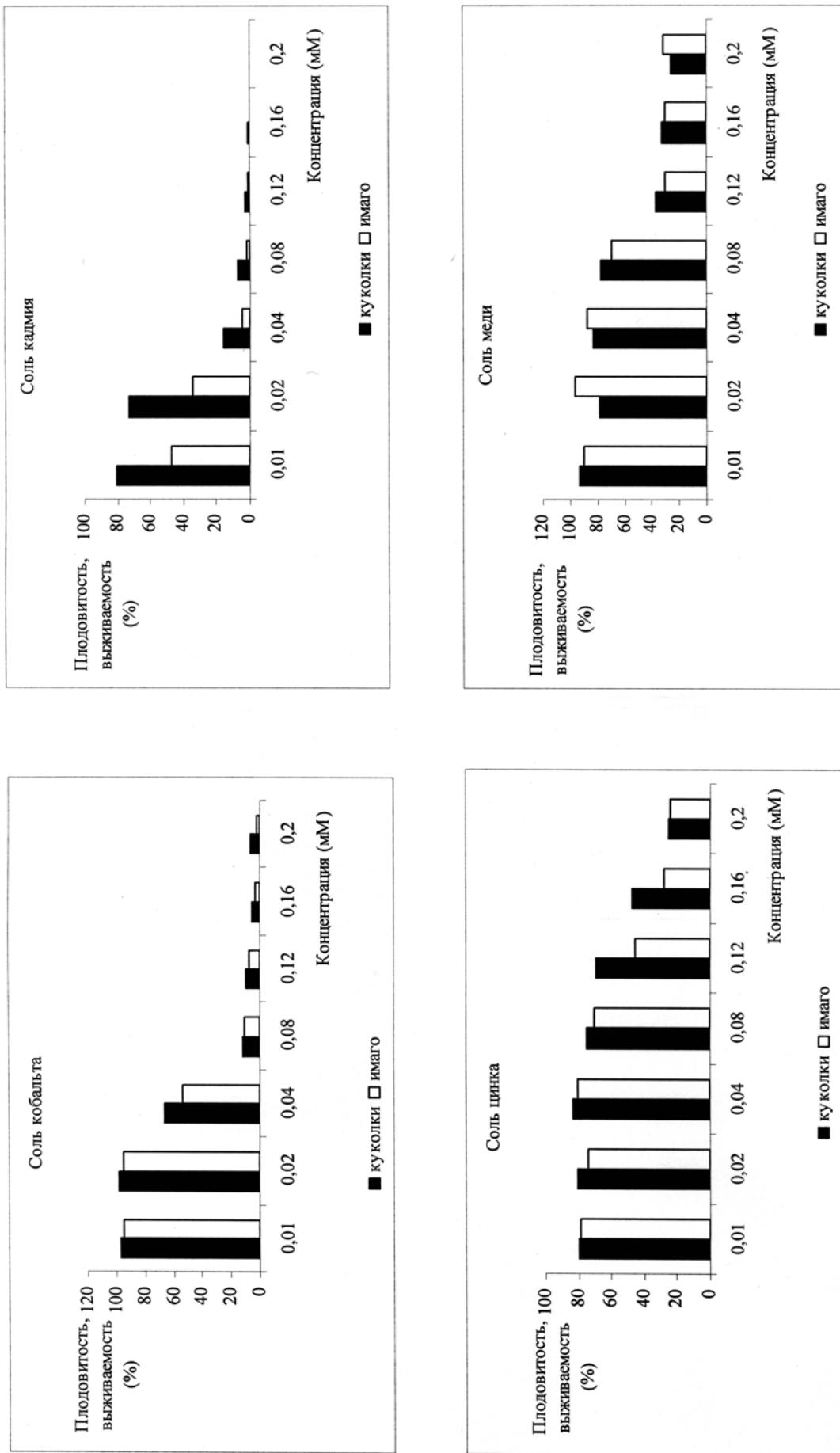
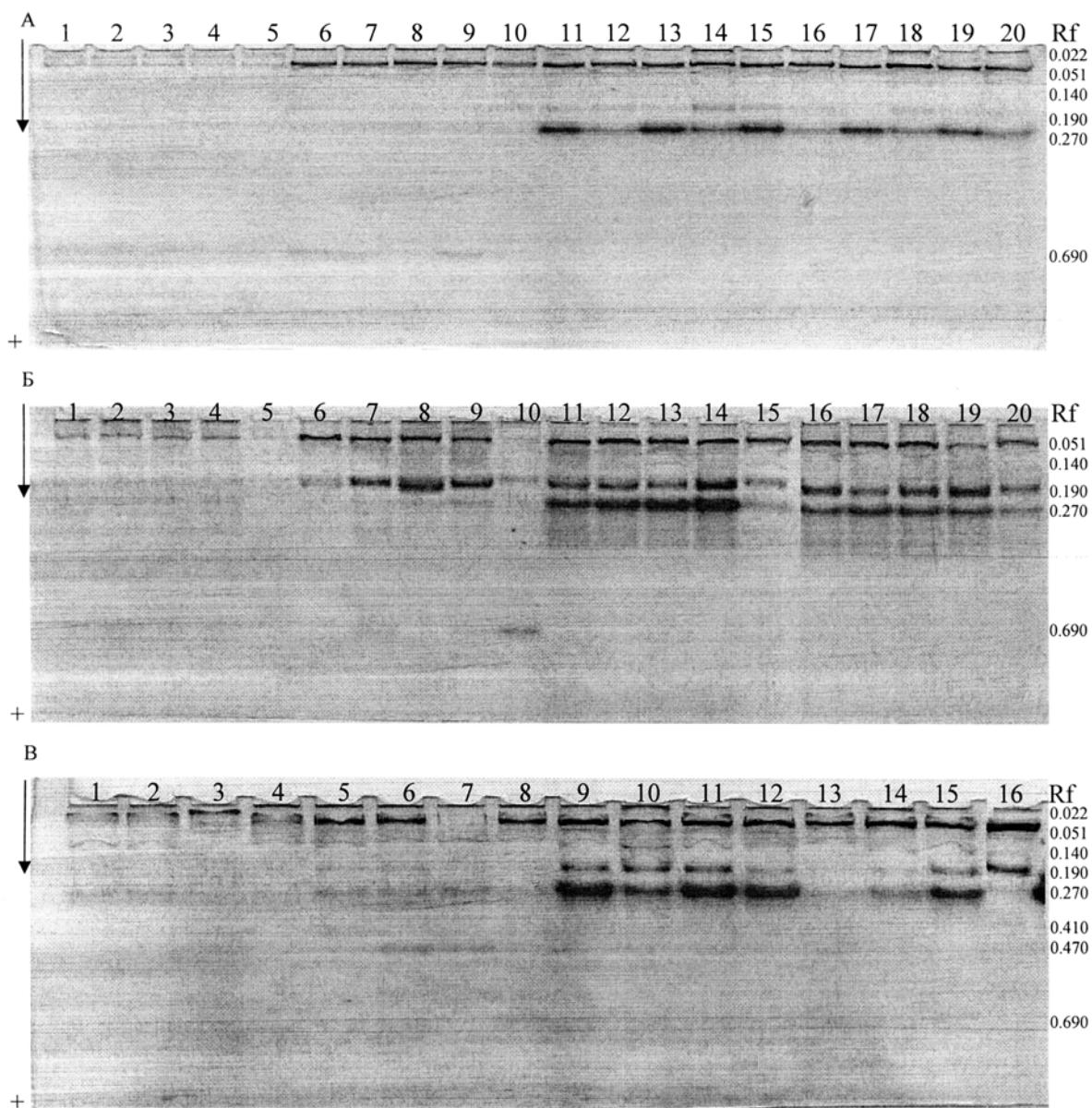


Рис. 1. Реальная плодовитость и выживаемость мух линии Normal при воздействии солей тяжелых металлов



**Рис. 2. Онтогенетические изменения в системе карбоксиэстераз дрозофил, развивавшихся на питательных средах с добавками солей тяжёлых металлов: А – концентрация солей – 0,02 мМ. Инкубация 30 мин. Слоты: 1–5 – личинки (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ); 6–10 – куколки (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ); 11–20 – имаго (контроль ♂♂ – ♀♀,  $\text{CoCl}_2$  ♂♂ – ♀♀,  $\text{CuCl}_2$  ♂♂ – ♀♀,  $\text{ZnCl}_2$  ♂♂ – ♀♀,  $\text{CdCl}_2$  ♂♂ – ♀♀). Б – концентрация солей – 0,08 мМ. Инкубация 60 мин. Слоты: 1–5 – личинки (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ); 6–10 – куколки (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ); 11–15 – имаго ♂♂ (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ); 16–20 – имаго ♀♀ (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ). В – концентрация солей – 0,20 мМ. Инкубация 60 мин. Слоты 1–4 – личинки (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ); 5–8 – куколки (контроль,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ); 9–16 – имаго (контроль ♂♂ – ♀♀,  $\text{CoCl}_2$  ♂♂ – ♀♀,  $\text{CuCl}_2$  ♂♂ – ♀♀,  $\text{ZnCl}_2$  ♂♂ – ♀♀). Вертикальными стрелками указано направление движения ферментов в геле.**

Повышение концентрации солей металлов от 0.12 до 0.2 мМ, резко усиливало токсический эффект: наблюдалось снижение плодовитости и выживаемости (в случае хлорида кадмия при концентрации соли 0.16 мМ гибель потомства составляла 90% по сравнению с контролем, концентрация 0.2 мМ являлась летальной). Задержка в раз-

витии потомства при концентрации 0.2 мМ всех указанных солей тяжёлых металлов составляла 3 суток на стадиях яйца – личинки, что сопровождалось значительной асинхронией в развитии как личинок, так и куколок.

Как активирующее ( $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ), так и угнетающее ( $\text{Cd}^{2+}$ ) действие катионов на стадиях куколки и имаго, очевидно, связано с их способностью накапливаться в тканях личинок в результате их интенсивного питания и проявлять эффект в более поздние периоды развития дрозофилы. Что касается карбоксиэстеразной системы, то на стадии куколки и имаго она оказывалась более чувствительной к высокой концентрации хлористой меди: в первом случае блокировалась наименее подвижная ( $R_f=0.051$ )  $\alpha$ -фильная карбоксиэстераза, во втором – быстроподвижная ( $R_f=0.190$ )  $\alpha$ -эстераза и  $\beta$ -фильная ( $R_f=0.270$ ) карбоксиэстераза (рис. 2В).

### **Список литературы**

Корочкин Л.И., Серов О.Л., Пудовкин А.И. и др. 1977. Генетика изоферментов. М.: Наука, 275 с.

Тоцкий В.Н., Джан Зе Ук. 1990. Регуляция экспрессии ген-энзимных систем в онтогенезе дрозофилы при неблагоприятных условиях её развития и существования // Генетика развития растений и животных. Тез. совещ. Ташкент. Т. 1. Ч. 2. С. 260–262.

Кроль М.Ю. 1996. Воздействие тяжёлых металлов на неспецифические эстеразы в опытах *in vitro* // Сб. науч. тр. ВНИИ вет. сан., гигиенич. и экол. С. 61–64.

Андрієвський О.М., Рижко І.Л., Радіонов О.О. 2003. Фізіологічно-біохімічні показники в онтогенезі дрозофіли за впливу солей металів // Вісник ОНУ. Т. 8. Вип. 1. С. 9–18.

## **ОСОБЕННОСТИ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРЕПЕ БЕЛОГРУДЫХ ЕЖЕЙ (*ERINACEUS CONCOLOR* MARTIN, 1838) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

**А.А. Саварин**

246029 Беларусь, г. Гомель, а/я 79, e-mail: animals@tut.by

В териологических исследованиях краиологические особенности пространственных группировок вида часто трактуют как следствие генетической индивидуальности, возникающей при репродуктивной изоляции. Однако эти особенности могут иметь и иную природу, патофизиологическую.

Стоит заметить, что широко применяемый для оценки стабильности развития особей уровень флюктуирующей асимметрии, как правило, не дает возможности указать причины морфологических изменений. Кроме того, териологи при описании краиологических особенностей различные аномалии и патологии либо вообще не замечают, либо не учитывают. Поэтому составление подобных каталогов позволит не только диагностировать происходящие морфологические преобразования, но и понять их причины.

В этой связи накопленный материал по аномалиям и патологиям черепа белогрудого ежа (*Erinaceus concolor*) региона представляет интерес не только для специалистов по насекомоядным (*Insectivora*) млекопитающим.

Для выявления особенностей патологических процессов в черепе был проанализирован коллекционный материал, собранный нами в ходе комплексных исследований пространственных группировок вида (1995–2001 гг.) на территории республики Беларусь, а также хранящийся в фондовой коллекции Зоологического музея Белорусского государственного университета (БГУ, г. Минск). Всего исследовано 314 черепов ежей, отловленных на территории 5 из 6 областей республики (Гродненская, Ви-

тебская, Минская, Могилевская, Гомельская). По предварительным результатам краиниологических исследований белогрудого ежа региона опубликован ряд работ (Саварин, 2001, 2003, 2003а и др.). Видовая принадлежность ежей анализировалась (Гричик, Саварин, 1999). Цель данной статьи — выявить общие закономерности протекания патофизиологических процессов и факторы, обуславливающие эти морфологические преобразования.

При изучении этологических особенностей белогрудого ежа были получены сведения, не только противоречащие теории, но и вызывающие интерес с позиции невропатологии.

У насекомоядных млекопитающих теоретически сильно развито обоняние. Однако по наблюдениям 1995-1999 гг. белогрудые ежи, обитающие в регионе, распознают чужеродные запахи слабо. Так, стоящего человека взрослый еж улавливает носом (с помощью обоняния) на открытом пространстве при безветрии и сухой погоде всего с 4-5 м, сеголетка (1-2 месяца) — около 3 м (Саварин, 1999). В данных условиях обоняние по эффективности значительно уступает слуху. Практически не чуял еж с такого же расстояния и собаку (овчарку), поэтому зверек и не менял направления движения. В сырую же безветренную погоду взрослый еж не подпускал к себе ближе 10-15 м. Таким образом, при высокой влажности химическое чутье все же усиливается до 3 раз. Это в значительной степени обусловлено усилением запахов, исходящих от опознаваемых объектов, а не улучшением работы обонятельного анализатора ежа. Временные нарушения восприятия запахов обычны после перенесения инфекций дыхательных путей. В данном случае обоняние было слабым постоянно. Поэтому следовало предположить у белогрудого ежа поражение I пары черепных нервов — обонятельного нерва (n. olfactorii).

Не находят теоретического объяснения случаи «провала активности» ежа при стабильной погоде, т. е. в какой-то день двигательная активность резко снижалась, а на следующий день снова постепенно возрастала. Ежи значительно снижают активность лишь при резком, внезапном изменении погоды или накануне грозы. Странным выглядят и находки ежей в высокой густой, непролазной траве. Нельзя считать это место местом ночевок или дневок по ряду причин: почти полностью отсутствуют естественные враги ежа в районе исследований; имеются многочисленные, более удобные укрытия иного рода (валежник, норы, овраги).

Известны случаи, когда пришедший *днем* на дачный участок еж, погибал на следующий день. Вызывают удивления факты захода ежа на остановки общественного транспорта (на окраине города) при отсутствии около них пищевых отходов и постоянном шуме людей. Объяснение подобного поведения только поиском жужелиц и не боязнь человека выглядит неубедительным.

Эти и другие известные нам факты случаев странного поведения ежей **предполагали наличие мощного неврогенного фактора (или факторов)**.

В ходе изучения краиниологических особенностей белогрудого ежа различных территориальных группировок Беларуси был выявлен целый ряд аномалий и патологий: множественная перфорация наружной пластинки (*lamina externa*) свода; большие размеры брегматической кости, удлиненность зубцов этой кости, высокая частота встречаемости ее множественной формы у сеголеток и взрослых особей; вздутие и расхождение костей на венечном, стреловидном и чешуйчатом швах; выпячивание лобных костей с истончением прилегающих участков; вздутие и последующее разрушение костной ткани предчелюстной и верхнечелюстной кости; кривизна метопического и стреловидного швов, заходящих то на левую, то на правую половину свода; кальцинирование решетчатой пластинки (*lamina et foramina cribrosa*); экзостоз (нарост на кости, образованный костной тканью) затылочной кости и области опистионоса (середины заднего края) большого отверстия (*foramen magnum*); большое количество теменных отверстий и др. *Некоторые из названных патологических изменений черепа*

(например, разрушение костной ткани предчелюстной и верхнечелюстной кости с образованием губчато-ячеистой структуры с большими пустотами) должны вызывать соответствующие болевые ощущения и изменения в поведении зверьков, вплоть до комы. Другие патологические процессы могут ослаблять функции органов чувств (например, кальцинирование решетчатой пластинки согласуется со слабым обонянием).

**Общими закономерностями патофизиологических процессов в черепе ежей региона являются:**

**1. Вздутие и последующее разрушение костной ткани на границе предчелюстной и верхнечелюстной кости.** Эти патологические процессы регистрируются у ежей любого возраста, даже 2-3 месячного. Так, в коллекции зоомузея БГУ имеется череп сеголетка, отловленного В. В. Гричиком 23.09.1992 в Вилейском районе Минской области. Вместе с вздутием предчелюстной кости заметна и ее легкая изъеденность. Наиболее вероятными причинами этих деструктивных процессов могут быть воспалительные заболевания, обусловленные инвазией патогенными бактериями (остеомиелит) или грибами (актиномикоз) (Коваль, Даниленко, Нестеровская, 1984), а также злокачественные опухоли (саркома) (Михайлов, 1989). О существовании злокачественной опухоли свидетельствуют следующие факты: рост атипичной костной ткани изнутри челюсти (эффект «поднимающейся глыбы»), округлость контуров области перфорации предчелюстной кости.

**2. Постепенное вздутие лобных костей; лобный отдел приподнимается над остальной частью свода черепа.** Хранящийся в коллекции БГУ череп зимовавшего белогрудого ежа из Смолевичского района Минской области (отловлен Писаненко А.Д., 26.04.1996) имеет четко диагностируемое вздутие. Следует заметить, что ранее другие авторы (Огнев, 1928) придавали вздутию лобных костей диагностическое значение в видовом (в современном понимании — в подвидовом) определении ежей р. *Erinaceus (concolor и roumanicus)*. Расширение лобного отдела свода обусловлено постепенно развивающейся внутричерепной гипертензией. Как известно, ЦНС молодых особей обладает высокой степенью компенсаторных процессов (Клиническая онкология ..., 1965) поэтому, тот факт, что не у всех взрослых ежей происходит выпячивание лобных костей, согласуется с теорией течения патофизиологических процессов при гипертензионно-гидроцефальном синдроме.

**3. Незарастание брегматической кости (*os fonticuli anterioris s. frontalis*).** Так, в черепах взрослых ежей из Толочинского района Витебской области (отловлен Домбровским В., 03.07.1993) и Мядельского района Минской области (отловлен Гричиком В.В., 01.05.1979) есть брегматическая кость, причем в первом случае отмечается ее множественная форма. Интересен тот факт, что хранящиеся в музее Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург) черепа особей белогрудого ежа (n=14), отловленных на территории Гомельской области (г.п. Уваровичи) в первой половине XX века, в большинстве случаев имеют небольшую брегматическую кость (устное сообщение М. В. Зайцева, ЗИН). В музее БГУ (инв. 188) имеется череп ежа с 2 мелкими брегматическими костями (длиной около 2 мм), отловленного еще 14.06.1934. (коллектор неизвестен). Изложенные факты говорят о наличии **устойчивых** факторов, препятствующих зарастанию переднего родничка (*fonticulus anterior*), на месте которого и образуется брегматическая кость. Постоянные роднички, к которым относится и передний, регулируют колебания внутричерепного давления при росте черепа и мозга, обеспечивают смещение костей. Изложенные доводы вполне логичны с учетом указанного ранее вздутия лобного отдела свода. Кроме того, о патофизиологических причинах незарастания брегматической кости свидетельствуют: высокая частота встречаемости ее множественной формы (у сеголеток в возрасте до 3 месяцев — в 100 %, а у взрослых ежей в 20 % случаев); удлиненность ее зубцов (заходят далеко вперед между лобными костями) и большие ее размеры (длина может достигать 14 мм, а ши-

рина — 6 мм); различные типы формирования множественной брегматической кости (Саварин, 2003).

Основными причинами выявленных патологий следует считать внутричерепную гипертензию (следствием которой является и расширение венозной системы головного мозга), деструктивные процессы в костной ткани (диффузная деструкция), нарушения кальциевого обмена. Есть основания предполагать и наличие злокачественных опухолей кости.

Известно, что в результате увеличения внутричерепного давления и изменения мозгового кровообращения нарушаются функции нервных центров, в частности, дыхательного и сосудов двигателного. Это в свою очередь вызывает дыхательную недостаточность. Поэтому регистрируемая у отдельных ежей времененная малоподвижность вызывается, по нашему мнению, двумя основными причинами: болевым шоком и дыхательной недостаточностью.

Патофизиологические процессы приводят не только к ранней и высокой смертности (что и обуславливает малую долю *senex* в пространственной группировке), невозможности особей достичь своих предельных для вида размеров, но и к аномальному поведению, нарушениям территориального распределения и социального взаимодействия. Таким образом, патофизиологические процессы существенно трансформируют популяционные характеристики. В этой связи целесообразно разработать критерии для определения границ «нормальной» и патофизиологической популяционной экологии.

Выявленные изменения в черепе белогрудого ежа Беларуси не являются уникальными, т. е. характерными только для данного вида региона. Например, кальцинирование решетчатой пластинки выявлено также и у ондатры (Саварин, Липский, 2002). Более того, течение патологических процессов в черепе ежей других регионов не вызывает сомнений, несмотря на крайнюю малоизученность этого вопроса. Так, у ежей *E. concolor* Кавказа частота встречаемости врожденных костных дефектов свода составляет 1.6% (Соколов, Темботов, 1989).

Следует предположить связь патофизиологических процессов в черепе белогрудого ежа с инфицированностью патогенными микроорганизмами (*Borrelia*, *Leptospira*, *Listeria*, *Toxoplasma* и др.), вирусами (прежде всего рода *Flavivirus*), гельминтами (рода *Trichinella*). Хроническое течение заболеваний, вызванные указанными группами паразитов, приводит к патологии многих систем органов, часто – ЦНС. К сожалению, гельминтологические исследования ежей Беларуси в настоящее время не проводятся (последние данные – Меркушева, Бобкова, 1981), а микробиологические исследования вообще никогда не проводились. Однако надлежит предполагать высокую степень инвазии белогрудого ежа указанными группами (или группой) паразитов, так как инвазия других видов млекопитающих Беларуси и сопредельных территорий доказана (Савицкий, Цвирко, 1999; Ромашов, Рогов, 2003 и др.). Подобные исследования имеют важное медико-эпидемиологическое значение, так как белогрудый еж – массовый вид млекопитающих на территории республики.

Следует подчеркнуть, что течение патофизиологических процессов у диких животных носит хронический характер. Поэтому при условии выявления патогенного фактора белогрудый еж мог бы стать не только биоиндикаторным видом, но и модельным для изучения общих закономерностей патологических процессов в пространственных группировках ежей других регионов.

Автор благодарит М.В. Зайцева (ЗИН РАН, г. Санкт-Петербург) за предоставленную информацию о наличии брегматической кости в черепах белогрудого ежа.

#### Список литературы

Гричик В.В., Саварин А.А. 1999. О видовой принадлежности ежей (род *Erinaceus*) фауны Беларуси // Вест. Белорусского госуд. университета (серия 2). № 2. С. 42-45.

- Зайцев М.В. 1982. Географическая изменчивость краинологических признаков и некоторые вопросы систематики ежей подрода *Erinaceus* (Mammalia, Erinaceinae) // Тр. ЗИН РАН. Морфология и систематика млекопитающих. Т. 115. С. 92-117. – 1984. К систематике и диагностике ежей подрода *Erinaceus* (Mammalia, Erinaceinae) фауны СССР // Зоол. журн. Т. 63. Вып. 5. С. 720-730.
- Коваль Г.Ю., Даниленко Г.С., Нестеровская В.И. 1984. Рентгенодиагностика заболеваний и повреждений черепа. Киев: Здоровье, 376 с.
- Клиническая онкология детского возраста, 1965. М.: Медицина, 343 с.
- Меркушева И.В., Бобкова А.Ф. 1981. Гельминты домашних и диких животных Белоруссии. Минск: Наука и техника, 118 с.
- Михайлов А.Н. 1989. Рентгеносемиотика и диагностика болезней человека. Минск.: Высшая школа, 608 с.
- Огнев С.И. 1928. Звери Восточной Европы и Средней Азии: Насекомоядные и летучие мыши. М.; Главнаука. Т. 1. С. 1-631.
- Ромашов Б.В., Рогов М.В. 2003. Экологические закономерности циркуляции трихинеллеза в Воронежской области // Териофауна России и сопредельных территорий: Мат. межд. совещ. М., 2003. С. 295-296.
- Саварин А.А. 1999. К уточнению сезонной и суточной активности белогрудого ежа в Белорусском Полесье // Биологическое разнообразие Национального парка «Припятский» и других особо охраняемых природных территорий: Сб. тр. Национального парка «Припятский». Туров-Мозырь, С. 332-334. – 2001. Об изменчивости формы добавочной кости (os fonticuli anterioris s. frontalis) в черепе белогрудого ежа (*Erinaceus concolor* Martin, 1838) // Вестник Витебского государственного университета. № 1 (19). С. 91-94. – 2003. Предварительный каталог патологий и аномалий черепа белогрудого ежа (*Erinaceus concolor* Martin, 1838) Белорусского Полесья // Териол. исслед. СПб., Вып. 4. С. 29-37. – 2003а. Краинологические особенности белогрудого ежа (*Erinaceus concolor*) Белорусского Полесья – региона глобальных техногенных воздействий // Поволж. экол. журнал. № 3. С. 259-265.
- Саварин А.А., Липский С.А. 2002. О пороках развития обонятельного анализатора ондатры Белорусского Полесья // Матер. IV науч.-практ. конф. «Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий». Гомель. С. 206-207.
- Савицкий Б.П., Цвирко Л.С. 1999. Трансмиссивные зоонозы в Гомельской области. Мозырь: Белый Ветер, 114 с.
- Соколов В.Е., Темботов А.К. 1989. Позвоночные Кавказа: Насекомоядные. М.: Наука, 548 с.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГО-ЭТОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ОСТРОВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ОДИЧАВШИХ  
ЛОШАДЕЙ (ЗАПОВЕДНИК «РОСТОВСКИЙ»)**

Е.С. Савельева

Московская сельскохозяйственная академия, 127550 г. Москва,  
e-mail: eslizelsizoo@front.ru

Объектом данных исследований являлась популяция одичавших лошадей. Популяция существует на острове Водном, расположенному на территории заповедника «Ростовский». Остров Водный представляет собой холмистый, степной участок, окруженный солеными водами озера Маныч-Гудило. Пресных источников на острове нет, и вся питьевая (слабосоленая) вода представлена искусственным водоемом - водосборником пресной дождевой воды, (40 м), расположенным в центре северо-западной части острова.

Первые за документированные сведения о наличие на острове Водном одичавших лошадей относятся к 30-тым годам двадцатого века. Родоначальниками попу-

ляции явились домашние лошади, завезенные на остров с целью обеспечивать передвижение персонала обслуживающего выпас овец. Лошади представляли собой помеси аборигенных и донских лошадей, отбракованных по причине утраты ими хозяйственной ценности, в количестве 5 голов (1- мерин, 2 - жеребца старше 20 лет, 2 - кобылы). Происходила постепенная самопроизвольная интродукция и к 1970-80 годам численность лошадей доходила до 80 голов. Попытка приручения в 1982 году привела к истреблению 75% особей. В зиму 1982 г. на остров вернулось только 20 голов. В 2000 году насчитывалось 110 голов. В 2002 – 180 голов. В процессе изучения популяции удалось установить численность лошадей на протяжении последних 80 лет (рис.).

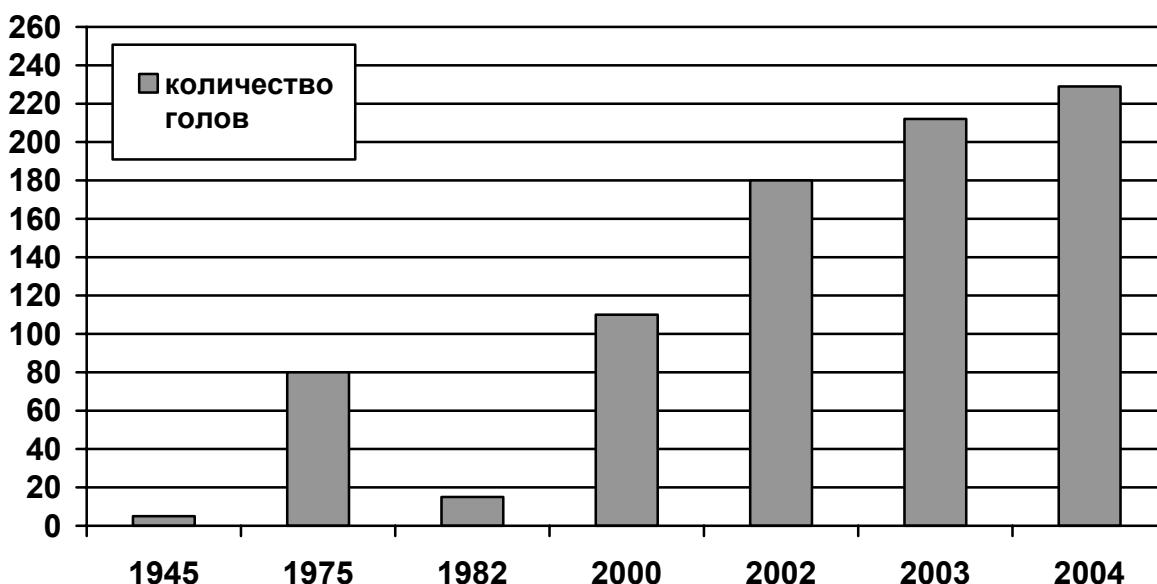


Рис. Динамика роста численности популяции.

Отсутствие хищников, контакта с домашними животными, изолированность (соленая вода озера, обладающая дезинфицирующими свойствами) создают оптимальные условия для прогрессивного развития популяции. Но параллельно с этим не следует забывать о постоянном инбридинге, закрепляющем особенности популяции.

В результате наблюдений и применения методик сравнительного анализа удалось составить общую для всех особей фенотипическую характеристику: лошади довольно крупные от 165 до 173 см в холке, голова не большая, правильного профиля, уши пропорциональные, подвижные, глаза крупные, выразительные, шея длинная, широкая, обмускульная, грудь широкая, глубокая, холка высокая, длинная, спина прямая, поясница короткая, «крепкая», круп плотный, не свислый, рельефно обмускульный, ноги «сыроватые», правильной или слегка саблистой поставки, хвост высоко поставленный, доминирующая окраска волосяного покрова (масть) – рыжая, часто встречаются отметины в виде неправильных белых пятен не превышающих по своей площади 1/12 площади всего волосяного покрова, длина волос составляет гравюра и хвост не ограничена, на ногах щетки, не закрывающие копыто, зимний волос длинный с плотным подшерстком, летний короткий, подшерсток слабо выражен, зимняя окраска в целом темнее летней на один два тона. Помимо этого в процессе наблюдений установлена тенденция к увеличению высоты в холке у последующих поколений – разница с предыдущим составляет от 1 до 3 см. У особей популяции не наблюдалось визуально определяемых пороков конституции или уродств.

Исследования по одомашниванию животных показывают появление пятнистости при одомашнивании, настоящие наблюдения отрицают проявление обратных процессов у лошадей. Также данные этой работы позволяют с уверенностью говорить об отсутствии проявлений (в процессе одичания) признаков тарпанов или лошадей Пржевальского, также как и проявлений зеброидности. Особи способны плодотворно скрещиваться между собой и приносить плодовитое потомство с сохраняющимся фенотипом родителей.

Так же были установлены некоторые этологические особенности, передающиеся по наследству.

1. Агрессивное поведение жеребцов доминантов по отношению к своему потомству заключается в изгнании жеребят мужского пола (в возрасте не старше 1 года) из микротабунов в осенний период.

2. Отсутствие стремления к объединению со своим изгнанным из микротабунка потомством у кобыл.

3. Сезонные изменения в структуре табуна: а) Осеннее объединение микротабунов в один макро-табун с одним жеребцом лидером макро-табуна и подчиненными, но сохраняющими свои микро-табунки, жеребцами-лидерами второго порядка. Подобное преобразование приводит к появлению иерархической структуры прямого сложного подчинения. Процесс объединения занимает от одного до четырех месяцев. Тенденция к объединению начинает проявляться после первого резкого понижения температуры на 3-5<sup>0</sup>С. б) Весной, в период массовой выжеребки, начинается разделение макро-табуна на микро-табунки, жеребец – лидер макро-табуна теряет свою значимость. В этот момент происходит повторное преобразование иерархической структуры с утерей лидера первого порядка и образованием множества самостоятельных микро-табунов, иерархия которых зависит от количества кобыл и молодняка, закрепленных за одним жеребцом и определяется в моменты столкновений у водопоя, а также при распределении пастбищных участков.

4. Агрессивные столкновения между жеребцами лидерами происходят контактно и проходят в 2 этапа: а) угроза (встряхивание гривой, удары копытами по грунту, наклоны головы к земле, рытье копытами грунта, всхрапывание, подъем на задние конечности), б) Контактирование, проходящее по определенной схеме: кусание, взбрыкивание, обоюдное поднятие на задние конечности, падение на запястья с последующей борьбой лобной и височной частью головы (бодание), борьба шеями, резкое поднятие на задние конечности с попытками наложения передних конечностей на плечи противнику и заключительный отгон более слабого на расстояние не более 400 метров от места схватки.

5. Следование всех микро-табунов и макро-табуна по определенным строго специализированным маршрутам, распределенным в соответствии с сезонами. В местах прохождения наиболее значимых маршрутов миграций образуются тропы, обновляемые по надобности и отмеченные множественными кучами испражнений. Отдельные особи передвигаются в соответствии с тропами, не образуя новых.

6. При поимке особи не зависимо от возраста происходит отказ от пищи, а в последствии и от воды. При попытках отлова молодняка в возрасте не более 2 недель гибель происходила в течении 1-2 месяцев.

7. В результате полученных предварительных данных вполне возможно утверждать, что данная популяция является уникальным примером адаптации.

**ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО ОТВЕТА  
*MUSCA DOMESTICA L.***

Е.С. Салтыкова, Л.Р. Гайфуллина, Г.В. Беньковская, А.Г. Николенко  
Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН,  
450054 г. Уфа, e-mail: saltykova-e@yandex.ru

Современное знание внутренних защитных реакций насекомых носит феноменологический характер и дает фрагментарное представление о механизмах, контролирующих эти реакции на протяжении всего онтогенеза. Совершенно очевидно, что каждая онтогенетическая стадия насекомых характеризуется собственными особенностями в стратегии формирования иммунного ответа, но как влияют эти периоды на формирование кратковременного и долговременного иммунитета не достаточно изучено. Не известно, насколько глубоко затрагиваются данные механизмы в моменты кардинальных перестроек организма, и насколько все это влияет на иммунитет и жизнеспособность особей в популяциях и у их потомства, что позволяет им адекватно бороться с обширным спектром патогенных микроорганизмов и другими неблагоприятными факторами окружающей среды.

Особенности пути формирования защитных реакций, характерные для каждой стадии развития насекомых, предполагают существование не только онтогенетических и филогенетических различий в механизмах формирования иммунитета насекомых, но и сохранение данных индуцированных защитных реакций, а также особенностей их проявления в онтогенезе полученного потомства. В многочисленных исследованиях развитие устойчивости насекомых к неблагоприятным факторам среды объясняется исключительно отбором устойчивых особей. Задача данных исследований заключалась в проверке возможности наследования индуцированных изменений защитных биохимических систем в поколениях насекомых. Для ее решения в серии экспериментов в двух поколениях чистых линий *Musca domestica* L. оценивался уровень активности ферментов двух довольно значимых защитных систем - антиокислительной и фенолоксидазной при действии факторов разного типа на родительское поколение. В качестве первого фактора в эксперименте использовался N-ацетил-D-глюкозамин (*NAGA*) - структурный элемент хитина, а также компонент клеточных стенок многих микроорганизмов, индуцирующий ряд изменений отдельных биохимических показателей насекомых, сходных с реакцией на действие БТБ, но не вызывающий патологии как бактериальный препарат (Салтыкова и др., 2003). Кроме того, ранее было обнаружено, что *NAGA*, являющийся компонентом клеточной стенки *Bacillus thuringiensis*, инициирует у комнатной мухи экспрессию дополнительных молекулярных форм фенолоксидазы, идентичных тем, что образуются при действии на насекомых БТБ. Второй способ воздействия осуществлялся тепловым стрессом, инициирующим у насекомых комплекс общих защитных реакций.

Для проведения экспериментов от родительского поколения Р, были получены чистые линии 3-х вариантов: 1) контроль, 2) имаго Р подвержено действию высокой температуры (50°C, 30 мин), 3) поколение Р развивалось в среде, содержащей *NAGA*. В предварительных экспериментах были определены критические периоды онтогенеза для комнатной мухи. В эти периоды многие биохимические показатели защитных реакций насекомых индуцируются действием экзогенных факторов и сохраняются на протяжении всех последующих стадий онтогенеза. Ранее существование критических периодов в онтогенезе и действие температурного фактора в эти моменты вызывавшее стойкое изменение количественных признаков было продемонстрировано в ряде

экспериментов на дрозофиле (Светлов, Корсакова, 1971). Вследствие этого воздействие вышеперечисленными факторами происходило в критические периоды онтогенетических стадий насекомого. В контрольных, обработанных *NAGA* или температурой линиях мух поколений Р, F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> определяли показатели жизнеспособности, активность каталазы, пероксидазы и ДОФА-оксидазы, а также электрофоретический спектр ДОФА-оксидазы. Полученные чистые линии 3-х вариантов характеризовались различной жизнеспособностью. Воздействие высокой температуры на имаго Р снизило количество жизнеспособных линий в F<sub>1</sub> в сравнении с контролем. В вариантах, поколение Р которых развивалось в среде с добавлением *NAGA* количество жизнеспособных линий в F<sub>1</sub> было, напротив, больше, чем в контроле. Сроки развития личинок и куколок мух в поколении F<sub>1</sub> достоверно сокращались, а вес куколок повышался.

По генеральным средним 3-х вариантов эксперимента на отдельных этапах онтогенеза поколений Р и F<sub>1</sub> отмечалась индукция (двух – трехкратное превышение контрольных значений) или достоверное повышение ( $P>0.95$ ) активности каталазы, пероксидазы и ДОФА-оксидазы действием *NAGA* и высокой температуры на поколение Р (табл. 1).

**Таблица. Генеральные средние активности каталазы, пероксидазы и ДОФА-оксидазы в онтогенезе *M. domestica* поколения Р и F<sub>1</sub> при действии *NAGA* и повышенной температуры на поколение Р (цветом отмечено достоверное повышение активности)**

Вариант	Активность каталазы, нМ/мин/мг белка			Активность пероксидазы, ед.акт./мин/мг белка			Активность ДОФА-оксидазы, ед.акт./мин/мг белка		
	Личинки	Пупарии	Имаго	Личинки	Пупарии	Имаго	Личинки	Пупарии	Имаго
Поколение Р									
K	11.30± 1.50	6.12± 0.78	25.30± 2.45	0.053± 0.004	0.048± 0.008	0.109± 0.011	0.033± 0.004	0.050± 0.002	0.030± 0.003
t 50°C			59.62± 2.54			0.187± 0.006			0.080± 0.002
<i>NAGA</i>	12.43± 1.32	10.51± 0.73	19.25± 1.40	0.057± 0.003	0.038± 0.004	0.120± 0.004	0.026± 0.002	0.095± 0.003	0.059± 0.006
Поколение F <sub>1</sub>									
K	9.03± 2.56	6.02± 0.53	18.61± 2.01	0.054± 0.011	0.052± 0.008	0.130± 0.010	0.030± 0.009	0.051± 0.008	0.041± 0.004
t 50°C	32.13± 4.58	19.40± 3.20	45.70± 6.70	0.103± 0.009	0.109± 0.010	0.118± 0.007	0.037± 0.009	0.158± 0.011	0.035± 0.005
<i>NAGA</i>	14.94± 2.10	23.99± 1.85	39.04± 4.26	0.113± 0.015	0.148± 0.015	0.146± 0.013	0.243± 0.026	0.104± 0.010	0.044± 0.005

Получасовая экспозиция имаго Р при 50°C вызвала у насекомых стойкое увеличение уровня каталазной, пероксидазной и ДОФА-оксидазной активности. В последующем поколении наблюдался индуцированный уровень активности каталазы на всех трех стадиях онтогенеза, пероксидазы - на стадиях личинки и куколки, а ДОФА-оксидазы – на куколочной стадии. Действие *NAGA* не вызвало значимых изменений уровня активности каталазы и пероксидазы в поколении Р *M. domestica* на рассматриваемых этапах развития, повысив лишь ДОФА-оксидазную активность у куколок и имаго. Тем не менее, в поколении F<sub>1</sub> действие *NAGA* сказалось в значительном увеличении активности каталазы на куколочной и имагинальной стадиях, а пероксидазы и ДОФА-оксидазы – на личиночной и куколочной стадиях. В серии экспериментов при

действии температуры на разные стадии онтогенеза (личинок, куколок или имаго) *M. domestica* в первом поколении появляющиеся индуцированные значения активности вышеуперчисленных ферментов сохраняют свою повышенную активность на тех же самых стадиях онтогенеза во втором поколении.

Данные достоверные изменения в активности ферментов наблюдаются при температурном воздействии на *M. domestica* в критические периоды онтогенетических стадий.

Электрофоретический спектр ДОФА-оксидазы имаго комнатной мухи в норме был представлен четырьмя тяжелыми фракциями с Rf 0.033, 0.083, 0.175 и 0.224. У личинок и куколок *M. domestica* в норме к данным молекулярным формам ДОФА-оксидазы добавлялась фракция с Rf 0.13. Кроме того, для куколочной стадии в норме были характерны фракции Rf 0.3 и 0.52. Получасовое воздействие на имаго высокой температуры индуцировало дополнительную зону с Rf 0.52. Добавление в среду личинкам *NAGA* инициировало появление у имаго двух более легких фракций с Rf 0.3 и 0.6 и двух суперлегких, опережающих краситель, фракций с Rf 1.3 и 1.4. С другой стороны, при действии *NAGA* на личиночной стадии редуцировалась фракция с Rf 0.52, индуцируемая у имаго тепловым стрессом. Тепловой стресс имаго Р индуцировал у личинок F<sub>1</sub> дополнительную фракцию ДОФА-оксидазы с Rf 0.4. У личинок F<sub>1</sub> в линиях, поколение Р которых развивалось в среде с добавлением *NAGA*, индуцировались дополнительные быстро мигрирующие фракции с Rf 0.72 и 1.2. У куколок F<sub>1</sub> в линиях, полученных от экспонированных при высокой температуре имаго, наблюдалась редукция характерной для данного этапа онтогенеза *M. domestica* молекулярной формы ДОФА-оксидазы с Rf 0.52. Куколки F<sub>1</sub>, поколение Р которых развивалось в среде с добавлением *NAGA*, отличались, как и личинки, наличием в электрофоретическом спектре зон с Rf, превышающими 1. У куколок таких фракций было больше, чем у личинок, и они легче (Rf 1.3 и 1.4). На электрофоретических спектрах ДОФА-оксидазы имаго F<sub>1</sub> в линиях всех вариантов стабильно воспроизводились зоны, характерные для спектра имаго Р в норме, а также индуцированные у имаго Р действием *NAGA* и высокой температуры. Ранее, другими исследователями (Светлов, Корсакова, 1966) были отмечены длительные экспрессируемые температурой модификации количественных признаков у дрозофил, причем данное изменение передавалось по наследству в довольно длинном ряду поколений без дополнительных воздействий. В поколении F<sub>2</sub> наблюдалось сохранение отдельных молекулярных форм ДОФА-оксидазы, инициированных действием *NAGA* в поколении Р. В линиях, поколение Р которых выращено на среде, содержащей *NAGA*, воспроизводились индуцированные молекулярные формы ДОФА-оксидазы Rf 0.3 у личинок и имаго и быстро мигрирующие фракции ДОФА-оксидазы с Rf, превышавшими 1, на всех стадиях онтогенеза.

Необходимо подчеркнуть, что *NAGA* и тепловой стресс индуцируют у *M. domestica* различные молекулярные формы ДОФА-оксидазы. Молекулярные формы ферmenta, индуцируемые тепловым стрессом имаго Р, сохраняются только в поколении F<sub>1</sub>. Легкие же фракции с Rf>1, индуцированные у поколения Р действием *NAGA*, стабильно воспроизводятся в чистых линиях мух в двух последующих поколениях. Аналогичным образом, активность ферментов антиокислительной системы и ДОФА-оксидазы обнаруживает повышенный и индуцированный уровни при тепловом стрессе имаго Р только в поколении F<sub>1</sub>, а при действии *NAGA* на поколение Р – в двух последующих поколениях. В целом же, результаты проведенного исследования показывают возможность наследования изменений защитных ферментативных систем в поколениях *M. domestica*, индуцированных двумя разными по типу действия факторами.

**ВЛИЯНИЕ ГОЛОДАНИЯ ЛИЧИНОК НА ФОРМИРОВАНИЕ ЧИСЛА СКЛЕРИТОВ НА ЧЕШУЕ**

В.Г. Самарский, В.Я. Любаев

ООО «Салмо», 693006 г. Южно-Сахалинск, e-mail: mikodina@vniro.ru

Для нерки отмечено существование зависимости прироста числа склеритов от условий питания (Bilton, Robins, 1971a; Бугаев и др., 1995), а также голодания (Bilton, Robins, 1971b). У одновозрастной нерки в лучших условиях питания на чешуе образуется большее число склеритов. Для кеты конкретных данных о влиянии голодания на образование склеритов нет, но отмечаются индивидуальные особенности в закладке чешуи в разные годы наблюдений под влиянием различных условий нагула (Шершнев, 1973; Карпенко, 1998).

Икрю от одной самки, оплодотворенную одним самцом, инкубировали в аппарате Аткинса, где в дальнейшем выдерживали свободных эмбрионов и личинок. По окончании резорбции желточного мешка личинки были разделены на две части. Первая (контрольная) часть - 500 шт. личинок, начала получать корм. Вторая часть (500 личинок) не получала корм еще в течение 9 суток, после чего их начали кормить по режиму, аналогичному для первой части. Кормили избыточно, 9 раз в сутки, используя лососевый комбикорм фирмы Aller Aqua. Подрашивание каждой части молоди производили раздельно в инкубационных аппаратах «бокс» с габаритами 790x630x450 мм. Водоподачу в аппараты осуществляли независимо. При подрашивании расход воды составлял 0.8 л/с в каждом боксе, содержание кислорода в воде 8 мг/л, температура воды весь период от начала инкубации оставалась неизменной - 6°C.

Общая длительность эксперимента от начала кормления составила 61 суток, при этом период кормления «голодавших» рыб составил 52 суток. По окончанию эксперимента у 50 экземпляров рыб из каждой партии были измерены длина, масса тела и взяты пробы чешуи. Чешую брали в одном и том же месте: 2-3 ряд над боковой линией на оси, соединяющей конец основания спинного и начало основания анального плавников (McLellan, 1987). В качестве измеряемой величины чешуи мы использовали ее ширину от крайней левой до крайней правой точки, через центр чешуйной пластинки (фокус). Измеряли ширину базальной пластинки. Подсчитывали количество склеритов. Все подсчеты и измерения производили на микроскопе МБС-10. Статистическую обработку данных производили при помощи компьютерной программы Microsoft Excel.

Показано (табл.), что у голодавшей в течение 9 дней молоди кеты средняя масса тела меньше, по сравнению с молодью начавшей кормиться сразу по окончании резорбции желточного мешка. Различия в средней массе тела сохранились до конца эксперимента.

Абсолютные темпы роста, как у «голодавшей» молоди, так и у «контрольной», оставались одинаковыми. Уравнения, описывающие рост средней массы тела молоди кеты в процессе подрашивания, оказались очень близки: для контрольных  $y=426.27e^{0,0215x}$ ,  $R^2 = 0.99$ ; для голодавших  $y=393,31e^{0,0216x}$ ,  $R^2 = 0.99$ .

Кроме того, голодание, вызвавшее снижение средней массы тела на 2.2% по сравнению с контролем, не повлияло на зависимость между шириной чешуйной пластинки (т.е. ее размерами) и массой тела молоди (или ее длиной). Уравнения, описывающие эту зависимость, очень близки: в контроле  $y=0.2032\ln(x)-0.9865$ ,  $R^2=0.85$ ; при голодании  $y=0.1799\ln(x)-0.8205$ ,  $R^2=0.8$ .

**Таблица. Показатели молоди кеты в начале и в конце эксперимента**

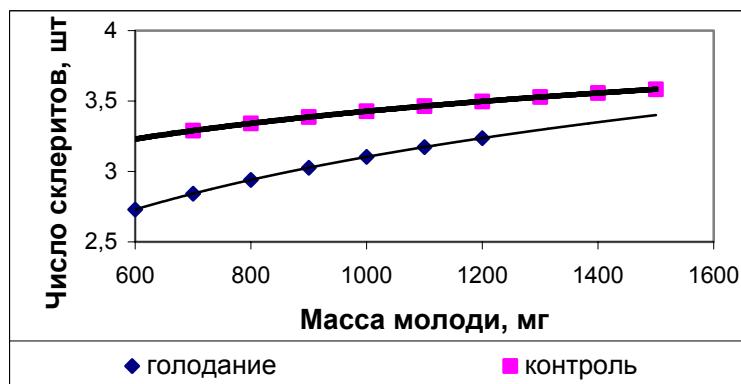
Варианты экспери-мента	Начало		Конец			
	Масса, мг	Длина, мм	Масса, мг	Коэф. вариации, %	Длина, мм	Количество склеритов
Голодание	396 360-416	41.7 39-43	1200 613-1688	21.8	55 45-62	3.4 2-4
Контроль	405 380-443	41.2 40-43	1520 733-2081	18.9	59 48-65	3.7 2-4

*Примечание: над чертой - среднее значение, под чертой – пределы варьирования.*

Нами отмечена слабая корреляция между числом склеритов и массой (длиной) молоди кеты, несмотря на то, что молодь одновозрастная, инкубировалась в одинаковых условиях и получена от одной самки. Наличие слабой связи между числом склеритов и приростом длины тела у молоди кеты отмечалось и другими авторами (Шершнев, 1973; Карпенко, 1998), которые наиболее вероятной причиной предполагали разнообразие условий обитания и питания молоди. Нами получены уравнения, описывающие связь числа склеритов и массы молоди: в контроле  $y=0.3853\ln(x)+0.7653$ ,  $R^2=0.03$  при голодании  $y=0.7317\ln(x)-1.9509$ ,  $R^2=0.16$ . Показано (рис.), что при одинаковой массе тела у молоди из контрольной партии количество склеритов больше, чем у «голодавшей». У «голодавшей» молоди кеты к концу эксперимента среднее количество склеритов на чешуе равнялось 3.4 шт., а у контрольной партии - 3.7 шт.

### Выводы

1. Непродолжительное голодание личинок не приводит в последующем к изменениям в темпе роста массы тела.
2. Голодание не оказывает влияния на связь между шириной чешуйной пластиинки и массой молоди кеты, полученной от одной самки.



**Рис. Зависимость числа склеритов от массы тела у молоди кеты в контрольной партии и «голодавшей» 9 суток в конце эксперимента.**

3. У молоди кеты, не получавшей корм в течение 9 суток после окончания резорбции желточного мешка, при последующем росте отмечено меньшее количество склеритов на чешуе, при той же массе тела, чем у молоди начавшей питаться сразу.

### Список литературы

Бугаев В.Ф., Дубынин В.А., Миловская Л.В. 1995. О влиянии численности циклопов Cyclops scutifer и дафний *Daphnia longiremis* на рост молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в оз. Курильское // Вопросы ихтиологии. Т. 35. № 3. С. 343-348.

Карпенко В.И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО, 165 с.

Шершнев А.П. 1973. Рост молоди кеты и горбуши в ранний морской период жизни // Изв. ТИНРО. Т. 91. С. 37-47.

Bilton T.H., Robins G.L. 1971a. Effects of feeding on circulus formation on scales of young sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) // J. Fish. Res. Board Can. N 6. P. 861-868. – 1971b. Effects of starvation, feeding and light period on circulus formation on scales of young sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) // J. Fish. Res. Board Can. N 28. P. 1749-1755.

McLellan S.E. 1987. Guide for sampling structures used in age determination of pacific salmon // Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Research Branch. Pacific Biological Station Nanaimo. B.C. 27 p.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОНОВОЙ ИМПУЛЬСНОЙ АКТИВНОСТИ ПРАВО- И ЛЕВОСТОРОННИХ НЕЙРОНОВ НИЖНЕГО ВЕСТИБУЛЯРНОГО ЯДРА В ПОСТВИБРАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

С.Г. Саркисян, С.М. Минасян, М.Л. Егиазарян, И.В. Маркарян  
Ереванский государственный университет, 375025 Армения, г. Ереван,  
e-mail: anatom@ysu.am

Проблема профессиональной патологии, обусловленной различными факторами производственной среды, наиболее распространенной среди которых является вибрация, по-прежнему остается одной из актуальных в современной биологии и медицине. Вибрация является адекватным раздражителем вестибулярного анализатора. Особое значение в функционировании вестибулярных ядер имеет парность этих структур, важное значение придается также реципрокным связям между правым и левым вестибулярными ядрами. В доступной нам литературе не освещен вопрос модифицирующего влияния вибрации на фоновую импульсную активность (**ФИА**) лево- и правосторонних нейронов нижнего вестибулярного ядра (л- и п-**НВЯ**), в связи с чем целью настоящей работы явилось изучение **ФИА** нейронов обеих сторон **НВЯ** в норме и динамике вибрационного воздействия.

Эксперименты проводились на белых крысах весом 200-250 г. Животные подвергались вибрации частотой 60 Гц, амплитудой 0.4 мм ежедневно по 2 ч в течение 5-, 10-и и 15-и дней. Регистрация и анализ **ФИА** нейронов **НВЯ** проводились по специально разработанной компьютерной программе. По форме графиков скользящей частоты оценивалась стационарность **ФИА**. Определялась регулярность, динамическая структура, модальность импульсных потоков, а также частотные диапазоны нейронов (низко-, средне- и высокочастотные клетки). Для стационарных единиц рассчитывались средняя частота, коэффициент вариации.

Анализ полученных результатов показал, что основные характеристики нейронов л- и п-**НВЯ** не отличаются у интактных крыс; исключение составляет лишь показатель средней частоты – нейроны л-**НВЯ** разряжаются с частотой  $34.6 \pm 2.7$  Гц, а п-**НВЯ** –  $11.0 \pm 1.0$  Гц ( $P < 0.001$ ). После 5-и, 10-и и 15-и дневного вибрационного воздействия выявляется асимметрия в показателях нейрональной активности обеих сторон **НВЯ**, проявляющаяся в достоверном изменении основных параметров **ФИА**: степени регулярности, динамики импульсных потоков, почастотном распределении нейронов, средней частоте и коэффициенте вариации.

Таким образом, вибрационное воздействие приводит к сдвигам в характеристиках спонтанной импульсации нейронов **НВЯ**, нарушая тем самым баланс внутри сис-

темы и приводя к появлению «новой» вестибулярной асимметрии. Эта особенность вестибулярной системы обуславливает ее важное свойство - высокую функциональную подвижность.

## СИБИРСКАЯ ЛЯГУШКА (*RANA AMURENSIS*) КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В.Т. Седалищев

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,  
677001 г. Якутск, e-mail: anufry@ibpc.ysn.ru

Известно, что антропогенное загрязнение естественной среды вызывает в организме диких теплокровных и холоднокровных животных изменения ряда морфологических, биохимических и гематологических показателей (Туманов, 1969; Ветьковская и др., 1977; Бутейко, 1980; Ищенко, 1987 и др.).

Однако влияние загрязнённости среды на диких животных в Якутии до сих пор не изучалось за исключением сообщения А.Е. Пшенникова и др. (2001). В данной статье приводится случай гибели двух стерхов (*Grus leucogeranus*) от отравления свинцом дроби, которая использовалась птицами в качестве гастролитов.

Поэтому в настоящем сообщении делается попытка выяснения изменений морфологических показателей печени и в крови у сибирской лягушки, вызванных загрязнённостью водоёмов.

Сбор материала проводился в июне-июле и сентябре 1992, 1995, 1999 и 2003 гг. Лягушки добывались в двух территориально разобщённых точках. Первый участок – Белое озеро, расположенное рядом с аэропортом и окружённое дачными строениями (интенсивно используется вода летом в хозяйственных целях, загрязняется стоками от автомобильной трассы и т.д.). Второй - контрольный – озеро, находящееся в пойме долины р. Лена (в 5-7 км от города). Всего было отловлено 1486 лягушек (667 экз. на Белом озере и 819 экз. на контролльном озере). Для изучения гематологических показателей отлавливались в июле 1992 г. только взрослые лягушки с длиной тела 5.0–7.2 см. Содержание гемоглобина, подсчёт эритроцитов и лейкоцитов определяли по методам, описанным А.А. Кудрявцевым и Л.А. Кудрявцевой (1974), а морфологию печени ( $n=373$ ) по С.С. Шварцу и др. (1968). У 262 лягушек, добытых в сентябре 1992 г., возраст определяли по гистологическим срезам бедренной кости (Клейненберг и Смирна, 1969). Статистическую обработку полученных данных проводили по П.Ф. Рокицкому (1961). Учёт численности лягушек проведён на ленточных маршрутах (1 м на 1000–2000 м) и с помощью цилиндро-ловушек (из расчёта 5 цилиндров на 50 м).

В виду отсутствия достоверных половых различий результаты анализов по крови и данных по индексу печени приводятся без разбивки по полу.

Средние показатели гемоглобина и эритроцитов в крови лягушек ( $n=38$ ) из загрязнённого водоёма были выше, чем в контролльном ( $n=56$ ). Так, количество гемоглобина в крови у особей из первого участка равно  $11.6 \pm 0.26$  г% (8.3–13.4), в контролльном –  $10.4 \pm 0.32$  г% (7.9–12.9) и эти различия статистически достоверны ( $t=2.9$ ). Число эритроцитов в крови лягушек из зоны загрязнённого водоёма выше  $0.51 \pm 0.07$  млн/ $\text{мм}^3$  (0.43–0.63), чем в контролльном водоёме –  $0.48 \pm 0.05$  млн/ $\text{мм}^3$  (0.39–0.61), но эти различия статистически не достоверны.

Повышенное количество гемоглобина и увеличение числа эритроцитов в крови лягушек, обитающих в зоне загрязнения по сравнению с контролльными особями,

видимо, можно объяснить гипоксией. Число лейкоцитов в крови земноводных из зоны загрязнения ( $n=38$ ) ниже  $19.5\pm1.4$  тыс./мм<sup>3</sup> (10.0–29.0), чем у особей ( $n=56$ ) из контрольного водоёма  $29.2\pm3.1$  тыс./мм<sup>3</sup> (10.0–37.0) и эти различия статистически достоверны ( $t=2.8$ ).

Вероятно, рост лейкоцитов в крови лягушек из зоны загрязнения в отличие от особей из контрольного водоёма можно объяснить как повышенную защитную реакцию организма к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Известно, что относительный вес печени является индикатором напряжённости энергетического баланса организма (Шварц и др., 1968; Шварц, Ищенко, 1978; Тютиков, Ермаков, 2002, и др.). По нашим данным индекс печени у лягушек ( $n=38$ ) из загрязнённого водоёма в июле 1992 г. был выше  $63.1\pm2.7\%$  (40.6–112.0), чем у особей ( $n=56$ ) из контрольного водоёма –  $57.4\pm4.3\%$  (34.2–81.7), но эти различия статистически недостоверны.

Аналогичные различия по индексу печени отмечались в июле 1995, 1999 и 2003 гг. Так, индекс печени у лягушек из зоны загрязнения в 1995 г. ( $n=37$ ) был равен  $69.4\pm4.3\%$ , в 1999 г. ( $n=49$ ) –  $76.1\pm5.8\%$  и 2003 г. ( $n=35$ ) –  $72.8\pm4.9\%$ , а у особей из контрольного участка этот показатель был соответственно равен: в 1995 г. ( $n=59$ ) –  $58.1\pm2.3\%$ ; 1999 г. ( $n=41$ ) –  $63.7\pm2.7\%$  и 2003 г. ( $n=58$ ) –  $56.4\pm3.6\%$  и эти различия статистически достоверны ( $t=2.3$ , 1.9 и 2.2). Это свидетельствует о том, что животные находятся в стрессовом состоянии или нетипичных условиях для их обитания (Орешков, 2004).

При изучении возрастной структуры сибирской лягушки по окрашенным срезам костей было выделено семь возрастных групп. Так, в загрязнённом водоёме в сентябре 1992 г. ( $n=124$ ) сеголетки составляли 38.7%, а годовалые и особи в возрасте двух и трёх лет – 28.2% (9.7, 7.3 и 11.2%). В этих возрастных группах самцы составляли 53.6, 52.9, 52.3 и 51.4%. Среди четырёхлетних, пятилетних и шестилетних лягушек преобладали особи четырёх и пяти лет – 12.1, 16.9 и 4.1%. В этих возрастных группах доминировали самки – 63.8%. У отловленных в этом году 138 лягушек из контрольного водоёма сеголетки составляли 61.6%, а годовалые, двухлетние и трёхлетние – 28.3% (15.3, 9.4 и 3.6%). Среди этих возрастных групп отмечалось преобладание самцов – 61.3, 59.6, 62.4 и 58.9%. Доля четырёхлетних, пятилетних и шестилетних особей составила 4.6% (преобладали самки – 63.5%). Среди 138 лягушек одна особь (самка) была в возрасте семи лет (0.7%), длина её тела была 73.6 мм.

Среди лягушек из зоны загрязнения в сентябре 1995 г. ( $n=145$ ) сеголетки составляли 39.3%, 1999 г. ( $n=112$ ) – 34.8% и 2003 г. ( $n=127$ ) – 30.7%, а среди особей из контрольного водоёма этот показатель соответственно был равен: в 1995 г. ( $n=165$ ) – 68.4%, 1999 г. ( $n=154$ ) – 63.6% и 2003 г. ( $n=148$ ) – 64.2%.

Из приведённых данных видно, что влияние антропогенного загрязнения наиболее сильно сказывается на сеголетках, численность которых в зоне загрязнения ежегодно снижается. Одновременно на этом участке по сравнению с контрольным отмечается уменьшение доли самцов в младших возрастных группах, это в дальнейшем может привести к снижению численности молоди, старению, или полному исчезновению населения лягушек, обитающих на Белом озере.

Снижение плодовитости от роста загрязнения окружающей среды хорошо прослеживается и у птиц. Например, в южной тайге Среднего Урала по Е..А. Бельскому и А.Г. Ляхову (2001) в зоне загрязнения по сравнению с контролем уменьшилось количество яиц в кладке и птенцов на гнезде у мухоловки-пеструшки на 2.19 и 3.38, большой синицы – 0.71 и 1.85 раза. Данные авторы считают, что это приводит к уменьшению плотности населения и снижению стабильности гнездового населения птиц.

Численность лягушек на протяжении последних десяти лет на Белом озере варьировала от 50 до 100 экз. на 1 га, а в контрольном водоёме достигала 300–400 экз. на 1 га, т.е. численность вида при антропогенном воздействии резко сокращается.

Приведённые материалы показывают, что сибирская лягушка может быть использована в системе биологического мониторинга при учёте антропогенных факторов, действующих на организм животных.

### **Список литературы**

- Бельский Е.А., Ляхов А.Г. 2001. Влияние загрязнения среды на репродуктивные показатели дуплогнездников южной тайги Среднего Урала // Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии. Казань. С.78–79.
- Бутейко Т.П. 1980. Изменение гематологических показателей фазанов под влиянием карбофоса и гамма – изомера гексахлорана // Вест. зоологии. № 1. С. 67-72.
- Ветьковская Л.Ф., Маслова О.В., Шебунина Н.А. Сравнительные данные по загрязнению птиц хлорорганическими пестицидами // VII Всес. орнитологическая конференция. ч. 2. Киев: Наук.думка. С.114–115.
- Ищенко В.Г. 1987. Антропогенные воздействия и структура популяции амфибий // Экологические механизмы преобразования популяции животных при антропогенных воздействиях: Информационные материалы. Свердловск: Изд. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР. С 34-35.
- Клейненберг С.Е., Смирина Э.М. 1969. Методики определения возраста амфибий // Зоол. журн. Т. 48. Вып. 7. С. 1090–1094.
- Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А. 1974. Клиническая гематология животных. М.: Колос, 399 с.
- Орешков Д.Н. 2004. Морфологическая изменчивость индекса печени у мелких млекопитающих на отработанных месторождениях россыпного золота // Сибирская зоологическая конференция: Тез. докл. Новосибирск. С. 298-299.
- Пшениников А.Е., Гермогенов Н.И., Томшин Н.Д., Егоров Н.Н., Слепцов С.М. Свинцовые отравления стерхов (*Grus leucogeranus*) в Якутии // Сибирский зоол. журн. № 1. С. 69-72.
- Рокицкий П.Ф. 1961. Основы вариационной статистики для биологов. Минск, 221 с.
- Туманов И.Л. 1969. О некоторых физиологических изменениях в организме грызунов при отравлении ротинданом // Биол. науки. № 3 (63). С. 47-49.
- Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. 2002. Роль диких копытных в оценке экологического состояния среды обитания // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров. С 396-397.
- Шварц С.С., Ищенко В.Г. 1971. Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике. Т. 3. Вып. 79. Свердловск, 60 с.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. 1968. Метод морфологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 387 с.

### **АКТИВАЦИЯ СЛАБЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ АДАПТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ МОЛОДЫХ СИГОВ-ПЛАНКТОФАГОВ К НЕФТЯНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ**

А.Г. Селюков, Г.Н. Беспоместных  
Тюменский государственный университет, 625003 г. Тюмень,  
e-mail: ags-bios@yandex.ru

Сиговые рыбы Coregonidae – представители арктического пресноводного равнинного зоогеографического комплекса – среди остальных видов ихтиофауны Сибирского округа Ледовитоморской провинции являются наименее резистентными и наиболее чувствительными к воздействию техногенных факторов. Характеризуясь циркумполярным распространением, эти осенне- и зимненерестящиеся виды в наиболь-

шей степени представлены в водоемах Сибири, где предполагаются центры их происхождения и откуда происходило их расселение (Решетников, 1983). В Обь-Иртышском бассейне основные нерестилища сиговых находятся в верховьях уральских притоков Нижней Оби – Щучья, Войкар, Сыня, Северная Сосьва (ряпушка, пелядь, тугун чир, сиг-пышьян) и в некоторых притоках Средней Оби (муксун, пелядь) – Томь и др. (Москаленко, 1971). После вылупления в апреле-мае молодь скатывается в их низовья, где и попадает в зону загрязнения нефтепродуктами, пестицидами, тяжелыми металлами, СПАВ и др.

Со второй половины 80-х годов, вследствие обширного загрязнения озерно-речной системы Обь-Иртышского бассейна, гидростроительства, разработки нерудных материалов в русловой части нерестовых рек, браконьерства и др. резко сократились численность и уловы сиговых рыб. Продолжающееся в течение последних десятилетий интенсивное освоение нефтяных месторождений Западной Сибири привело к тому, что более половины водных акваторий Тюменского региона стали зонами экстремального загрязнения. Фоновое содержание нефтепродуктов в реках составляет 3-5 ПДК<sub>рабхз</sub>, а на отдельных участках может превышать ПДК в 54-130 раз (Экологич. сост. ..., 2002).

Изучить морфофункциональные характеристики ряда органов и их систем у личинок сигов-планктофагов – пеляди *Coregonus peled* (Gmelin) и тугуна *C. tugarin* (Pallas) – при хроническом фоновом загрязнении среды водорастворимой фракцией нефти (**ВРФН**) и после реабилитирующего воздействия слабыми импульсными магнитными полями составляло цель нашего исследования.

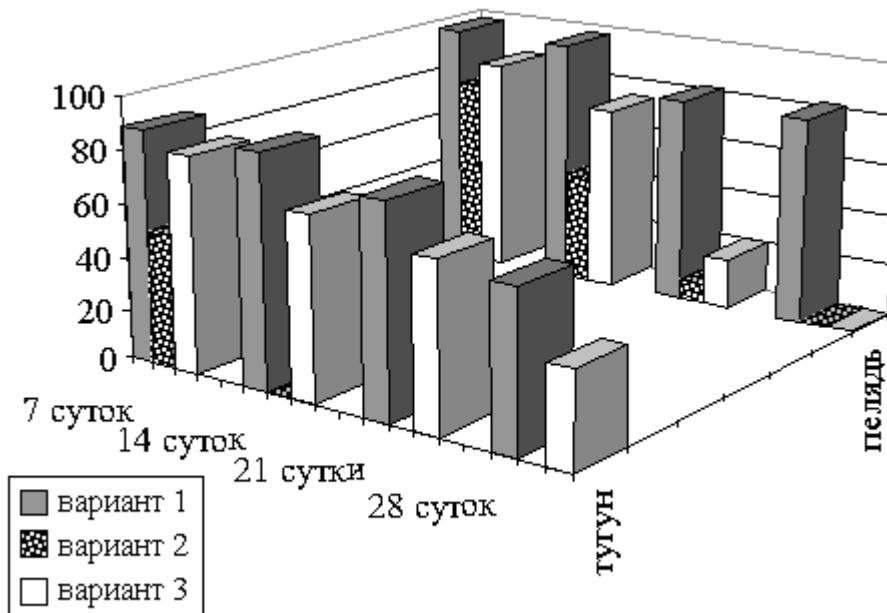
В апреле 2004 года в Центр экологических исследований и реконструкции биосистем ТюмГУ из Тобольского инкубационного цеха были доставлены личинки пеляди и тугуна в возрасте 1-2 суток после вылупления. После акклиматации к условиям терmostатированной установки (4...5.5°C), молодь разделили на три варианта: 1 - контроль, 2 - контроль+нефть, 3 - опыт+ нефть. После обработки личинок слабыми импульсными магнитными полями (**СИМП**) по технологии «Телос» (3 вариант) генератором «Т-101», задающим напряженность магнитного поля не выше  $2 \times 10^{-5}$  А/м (Солодилов, 2000) их, как и молодь 2 варианта, поместили в 0.5 л емкости с раствором **ВРФН** (0.25 мг/л – 5 ПДК). Во все сосуды подавался воздух, молодь ежедневно кормили наутилиусами артемии. Каждые трое-четверо суток личинок 2 и 3 вариантов переводили в свежеприготовленный раствор нефти, что имитировало хроническое нефтяное загрязнение естественного водоема наиболее токсичными фракциями.

Всего в эксперименте было использовано 121 экз. пеляди и 207 – тугуна. Каждые 7-10 суток личинок фиксировали в смеси Буэна. Гистологический анализ молоди пеляди (67 экз.) и тугуна (70 экз.) проводили по стандартным методикам (Ромейс, 1953).

У личинок обоих видов после перевода в раствор нефти снижалась интенсивность меланиновой пигментации, тогда как у молоди в 3 варианте этого почти не отмечалось. После очередной смены раствора во 2 варианте восстановление двигательной активности происходило через 3-4 часа. Молодь в 3 варианте уже через 1-2 часа поднималась на плав и потребляла корм.

Спустя 12-14 суток после начала эксперимента, во 2 варианте была отмечена 100% гибель личинок тугуна. Молодь пеляди оказалась более жизнестойкой (рис. 1), что свидетельствует о различной степени видовой резистентности этих сиговых к нефтяному фактору.

Проведенный гистологический анализ у личинок пеляди не выявил патоморфологических изменений в состоянии таких жизненно важных органов как сердце,



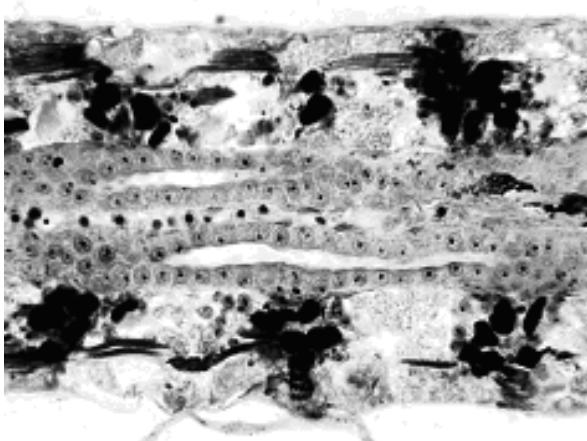
**Рис. 1. Динамика (%) выживаемости молоди тугуна и пеляди в контроле и экспериментальных условиях (Пояснение в тексте).**

желудочно-кишечный тракт, жаберный аппарат в течение всего периода их пребывания в растворе **ВРФН**. Некоторые отклонения у отдельных особей отмечали в печени (цирротические разрастания) и циркулярной мускулатуре пищевода. Гистологический анализ у личинок тугуна (вариант 2) после недельного их пребывания в нефтяной эмульсии нарушений в состоянии исследуемых органов не установил. Они не отличались ни от нормы (1 вариант), ни от подопытной молоди (3 вариант). Существенные нарушения жизненно важных систем органов отчетливо проявились только через 12-14 суток. В отличие от пеляди, у оставшихся в живых 7 личинок тугуна в возрасте 14 суток отмечены серьезные патоморфологические изменения исследуемых органов, выражавшиеся в деструкции кардиомиоцитов и скелетных мышц (рис. 2а), мускулатуры пищевода, части нейронов и их ядер в головном и спинном мозге. Вместе с тем, ни в морфологии почек, гонад и жаберного эпителия, ни в состоянии печени и желудочно-кишечного тракта патологий не было выявлено. Находящаяся в ВРФН молодь тугуна и пеляди не питалась, циркулярная мускулатура кишечника была спазмирована, отчего пища с нефтью в желудочно-кишечный тракт не поступала, по причине чего голодающая молодь испытывала дополнительный стресс. В гепатоцитах и межклеточных пространствах печени почти отсутствовали жировые капли, что могло быть обусловлено перестройкой липидного обмена в условиях экстремального напряжения. Отсутствие в печени большинства личинок явных отклонений при наличии множества патологий в других системах может свидетельствовать в пользу сравнительно невысокой, в отличие от млекопитающих, эффективности детоксикационных качеств этого органа у рыб (и тем более у личинок), обслуживающего лишь собственные нужды.

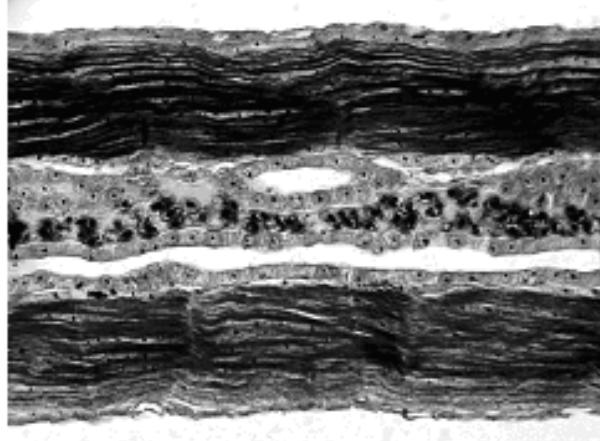
Молодь тугуна в 3 варианте, получив намного большую, чем во 2 партии, дозу поражения легкими фракциями нефти, дожила до завершения эксперимента (рис. 1). У нее почти отсутствовали отклонения в морфологии исследованных органов (рис. 2б), что нами отмечалось у мальков в возрасте 33-38 суток.

Проводимые на осетровых рыбах исследования, продемонстрировали отчетливые картины серьезных нарушений в морфологии ряда органов, в наибольшей степе-

ни проявившиеся в деструкции мышечной ткани – миопатии, как следствии кумулятивного политоксикоза (Алтуфьев и др., 1989, и др.). Аналогичные картины в ходе проведенного исследования нами выявлены у тугуна, что с одной стороны экспериментально подтверждает причины отмеченной патологии, а с другой – предоставляет возможность их избежать. Для чего предлагается использовать определенные технологические подходы, активизирующие адаптационный потенциал подопытных особей, который обеспечивал бы им моррофункциональную стабильность в условиях хронической интоксикации.



а



б

Рис. 2. Продольные срезы личинок тугуна из вариантов 2 (а) и 3 (б) в 14-суточном возрасте на уровне вольфовых протоков; видны отчетливые различия в структуре мышечной ткани.

Отмеченное отсутствие отчетливых различий в состоянии жизненно важных органов у личинок пеляди во всех вариантах во многом обусловлена видовыми особенностями, высокой степенью неспецифической резистентности этого вида. Активизация внутренних ресурсов молоди тугуна, актуально обладавшего сравнительно невысокими токсикорезистентными качествами, как это видно, стало возможным вследствие применения СИМП. В связи с этим можно утверждать о наличии высоких резервов адаптационного потенциала у этого вида, которые оказались инициированы применением данного подхода.

#### Список литературы

- Алтуфьев Ю.В., Романов А.А., Шевелева Н.Н. 1989. О гистопатологии мышечной ткани некоторых рыб Каспийского бассейна // Осетровое хозяйство водоемов СССР. Астрахань. С. 4-5.
- Москаленко Б.К. 1971. Сиговые рыбы Сибири. М.: Пищепромиздат. 182 с.
- Решетников Ю.С. 1983. О числе видов, центрах возникновения и центрах расселения сиговых рыб // Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР. С. 160-165.
- Ромейс Б. 1953. Микроскопическая техника. М.: Иностр. лит-ра, 718 с.
- Солодилов А.И. 2000. Способ обработки вещества магнитным полем и устройство для его осуществления. М. Патент № 2155081.
- Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области. Департамент по охр. окр. среды Тюменской обл. Тюмень. 2002. 149 с.

## ПОВЫШЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К НЕФТЯНОМУ ПОРАЖЕНИЮ МОЛОДИ СИГОВ-БЕНТОФАГОВ СЛАБЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

А.Г. Селюков\*, Г.Н. Беспоместных\*, А.И. Солодилов\*\*

\*Тюменский государственный университет, 625003 г. Тюмень,

e-mail: ags-bios@yandex.ru

\*\*Фонд «Технологии Телос», г. Москва

Постоянно нарастающее нефтяное загрязнение Обь-Иртышского бассейна привело угрожающие масштабы. В отдельных участках Средней и Нижней Оби количество нефтепродуктов превышает ПДК в десятки и сотни раз (Экол. сост., 2002). Рыбы, являясь конечным звеном трофических цепей гидробиоценозов, накапливают сверхкритические концентрации нефтяных углеводородов, преимущественно в жировой ткани, печени и мозге. Количество ароматических, наиболее токсичных углеводородов, составляющих водорастворимую фракцию нефти (**ВРФН**), у сиговых рыб из различных участков Обь-Иртышского бассейна составляет 4.6-7.8 мг/кг в мышцах и 13.5-19.6 мг/кг в печени (О состоянии ..., 1999). Высокая степень интоксикации рыб нефтепродуктами и другими поллютантами является причиной патологий внутренних органов и систем, ведущих к многочисленным уродствам и гибели, деструкции и обеднению ихтиоценозов. Поскольку в наибольшей степени токсиканты накапливаются в грунтах, наиболее подверженными такому воздействию становятся бентосоядные рыбы и в первую очередь – сиговые, как наименее токсикорезистентные и наиболее чувствительные в Обь-Иртышском бассейне.

Путей радикального восстановления необратимо разрушающихся природных комплексов не предлагается. Проводимые исследования по-прежнему носят описательный, отчасти рекомендательный характер и обнадеживающей конструктивностью не отличаются. Представляя многомерность большинства экологических проблем и невозможность их разрешения стандартными методами, наметим один из возможных подходов повышения неспецифической резистентности видов, находящихся в условиях экстремального напряжения. Применение инновационных технологий «Телос» (Солодилов, 2000), на наш взгляд, может конструктивно изменить сложившуюся динамику.

Ранее было показано (Селюков и др., 2000а, б) возрастание некоторых параметров и улучшение характеристик у сиговых и осетровых рыб после их обработки слабыми магнитными полями по технологии «Телос» в раннем онтогенезе. Очередной этап состоял в активизации слабыми магнитными полями неспецифической резистентности личинок сиговых рыб в условиях хронического нефтяного загрязнения. Сиговые рыбы рода *Coregonus* подразделяются на два подрода: сиговые с конечным ртом – *Leucichthys* и сиги с нижним ртом – *Coregonus sensu stricto* (Решетников, 1980). Нами проведены исследования на молоди двух представителей каждого подрода с целью установления реакции основных систем организма на важнейший для водных экосистем Тюменской области поражающий фактор – нефтяное загрязнение и реабилитирующее воздействие слабыми магнитными полями. В другой статье настоящего сборника изложены материалы, полученные на сигах-планктофагах (пеляди и тугуне) с применением обозначенного подхода.

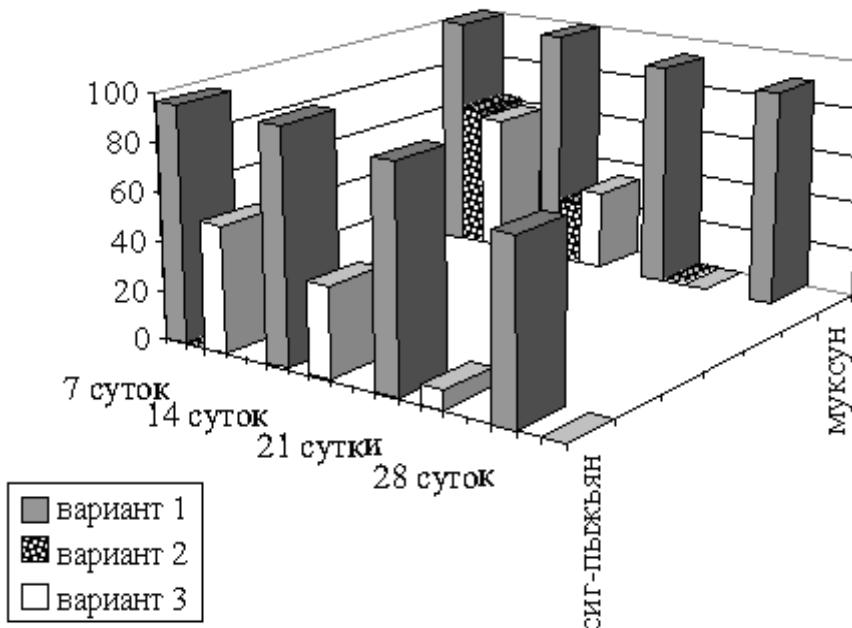
В апреле-мае 2004 года в Центре экологических исследований и реконструкции биосистем Тюменского университета с возраста 1-2 до 30 суток в 0.5 л емкостях в терmostатированной установке выдерживали молодь сигов-бентофагов – муксуна *Coregonus muksun* (Pallas) и сига-прыжняна *C. lavaretus pidschian* (Gmelin). Как и сигов-планктофагов, их разделили на три варианта: 1 - контроль, 2 - контроль+нефть, 3 - опыт+нефть. Раствором **ВРФН** была концентрация 0.25 мг/л, т.е. 5 ПДК<sub>рбхз</sub>. Условия эксперимента приведены в другой статье сборника. Всего в эксперименте использо-

вали 78 экземпляров молоди муксунна и 153 – сига-прыжьяна. Гистологический анализ проведен на 63 личинках и мальках муксунна, 64 – сига-прыжьяна.

У личинок сига-прыжьяна и муксунна после перевода в раствор нефти (2 вариант) снижалась интенсивность меланиновой пигментации, тогда как у молоди в 3 варианте этого почти не отмечалось. Через неделю после начала эксперимента была отмечена 100% гибель помещенных в нефтяную эмульсию личинок сига-прыжьяна (2 вариант) (рис.). Отход обработанной СИМП молоди (3 вариант) оставался в пределах нормы. Полная ее гибель произошла спустя 24 суток после начала эксперимента, т.е. импактные личинки прожили в растворе нефти в 2.5 раза дольше контрольных.

Гистологический анализ у контрольной молоди, погибшей через 7 суток после помещения в нефтяную эмульсию, не выявил каких-либо существенных отклонений. Отход личинок, отличавшихся низкой токсикорезистентностью, произошел настолько быстро, что у них не успело развиться явных патологий, которые бы проявились в каких-либо морфологических изменениях внутренних органов.

Молодь муксунна во 2 варианте отличалась значительно большей жизнестойкостью (рис.). Визуальный и гистологический анализы не выявили различий у личинок муксунна всех вариантов. У контрольной (1 вариант), контрольной в нефти (2 вариант) и импактной (3 вариант) молоди не отмечали каких-либо существенных патоморфологических изменений ни в сердечной или скелетной мускулатуре, ни в состоянии желудочно-кишечного тракта и печени, а также в формирующихся гонадах или жаберном аппарате в течение всего периода их пребывания в растворе ВРФН.



**Рис. Выживаемость (%) молоди сига-прыжьяна и муксунна в контролльном (1) и опытных (2 и 3) вариантах. Время отсчитывалось с начала помещения личинок 2 и 3 вариантов в раствор ВРФН.**

Здесь следует констатировать в целом существенно более высокую степень неспецифической резистентности муксунна, во многом обусловленную видовыми характеристиками. При этом интересно отметить, что такой политипичный вид, как сига-прыжьян (Решетников, 1980), обладает сравнительно невысокой толерантностью, тогда как монотипичный муксун проявил повышенную устойчивость к воздействию наиболее токсичными фракциями. Возможно, монотипичный статус в большей степени, нежели политипичность, отражает повышенный уровень адаптационной пластичности.

Подводя итоги проведенному анализу реакции основных систем и органов ряда сиговых рыб с разным видовым и экологическим статусом, отметим повышение токсикорезистентности низкотолерантных видов после активации их адаптационных потенциалов по технологии «Телос». Как у планктофага тугуна, так и у бентофага сига-пыхъяна установлено существенное расширение потенциала видовой адаптации в результате обработки молоди слабыми магнитными полями в раннем онтогенезе.

Последнее позволяет предполагать, что в условиях экстремального загрязнения окружающей среды фактор **СИМП** можно использовать для получения высокоеффективных результатов. Поскольку с использованием технологий нового поколения «Телос» получены столь значимые результаты на самых чувствительных стадиях наименее устойчивых видов, можно рассчитывать и на успех попыток реабилитации систем более высокого уровня.

Таким образом, проведенная серия экспериментов по модификации молоди сиговых рыб, характеризующихся низким порогом неспецифической резистентности, в сторону повышения их адаптационного потенциала становится чрезвычайно перспективным направлением использования инновационных технологий «Телос» в хозяйственных целях. Направления применения обозначенного подхода достаточно широки и не ограничиваются только лишь увеличением протекторных качеств ценных, редких и исчезающих видов, но могут быть использованы в реабилитации ихтиоценозов и повышении устойчивости водных экосистем в целом.

### Список литературы

О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1998 г. 1999. Содержание нефтяных углеводородов в рыбе // Информ. бюллетень. Ханты-Мансийск, 153 с.

Решетников Ю.С. 1980. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 300 с.

Селюков А.Г., Елькин В.П., Вторушин М.Н., Бондаренко О.М. 2000а. Использование технологий нового поколения для повышения морфобиологического статуса пеляди за пределами естественного ареала // Вестник ТГУ. № 3. С. 183-193.

Селюков А.Г., Вторушин М.Н., Бондаренко О.М. 2000б. Морфофункциональные трансформации в раннем онтогенезе иртышской стерляди под влиянием слабых магнитных полей // Вестник ТГУ. № 3. С. 193-205.

Солодилов А.И. 2000. Способ обработки вещества магнитным полем и устройство для его осуществления. М. Патент № 2155081.

Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области. 2002. Тюмень, 149 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КАРИОТИПА TANYPODINAE (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) ОТ РЯДА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

И.В. Сергеева

Саратовский государственный медицинский университет, 410710 г. Саратов,  
e-mail: ivsergeeva@mail.ru

Для мировой фауны известны кариотипы всего 9 видов таниподин (Tanyopodinae, Diptera, Chironomidae) (Петрова, 1989). Нами проведены исследования кариотипов 10 видов таниподин: *Procladius choreus* Meigen, 2n=14; *Procladius sp.I*, 2n=8; *Psectrotanypus sp.*, 2n=16; *Psectrotanypus varius* (Fabricius), 2n=16; *Procladius ferrugineus* Kieffer, 2n=14; *Ablabesmyia phatta* (Egger), 2n=12; *Ablabesmyia longistyla*

Fittkau, 2n=12; *Clinotanypus nervosus* (Meigen), 2n=14; *Tanypus punctipennis* (Meigen), 2n=16; *Derotanypus sibiricus* (Kruglova et Tshernovskij), 2n=16. Строение хромосом 8 видов изучено впервые. Для кариотипического анализа использовали клетки слюнных желез, окологлоточного ганглия и гониальные клетки личинок IV возраста. Окраску препаратов проводили по общепринятой ацетоорсениновой методике.

Кариотипы Таниподинае характеризуются широким диапазоном хромосомных чисел от 2n=6 до 2n=16, преобладают виды с 2n=14 и 2n=16 что является одним из показателей примитивности и эволюционной древности этих хирономид. Особенность кариотипа – наличие акроцентрических хромосом, а у некоторых видов все хромосомы в кариотипе акроцентрические. Анализ кариотипов показал, что у таниподин наблюдается отличие видов внутри одного рода по числу хромосом: у *Ablabesmyia* от 2n = 6 до 2n = 12; у *Procladius* от 2n=8 до 2n=14, при этом отсутствуют формы с промежуточным числом хромосом. Подобное явление отмечено также у чешуекрылых (Лухтанов, 1999) и сделано предположение, что дифференциация кариотипов в ряду близкородственных групп является вторичным процессом, идущим следом или параллельно географической (экологической) изоляции популяции.

Расположение хромосом на метафазных пластинках – важный показатель архитектоники кариотипа. У эволюционно продвинутых видов классическим является радиальное распределение хромосом, при этом, у большинства Diptera наиболее крупные биваленты располагаются ближе к центру пластинки и если кариотип представлен ассиметричными бивалентами, то у высокохромосомных видов самый крупный бивалент всегда занимает положение в точном геометрическом центре метафазной пластинки (Лухтанов, 1999).

Для таниподин характерно радиальное расположение метафазных хромосом, что является прогрессивным показателем, но в центре метафазной пластинки всегда располагаются не крупные, а самые мелкие биваленты – точковые акроцентрические хромосомы. Для видов с числом хромосом 2n=12, 2n=14, в кариотипе которых содержатся как акроцентрики, так мета – и субметацентрики, хромосомы всегда образуют правильный круг, в центре которого точковые, а по периферии – более крупные биваленты. У видов с числом хромосом 2n=14 и 2n=16, где находятся только акроцентрики, хромосомы тоже расположены радиально, но форма метафазной пластинки подвержена изменчивости: чаще – это овал, где более крупные акроцентрические хромосомы расположены по периферии, а мелкие в центре или все хромосомы разбросаны хаотично. Такая упорядоченность в расположении хромосом показывает, что кариотип таниподин является не просто суммой отдельных хромосом, а представляет собой целостную систему, как результат длительной эволюции.

У трех видов – *Cl. nervosus*, *P. choreus*, *D. sibiricus* найдены дифференцированные половые хромосомы: Y – хромосома точковая, а X – палочковидная. Обнаружена вариабельность строения и размеров X – хромосомы: у *P. choreus* и *D. sibiricus* – это утолщенный мелкий акроцентрик, а у *Cl. nervosus* – мелкий субметацентрик, размером чуть меньше аутосом.

Расположение половых хромосом на метафазных пластинках из гониальных клеток и клеток окологлоточного ганглия личинок IV возраста имеет определенную закономерность: у самцов точковая Y – хромосома тяготеет к центру, а палочковидная X – хромосома – к периферии метафазной пластинки; у самок X – хромосомы, находясь среди аутосомных бивалентов, чаще располагаются ближе к центральной части пластинки. Все эти факты позволяют утверждать, что у таниподин хромосомное определение пола идет по типу самки – ♀♀, самцы – ♂♂.

Важным аспектом структурно-функциональной организации кариотипа таниподин является вопрос об архитектонике гигантских – политечных хромосом. В целом, политечные хромосомы таниподин из клеток слюнных желез личинок IV возраста длинные, тонкие, расположены радиально – закручены в клубок, легко разрушаются при расправлении, обычно имеют слабовыраженную дисковую структуру. В понимании особенностей строения гигантских хромосом одно из главных мест занимает механизм конъюгации гомологов. До настоящего времени механизм синаптиса гомологичных хромосом остается не ясным. По одной гипотезе предполагается участие в синаптисе особых белков, а по другой – хроматиды не отходят друг от друга и остаются объединенными в один жгут, образуя многонитчатую гигантскую хромосому (Жимулев, 1992).

Конъюгация гомологов начинается с определенной степени политечии. У большинства таниподин уровень политечии хромосом достаточный для формирования конъюгационных связей, но встречаются и нарушения. Причиной асинаптиса гомологичных хромосом может быть как низкая, так и высокая политечия. Отсутствие эктопического спаривания гомологичных хромосом выявлено у *A. longistyla*, *A. phatta*, *D. sibiricus*, *P. crassinervis*, *Procladius sp. I*. Причиной асинаптиса у этих видов является отсутствие политечии или очень низкий ее уровень.

Особый интерес вызывает наличие у таниподин «помпон»-подобных хромосом. У *Ps. varius* «помпон» представлен в виде укороченной хромосомы со слабообозначенным рисунком поперечной исчерченности, при этом степень четкости рисунка дисков варьирует по длине хромосомы. Такое строение связано с нарушением конъюгации хромомеров, в результате чего хромосома в целом укорачивается. У *Cl. nervosus* и *P. choreus* «помпон»-подобная хромосома – это деконденсированная хромосомная масса с утраченной дисковой структурой, которая вместе с другими хромосомами участвует в образовании рыхлого хромоцентра. «Помпоны» этих видов в клетках слюнных желез не выявляются, их можно обнаружить только на метафазной пластинке из клеток окологлоточного ганглия. У *D. sibiricus* и *M. paranebulosa* хлопьевидная «помпон»-подобная хромосома хорошо видна в клетках слюнных желез, расположена свободно, с другими хромосомами не соединяется. У *D. sibiricus* она образует связь с ядрышком.

По-видимому, наличие «помпона» указывает на признак пола. У таниподин роль «помпонов» еще не изучена. На наш взгляд, «помпон»-подобная хромосома таниподин – это утратившая рисунок дисков X-хромосома самца или самки.

Считают (Жимулев, 1992), что возможен переход от «помпона»-подобной хромосомы к нормальной дисковой. Этот переход, по-видимому, связан с более тесной конъюгацией хроматид и одновременным их растяжением. Архитектоника политечных хромосом таниподин с «нормальной» дисковой структурой имеет свои особенности: они тонкие, длинные, часто сильно растянуты так, что расстояние между дисками достигает значительных размеров, и рисунок дисков не достаточно четкий.

У всех изученных таниподин важной особенностью строения политечных хромосом с «нормальной» дисковой структурой является наличие распуфленных теломер, представляющих собой гетерохроматические блоки. По мнению некоторых авторов (Чубарева, 1986; Жимулев, 1992; Стегний, 1993, 2001) такие теломеры способны к взаимному притяжению, часто сопровождающиеся образованием хромоцентра. Объединение хромосом в единый хромоцентр у Diptera обеспечивается гранулярным рыхлым гетерохроматином, соответствующим в-типу Гейтца (Стегний, 1993, 2001). Теломерные слияния хромосом с образование хромоцентра впервые были замечены у хирономид подсемейства Diamesinae (Петрова, Чубарева, 1978; Петрова, 1983, 1992).

У таниподин теломерные слияния негомологичных хромосом сопровождаются или образованием хромоцентра или хромосомы формируют единую цепь, располагаясь друг за другом. Соединения хромосом распушленными теломерами с образованием рыхлого хромоцентра выявлены у *Anatopynia dyar* Johannsen, *Psectrotanypus varius* (Fabricius), *Clinotanypus nervosus* (Meigen) и *Procladius choreus* (Meigen). У этих видов в образовании хромоцентра также принимает участие деконденсированная “помпоно”-подобная хромосома.

Эктолическая конъюгация теломер (Т-Т слияния) негомологичных хромосом без образования хромоцентра обнаружена у *A. phatta*, *Tanypus punctipennis* (Meigen), *D. sibiricus*. В этом случае хромосомы набора располагаются друг за другом, образуют единую цепь, часто закрученную в клубок. У таниподин такие теломерные контакты не являются устойчивыми. Неустойчивые теломерные ассоциации можно рассматривать как первый этап на пути к уменьшению числа хромосом. При теломерных объединениях хромосомы как бы сортируются между собой и предпочтительные ассоциации могут генетически закрепиться (Петрова, 1983). После этого возникает tandemное объединение хромосом, представляющее собой межхромосомные транслокации отдельных плеч или целых хромосом. Полученные данные могут свидетельствовать о цитогенетических преобразованиях в ходе дивергенции видов таниподин.

У хирономид, особенно у Chironominae, в политечных хромосомах хорошо идентифицируются центромеры, чему способствует метод дифференциальной окраски гигантских хромосом по С-технике. Среди изученных таниподин центромерные районы выявлены только у *Anatopynia plumipes* (Fries), *Clinotanypus nervosus* (Meigen), *Macropelopia paranebulosa* Fittkau и *Psectrotanypus varius* (Fabricius). Но, только у *Psectrotanypus varius* (Fabricius) наблюдаются центромерно-теломерные слияния с образованием хромоцентра. Хромосомы большинства видов таниподин мелкие акроцентрики и не содержат центромер.

Особую роль в хромосомах играет ядрышковый организатор, где располагаются активные гены синтеза иРНК. Ядрышкообразующие активные районы хромосом обнаружены у большинства исследованных видов таниподин. У *Clinotanypus nervosus* (Meigen) с ядрышком связана «помпоно»-подобная хромосома. Число ядрышковых организаторов на геном составляет от одного до двух. Однако, у таниподин, в отличие от других хирономид, приуроченность ядрышкового организатора к какой-то определенной хромосоме не наблюдается.

Одним из показателей эволюционной зрелости таксона является степень хромосомного и геномного полиморфизма. У хирономид инверсии являются основным типом хромосомных перестроек, участвующих в дивергенции кариотипов видов. Они достаточно хорошо изучены у Chironominae. У Tanypodinae выявить инверсионный полиморфизм очень трудно, из-за сильной закрученности политечных хромосом. Тем не менее, среди таниподин инверсионный полиморфизм был обнаружен у *Anatopynia dyar* Johannsen, *C. nervosus* и *A. phatta*. У всех этих видов выявлены гетерозиготные инверсии, встречающиеся с низкой частотой: у *A. dyar* три инверсии, у *C. nervosus* – пять инверсий, у *A. phatta* – от трех до пяти инверсий.

Геномный полиморфизм, проявляющийся в изменении числа хромосом за счет появления в кариотипе В-хромосом, характерен для эволюционно молодых подсемейств хирономид. В кариотипах исследованных таниподин В-хромосом не обнаружено.

На архитектонику кариотипа таниподин оказывают влияние различные экологические факторы. Проведен анализ кариотипов пяти видов таниподин *A. phatta*, *A. longistyla*, *D. sibiricus*, *Procladius sp.I*, *Ps. varius* из семи зоогеографических зон Рос-

сии: Центральной России – Саратовская и Владимирская области; Западной Сибири – п-ов Ямал и Тюменская область; Восточной Сибири – Красноярский край (п-ов Таймыр) и Якутия (Усть-Ленский заповедник). Исследовали личинок только IV возраста, сбор которых проводили в последних числах мая – июне, т.к. именно в этот период морфология политетенных хромосом из клеток слюнных желез личинок таниподин представляет собой удлиненно-норальную или нормальную структуру, с хорошо выраженным рисунком дисков, что связано с оптимальным температурным режимом окружающей среды и максимальной физиологической активностью личинок в эти сезоны года. В исключительных случаях личинок собирали в июле, т.к. именно к этому времени в основном происходит сход льда на водоемах Западной Сибири и Заполярья и температура воздуха и воды становится оптимальной.

Обследованы водоемы двух типов – поймы рек и озера. Личинок собирали только в прибрежной зоне на глубине не более 1 метра. Средняя температура воздуха в Саратовской и Владимирской областях в конце мая – июне из года в год составляет  $+15^0 - +18^0\text{C}$ , а температура воды у дна – от  $4^0$  до  $16^0\text{C}$ . В северных регионах средняя температура воздуха в июле примерно одинаковая: в Западной Сибири на п-ве Ямал она составляет от  $+4^0$  до  $+16^0\text{C}$ , в Тюменской обл. – от  $+14^0$  до  $+18^0\text{C}$ ; в Восточной Сибири на п-ве Таймыр – от  $+2^0$  до  $+13^0\text{C}$ , а в Якутии – от  $+16^0$  до  $+18^0\text{C}$ , а температура воды у дна в этих регионах в среднем составляет  $+2^0 - +10^0\text{C}$ .

Анализ кариотипов показал, что архитектоника политетенных хромосом из клеток слюнных желез личинок IV возраста меняется в зависимости от климатического, в первую очередь температурного, режима конкретной географической зоны. Гигантские хромосомы у всех исследованных таниподин, собранных на территории Центральной России в водоемах Саратовской и Владимирской областей обладают высокой степенью политетии, хорошо окрашиваются, рисунок дисков достаточно четкий. Конъюгация гомологичных хромосом плотная.

У личинок таниподин из водоемов Западной и Восточной Сибири хромосомы обладают низкой степенью политетии, часто в виде рыхлой деконденсированной массы, рисунок дисков слабо выражен или не выявляется совсем. Конъюгация гомологов отсутствует. Подобное явление – отсутствие конъюгации у гомологичных хромосом с низкой степенью политетии, было встречено и у других северных видов хирономид, например, у *Stictochironomus psammophilus* ( $2n=8$ ) (Белянина, 1983). По-видимому, такая тенденция в строении политетенных хромосом у северных видов является типичной и связана с низкими температурами, доминирующими в этих зоогеографических зонах.

В этой связи показательным является строение гигантских хромосом у *D. sibiricus*. Личинки этого вида на территории России обнаружены только в водоемах Западной и Восточной Сибири. Эти северные регионы отличаются друг от друга среднедиличным температурным режимом. Так, на территории Южного Ямала, где находится р. Юрибей, климат более мягкий (средняя температура января: от  $-22^0$  до  $-24^0\text{C}$ ), а в Заполярье – Якутии, где располагаются озера Усть-Ленского заповедника – более холодный (в январе от  $-35^0$  до  $-50^0\text{C}$ ). Личинок из р. Юрибей собирали в июле при температуре воды  $+10^0\text{C}$ . Гигантские хромосомы из клеток слюнных желез личинок обнаруженных в р. Юрибей обладают, как и все другие северные виды, низким уровнем политетии, но конъюгация гомологов у них более или менее плотная. Личинок из озер Заполярья (Усть-Ленский заповедник) собирали при температуре воды  $+8^0\text{C}$ , однако, у них в клетках слюнных желез синапсис гомологичных хромосом полностью отсутствует. Несмотря на примерно одинаковую температуру воды в водоемах Южного Ямала и Заполярья в июле, более низкий температурный режим в Заполярье зи-

мой и полное промерзание озер, по-видимому, является главной причиной снижения синапсиса гомологов в клетках слюнных желез личинок IV возраста, обитающих в озерах Усть-Ленского заповедника.

Экстремально низкий температурный режим в зимний период также является причиной нарушения архитектоники хромосом на метафазной пластинке. Установлено, что только у двух северных видов *Procladius sp.I* с п-ва Таймыр (средняя температура января от  $-32^{\circ}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ ) и *D. sibiricus* из Усть-Ленского заповедника (Заполярье), обитающих в озерах полностью промерзающих в зимний период, архитектоника метафазных хромосом отличается от типичного для таниподин радиального расположения. У исследуемых видов хромосомы на метафазных пластинках хаотично разбросаны.

Высокую пластичность вида и его адаптацию к различным условиям среды обитания определяет инверсионный полиморфизм. Хромосомный полиморфизм, адаптивная ценность которого у других хирономид не вызывает сомнения, у таниподин, как один из факторов приспособления популяции к среде обитания, по-видимому, не играет решающей роли. Наибольшую значимость у таниподин, на наш взгляд, имеют высокие хромосомные числа, характерные для большинства видов этого подсемейства, что увеличивает число групп сцепления и повышает степень комбинативной изменчивости. Действительно, у изученных северных видов кариотипы с большим числом хромосом до  $2n=16$ , что может являться одним из показателей адаптации этих таниподин к экстремальным условиям среды обитания.

Одним из показателей приспособления популяции к изменяющейся среде обитания на генетическом уровне, является геномный полиморфизм. Наличие у хирономид В-хромосом представляет собой показатель антропогенного воздействия на сообщества и используется как параметр биоиндикации у представителей подсемейства Chironominae. У Tanypodinae В-хромосомы не обнаружены. Это не значит, что таниподины не могут являться индикаторами загрязнения водоемов. Напротив, показатель численности личинок таниподин по отношению к другим хирономидам используется для биоиндикации по крупным таксонам при сильном загрязнении водных объектов. Предложен индекс (Балушкина, 2002) для определения степени загрязнения водоема по соотношению численности трех подсемейств семейства Chironomidae: Tanypodinae – наиболее устойчивы к загрязнению, Chironominae – занимают промежуточное положение, Orthocladiinae – не выносят загрязнения. У таниподин показателем адаптации к изменяющимся условиям среды в результате антропогенного воздействия служит отношение численности их личинок к численности личинок других хирономид, а не геномный полиморфизм.

Таким образом, у Tanypodinae кариотипический аспект экологической пластичности связан с большими хромосомными числами, с уровнем политении гигантских хромосом, а также наличием или отсутствием синапсиса гомологичных хромосом. Таниподины выносят экстремально низкие температуры и достаточно терпимы к антропогенному загрязнению.

### **Список литературы**

Балушкина Е.В. 2002. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры. Часть 1. Оценка качества вод р. Ижоры по структурным характеристикам донных животных // Биология внутренних вод. № 4. С. 61–68.

Белянина С.И. 1983. Кариотипический анализ хирономид (Chironomidae, Diptera) фауны СССР. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 39 с.

Жимулев И.Ф. 1992. Политенные хромосомы: морфология и структура. Новосибирск: Наука. С. 138–149.

- Лухтанов В.А. 1999. Организация и эволюция кариомов у чешуекрылых (Lepidoptera). Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. СПб., 48 с.
- Петрова Н.А. 1983. Кариотип и неустойчивые ассоциации политетенных хромосом *Syn-diamesa nivosa* (Diptera, Chironomidae) // Зоол. журн. Т.62. Вып. 1. С. 69–74. – 1989. Характеристика кариотипов хирономид (Diptera, Chirinimidae) мировой фауны. I. Подсемейства Telmatogotoninae, Podonominae, Tanypodinae, Diamesinae, Prodiamesinae и Orthocladiinae // Энтомол. обзор. Т. 68. № 1. С. 107–120. – 1992. Политетные хромосомы хирономид и мошек; их использование для изучения систематики и эволюции этих групп насекомых (Diptera, Chironomidae, Simuliidae). Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. СПб., 50 с.
- Петрова Н.А., Чубарева Л.А. 1978. Особенности кариотипа хирономиды *Prodiamesa olivacea* Meig. // Цитология. Т. 20. № 10. С. 1208–1211.
- Стегний В.Н. 1993. Архитектоника генома, системные мутации и эволюция // Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 111 с. – 2001. Системная реорганизация генома при видообразовании // Эволюционная биология. Томск: Изд-во Том. ун-та. Т. 1. С. 128–137.
- Чубарева Л.А. 1986. Сопоставление кариотипических признаков мошек и хирономид // Эволюция, видообразование и систематика хирономид. Новосибирск. С. 36–45.

## ЭФФЕКТЫ КОФЕИНА И ВЕЩЕСТВ – БЛОКАТОРОВ ИОННЫХ КАНАЛОВ НА АССОЦИАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ У ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ

Д.И. Силантьева, Г.Р. Салахова, В.В. Андрианов, Т.Х. Гайнутдинова,  
Х.Л. Гайнутдинов

Казанский физико-технический институт КНЦ РАН, 420029 г. Казань,  
*dinaram@mail.ru*

Ионы кальция, поступающие внутрь клетки во время ее возбуждения, с одной стороны приводят к изменению свойств ионных каналов мембранны, а с другой стороны служат сигналами для активации различных биохимических реакций, таким образом, осуществляя связь между электрическими явлениями, происходящими в поверхностной мемbrane клетки, и реакциями протекающими внутри ее, принимают непосредственное участие в интегральной деятельности нервной клетки. Одним из распространенных природных веществ, влияющих на уровень внутриклеточного кальция является кофеин. Мы провели исследования эффектов влияния кофеина на электрические характеристики командных нейронов оборонительного поведения обученных и необученных улиток путем изменений внутриклеточной концентрации кальция добавляя в омывающий препарат нервной системы раствор кофеина, и при использовании блокаторов кальциевых каналов.

Анализ электрических характеристик командных нейронов показал, что значения порогов генерации потенциала действия при добавлении в раствор кофеина достоверно снижаются обеих группах: в группе интактных улиток с  $20 \pm 0.8$  мВ до  $16 \pm 0.95$  мВ, в группе обученных с  $17.2 \pm 0.4$  мВ до  $13 \pm 0.9$  мВ. Однако эксперименты с хроническим введением кофеина улиткам во время обучения показали, что ежедневная инъекция кофеина увеличивает скорость выработки условного оборонительного рефлекса (**УОР**) по сравнению с группой активного контроля (инъекция физиологического раствора). При этом **УОР** вырабатывается быстрее у той группы улиток, которым кофеин вводили после ежедневного сеанса обучения, в отличие от той группы, которым кофеин вводили до ежедневного сеанса обучения. Блокада потенциал-зависимых кальциевых каналов верапамилом приводила к достоверной деполяризации мембранныго потенциала на  $5.4 \pm 1.9\%$  и к увеличению продолжительности потен-

циала действия на  $20.2 \pm 5.4\%$  в группе контрольных улиток; в группе обученных улиток аппликация верапамила также вызывала достоверную деполяризацию мембранныго потенциала на  $4.6 \pm 1.6\%$ , однако продолжительности потенциала действия изменилась не достоверно. Анализ электрических характеристик командных нейронов при повышении внутриклеточного кальция в условиях блокады потенциал-зависимых кальциевых каналов показал, что мембранный потенциал достоверно снижался в обеих группах. Однако порог генерации потенциала действия достоверно снижался в группе контрольных улиток, и не изменялся в группе обученных улиток.

*Работа поддержанна грантом РФФИ № 04-04-48817.*

## **ВЕРХНИЕ ЛЕТАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕЩА, ПЛОТВЫ И ОКУНЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ОНТОГЕНЕЗА**

А.К. Смирнов, В.К. Голованов, А.М. Свирский

*Институт биологии внутренних вод РАН, 152742 Ярославская обл., пос. Борок,  
e-mail: smirnov@ibiw.yaroslavl.ru*

В настоящее время отмечается тенденция к изменению температур среды обитания водных животных, что связано с несколькими причинами. Первая из них – существование многочисленных малоизученных зон «термального загрязнения» водоемов в районах сброса подогретых вод ГРЭС, АЭС и крупных ТЭЦ. Вторая – отмечаемое в последние десятилетия глобальное потепление климата. Это обуславливает в последние годы продолжительные периоды стояния высоких температур воды ( $\approx 30^\circ\text{C}$ ) летом на некоторых участках рек, озер и водохранилищ Северо-Запада России. Третья – зарегулирование стока крупных рек России и связанные с этим изменения природных условий в зоне обустраиваемых водохранилищ. С учетом вышесказанного, определение верхних летальных температур у различных видов рыб и температурного диапазона их жизнедеятельности представляет существенный интерес. Изучение температурных границ жизнедеятельности водных организмов актуально не только в теоретическом плане – для решения проблем экологической физиологии и механизмов адаптации животных к факторам среды (Озернюк, 2000). Оно имеет также и важное практическое значение – в качестве исходных данных при определении нормативов тепловых нагрузок на пресноводные водоемы (Голованов, 2001).

Существует большое количество публикаций, посвященных летальным температурам рыб (Алабастер, Ллойд, 1984; Лапкин и др., 1981, 1990; Lutterschmidt, Hutchison, 1997 и др.). Однако данных, характеризующих термоустойчивость многих видов рыб России, сравнительно мало. Также немного работ, в которых оцениваются возрастные изменения термоустойчивости рыб, в том числе как их верхних, так и нижних летальных температур (Лапкин и др., 1981). Многие авторы, говоря об онтогенетических изменениях, используют в качестве исходного материала только близкие по возрасту группы животных. Единичны работы, в которых изменчивость температурных границ жизнедеятельности пресноводных рыб оценивается в процессе всего онтогенеза, начиная с момента выклева до половозрелого состояния (Голованов, Валтонен, 2000; Лапкин и др., 1990; Поддубный, Лапкин, Голованов и др., 1990).

С другой стороны вопрос усугубляется существованием большого разнообразия методических приемов для определения летальной температуры, что сильно затрудняет проведение сравнительного анализа имеющихся данных в онтогенетическом аспекте. Бейтингер с соавторами (Beitinger et al., 2000) выделяет три таких подхода:

метод «температурного скачка» или метод определения «пороговой летальной температуры» (**ПЛТ**), метод «критического термического максимума-минимума» (**КТМ**) и метод «хронического летального максимума-минимума» (**ХЛМ**). Первый из них можно отнести к статическим методам, а методы **КТМ** и **ХЛМ** – к динамическим, т.к. опытная температура в данных методах изменяется с определенной скоростью, начиная от исходной вплоть до летальной. Между собой динамические методы различаются тем, что при оценке **КТМ** из-за использования довольно высоких скоростей нагрева или охлаждения не происходит процесса температурной переакклиматации животных в ходе эксперимента, а при определении **ХЛМ** рыбы успевают переакклиматироваться к изменению температуры. В последнее время метод **КТМ** применяют в исследованиях гораздо чаще, чем метод **ПЛТ** (Lutterschmidt, Hutchison, 1997).

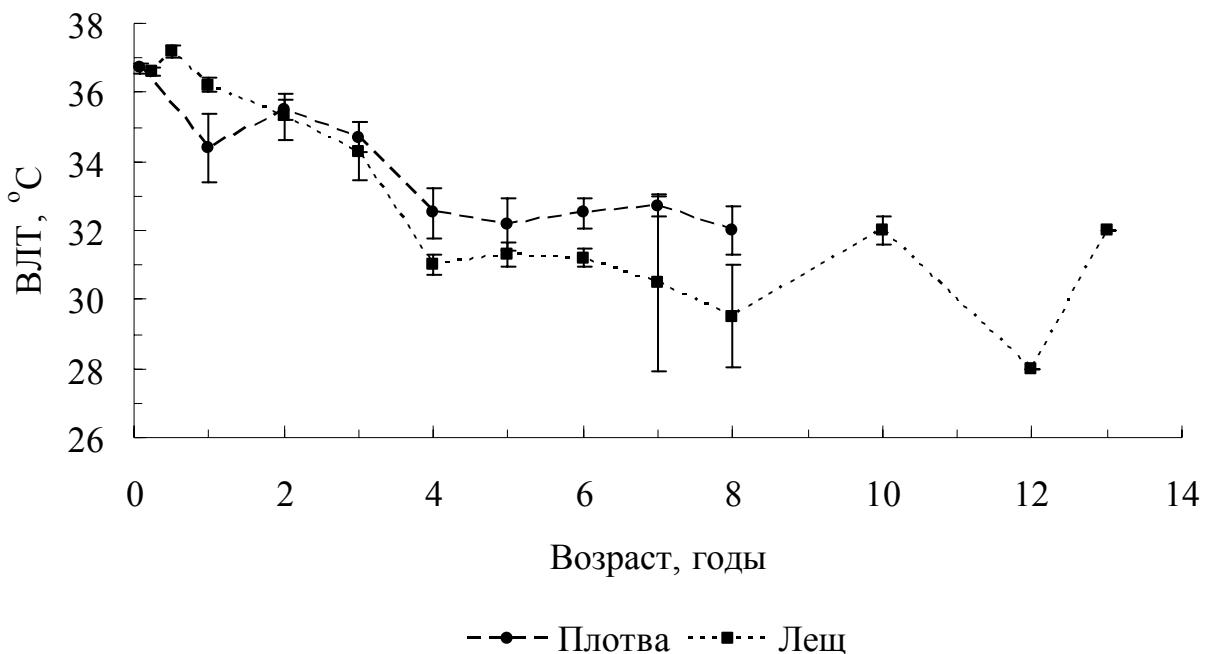
Цель настоящего исследования заключалась в оценке верхних летальных температур у леща *Aramis brama* (L.), плотвы *Rutilus rutilus* (L.) и окуня *Perca fluviatilis* L. в различные периоды онтогенеза с использованием метода **ХЛМ**.

Для выполнения поставленной задачи подопытных рыб нагревали со скоростью 1°C в сутки. Нагрев проводили с использованием электронного терморегулятора и контактного ртутного термометра. За конечную точку эксперимента была принята гибель особей, а не потеря ими равновесия, как в методе **КТМ**. Все опыты выполнены в весенний, летний и осенний сезоны года. Перед экспериментом рыб акклиматировали к температурам 12–20°C в течение 10 суток, их кормили как во время акклиматации, так и в ходе проведения всех экспериментов. Как было показано ранее, использование данной скорости изменения температуры позволяет практически исключить влияние сезона года на величину летальной температуры (Смирнов, Голованов, 2004а, б). Из-за температурной переакклиматации рыб в процессе опыта применение данного метода позволяет охарактеризовать полученные результаты как генетически определенную норму реакции рыб на температуру. Этим они отличаются от летальных температур, определяемых с помощью методов **КТМ**, в которых отражается фенотипическое проявление температурных адаптаций (Хлебович, 1981). В общей сложности в экспериментах по определению **ХЛМ** исследовано 169 особей леща (в возрасте от 3 месяцев до 13 лет), 57 – плотвы (в возрасте от 1 месяца до 8 лет) и 292 особи окуня (в возрасте от 1 месяца до 8 лет).

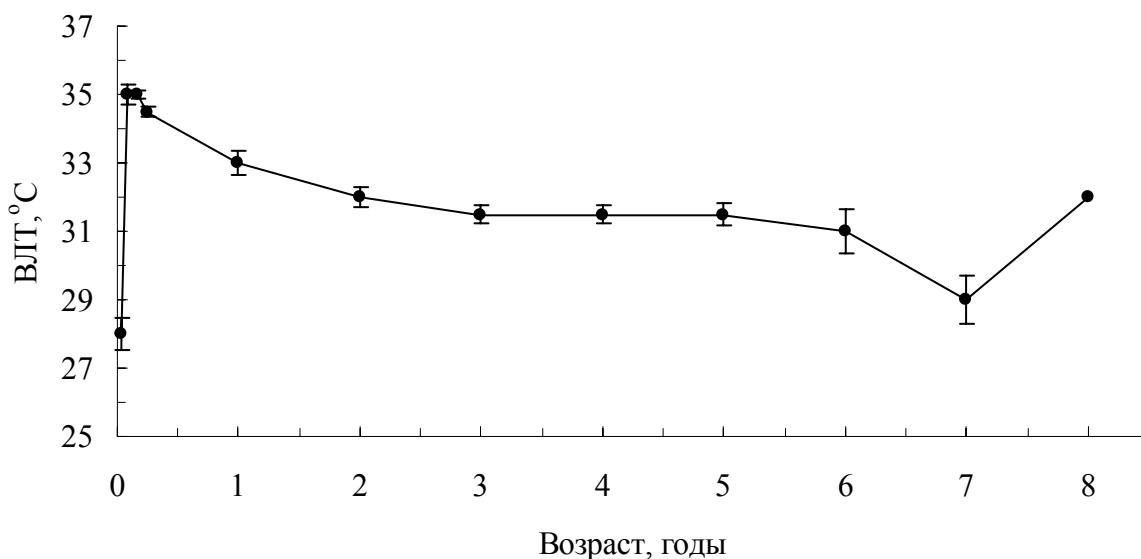
Полученные экспериментальные данные показывают, что верхняя летальная температура не остается одинаковой в течение онтогенетического развития. Так, молодь леща обладает наибольшей термоустойчивостью в возрасте 0.5 года (рис. 1). При дальнейшем росте рыб наблюдалось снижение величины верхних летальных температур, которое заканчивалось в возрасте 4–5 лет. В дальнейшем устойчивость половозрелого леща к температуре оставалась на примерно одинаковом уровне. У плотвы наблюдалась сходная картина (рис. 1). Показав максимум верхних летальных температур в возрасте 1 месяца, в дальнейшем плотва, как и лещ, снижает термотолерантность до возраста 4–5 лет. У более старших возрастных групп верхняя летальная температура колебалась приблизительно на одном уровне. Данные по окуню сходны с предыдущими (рис. 2). Однако снижение термоустойчивости у окуня заканчивается в возрасте 3 лет.

В ходе онтогенеза организм животных претерпевает ряд важных морфологических и физиологико-биохимических перестроек, что, несомненно, не может не отразиться на его температурной устойчивости. Поэтому вопросам изменения термоустойчивости водных животных уделялось значительное внимание (Лапкин и др., 1981, 1990; Голованов, Валтонен, 2000; Beiting et al., 2000 и др.). Как показывают многочисленные исследования, одним из критических моментов устойчивости организма

рыб к летальному воздействию температуры является выклев личинок из икры (Резниченко, Гулидов, 1978; Гулидов, Попова, 1979; Голованов и др., 1997). Летальной в период выклева является достаточно низкая температура. Так, для леща это 29°C (Резниченко, Гулидов, 1978), для плотвы – 26°C (Гулидов, Попова, 1979), для окуня – 24–28°C (Kokurewicz, 1969; Алабастер, Ллойд, 1982; Голованов и др., 1997). В дальнейшем в ходе онтогенеза происходит увеличение значений верхних летальных температур. Так, если у окуня (Лапкин и др., 1981; Поддубный, Лапкин, Голованов и др., 1990) в возрасте 15 дней ее величина составляет 28°C, то в возрасте 2 месяцев она уже равнялась 35°C (рис. 2).



**Рис.1 . Возрастные изменения верхних летальных температур (ВЛТ) у леща и плотвы.**



**Рис. 2. Возрастные изменения верхних летальных температур (ВЛТ) у окуня.**

Как показывают полученные результаты и анализ литературных данных, возрастная динамика верхних летальных температур у изученных видов довольно сходна, и ее можно разбить на ряд последовательных фаз. Во время первой фазы («фазы

подъема») наблюдается достаточно резкий рост устойчивости рыб к температуре в течение первых месяцев жизни с момента выклева, при этом летальные температуры достигают максимума на первом году жизни рыб. Затем наступает вторая фаза («фаза снижения»), при которой происходит постепенное снижение верхних летальных температур на достаточно ощутимую величину. Так, у леща снижение значений верхних летальных температур за период от 6 месяцев до 4-5 лет составило 6°C, у плотвы за период от 1 месяца до 4 лет – 4.2°C, у окуня за период от 2 месяцев до 3 лет – 3.5°C. Достигнув в указанные сроки определенного уровня, снижение температурной устойчивости прекращается, и наступает «фаза стабилизации» значений верхних летальных температур. Вышеприведенная схема возрастной динамики летальных температур в основном совпадает и с результатами, приведенными для радужной форели *Oncorhynchus mykiss* (Голованов, Валтонен, 2000). Полученные данные согласуются также с выводами В.В. Лапкина и В.Г. Михайленко о том, что молодые организмы более устойчивы к негативным хроническим воздействиям факторов (Лапкин и др., 1981, 1990; Михайленко, 2002 и др.). Однако в исследовании, выполненном на некоторых лососевых видах (Spaas, 1960) показано, что уровень верхних летальных температур у двухлеток семги *Salmo salar* и кумжи *Salmo trutta* выше, чем у сеголеток. У радужной форели верхняя граница термоустойчивости в возрасте от 2–3 месяцев до 2-х лет также меняется незначительно (Голованов, Валтонен, 2000).

На наш взгляд, повышенную температурную устойчивость молоди карповых и окуневых рыб по сравнению с взрослыми особями можно объяснить с различием в местах их обитания. Так, в Рыбинском водохранилище молодь карповых видов в течение первого года жизни остается вблизи нерестилищ, то есть в прибрежье водоемов, а уходит из них только с осенним похолоданием. Такие зоны характеризуются обильной кормовой базой, большим числом укрытий, а также более высокой температурой, способствующей быстрому росту рыб. Однако здесь, на мелководье, в летние месяцы может происходить и достаточно сильный прогрев воды. В таких местах сосредоточения молоди, как правило, обильна высшая водная растительность, замедляющая течение и тем самым способствующая еще большему прогреванию толщи воды. При таких условиях значения температуры воды прибрежья в жаркие дни лета могут приближаться к летальным уровням для взрослых особей. При критическом нарастании температуры на мелководье уход молоди в оптимальные условия не всегда возможен вследствие угрозы хищников. Очевидно, в процессе приспособления карповых и окуневых видов к условиям обитания в водохранилищах происходило постепенное увеличение термоустойчивости молоди, что позволяло ей беспрепятственно использовать богатые кормом и укрытиями мелководья. Напротив, молодь лососевых (например, семги и кумжи) после выклева в течение 2–4 лет обитает на различных по температурным условиям участках в ручьях и реках, скатываясь в море (или озера) после одной или нескольких зимовок (Атлас..., 2002; Веселов и др., 1998). Соответственно, и верхняя температурная граница жизнедеятельности таких видов начинает снижаться в более позднем возрасте (Голованов, Валтонен, 2000; Spaas, 1960). Вместе с тем, разница верхних летальных температур у молоди и взрослых лососевых рыб сопоставима с таковой у изученных карповых и окуневых видов и равняется ≈4–6°C. Как показал анализ вышеприведенных данных, прекращение «фазы снижения» и начало «фазы стабилизации» зачастую совпадают по времени с моментом массового созревания особей данного вида. Так, например, у леща период массового созревания наступает в возрасте 7–9 лет, у плотвы – 3–4 лет, у окуня – 2–3 лет (Атлас ..., 2002). Это свидетельствует о том, что с наступлением состояния половозрелости уровень верхних летальных температур, определенный методом ХЛМ, остается практически неизменным. Видимо, к этому моменту все значительные физиоло-

го-биохимические перестройки, происходящие в организме рыб в процессе онтогенеза, заканчиваются.

Таким образом, исследованные виды в процессе онтогенеза, начиная с момента выклева, проходят ряд фаз изменения устойчивости к температуре – «фазу подъема», «фазу снижения» и «фазу стабилизации». Повышенный уровень летальных температур молоди на первом году жизни следует, вероятно, связывать с более теплыми местами ее обитания в прибрежье водоема. «Фаза снижения» приходится на период неполовозрелого состояния рыб. Начало «фазы стабилизации», как правило, совпадает с началом массового полового созревания у вида.

### **Список литературы**

- Алабастер Дж., Ллойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 384 с.
- Атлас пресноводных рыб России. 2002. Под ред. Ю.С.Решетникова. М.: Наука, Т. 1. 379 с., Т. 2. 253с.
- Веселов А.Е. 1998. Распределение и поведение молоди атлантического лосося в летний период // Атлантический лосось. СПб.: Наука. С. 159–180.
- Голованов В.К. 2001. Влияние дополнительного тепла. Рыбы // Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: Изд-во ЯрГТУ. С. 295–302.
- Голованов В.К., Валтонен Т. 2000. Изменчивость термоадаптационных свойств радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walbaum в онтогенезе // Биология внутр. вод. № 2. С. 106–115.
- Гулидов М.В., Попова Л.С. 1979. Динамика выплления и морфологические особенности выплления зародышей плотвы *Rutilus rutilus* L. в зависимости от температуры инкубации // Вопр. ихтиол. Т. 19. Вып. 5. С. 868–873.
- Лапкин В.В., Голованов В.К., Свирский А.М., Соколов В.А. 1990. Термоадаптационные характеристики леща *Abramis brama* (L.) Рыбинского водохранилища // Структура локальной популяции у пресноводных рыб. Рыбинск: ИБВВ АН СССР. С. 37–85.
- Лапкин В.В., Свирский А.М., Голованов В.К. 1981. Возрастная динамика избираемых и летальных температур рыб // Зоол. журн. Т. 40. Вып. 12. С. 1792–1801.
- Михайленко В.Г. 2002. Неоднозначность резистентности организмов // Успехи соврем. биол. Т. 122. № 4. С. 334–341.
- Озернюк Н.Д. 2000. Температурные адаптации. М.: Изд-во МГУ, 205 с.
- Поддубный А.Г., Лапкин В.В., Голованов В.К., и др. 1990. Биологические основы рыбоводства. Закл. отчет за 1986–1989 гг. Ч. I. Борок. 210 с.
- Резниченко П.Н., Гулидов М.В. 1978. Зависимость выживания зародышей леща *Abramis brama* (L.) от температуры акклиматации // Эколо-морфологические и эколого-физиологические исследования развития рыб. М. С. 108–114.
- Смирнов А.К., Голованов В.К. 2004а. Влияние различных факторов на термоустойчивость серебряного карася *Carassius auratus* L. // Биол. внутр. вод. № 3. С. 103–109. – 2004б. Термопреферендум и верхние летальные температуры молоди карповых и окуневых видов рыб (на примере серебряного карася и речного окуня) // Материалы XV Респ. молод. научн. конф. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН. С. 274–275.
- Хлебович В.В. 1981. Акклиматация животных организмов. Л.: Наука, 136 с.
- Beitinger T.L., Bennet W.A., McCauley R.W. 2000. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature // Environ. Biol. Fishes. V. 58. № 3. P. 237–275.
- Kokurewicz B. 1970. The effect of temperature on embryonic development of perches *Perca fluviatilis* L. and *Lucioperca lucioperca* (L.) // Zool. Polon. V. 19. f. 1. P. 47–68.
- Lutterschmidt W.I., Hutchison V.H. 1997. The critical thermal maximum: history and critique // Can. J. Zool. V. 75. № 6. P.1561–1574.
- Spaas J.T. 1960. Contribution to the comparative physiology and genetics of the european salmonidae. III. Temperature resistance at different ages // Hydrobiologia. V. 15. № 1–2. P. 78–88.

**УЧАСТИЕ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА В РЕАКЦИЯХ АДАПТАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ К ХОЛОДУ**

О.Г. Солодовникова, Л.Н. Хицова

*Воронежский государственный университет, 394006 г. Воронеж,*

*e-mail: adroita803@mail.ru*

Воздействие температуры на живой организм – один из важных экологических (абиотических) факторов. Адаптация к неблагоприятному температурному режиму представляет собой сложный процесс динамичной последовательной перестройки системной организации функций, направленной на поддержание устойчивого адекватного состояния гомеостатического статуса организма. У гомойотермных животных поддержание температурного баланса при значительных отклонениях температуры воздуха от оптимума осуществляется ценой высокого напряжения терморегулирующих реакций (Хаскин, 1975).

Известно, что компоненты антиоксидантной системы организма могут выступать в роли стресс-лимитирующего механизма, ограничивая действие абиотических факторов среды, например, холода.

Целью исследования явилось выявление в лабораторных условиях: 1) поведения экспериментальных животных при низкой температуре; 2) реакцию на взятие крови разных по полу сочленов группы; 3) роль вводимого с пищей б-токоферола в адаптации животных к холоду.

Взятие крови осуществлялось в соответствии с общепринятой методикой. Экспериментальные животные (белые крысы) содержались в специальном неотапливающем помещении (при температуре от –3 до 10<sup>0</sup>С в клетках по 4-7 особей (возраст 8-20 недель) с дифференциацией по полу (самцы и самки отдельно) и смешанными группами (самцы и самки вместе). Рацион крыс был составлен таким образом, что бы входящие в него продукты обеспечивали суточную потребность животных в витамине Е (20-40 мг/кг).

Наблюдения подтвердили закономерность Хилла (Hill, 1913) о проявлении «коллективной терморегуляции»: особи образовывали скопления, активно перемещаясь с периферии в центр, нередко по тем животным, которые формируют нижний уровень. При дальнейшем сохранении низкой температуры крысы переходили в пассивное состояние: почти монолитная группа реагировала только на пищу. Присутствие самки в гнезде имеет значение для поддержания температуры тела крысят до двухнедельного возраста. Время нахождения самки в гнезде зависит от температуры среды: при температуре от –3 до 5<sup>0</sup>С самки находились в гнездах постоянно, активно собирая крысят в плотные группы. Реакция на свет проявлялась лишь при первом включении. Последующие включения (без кормления) вызывали только слабую реакцию без каких-либо попыток выхода из группы: только подергивание вибриссами, поворот головы. Спустя пять недель содержания при низкой температуре отмечено привыкание к холоду, чему, вероятно, способствовало введение в рацион витамина Е в объеме суточной потребности.

В ходе экспериментов были выявлены реакции на удаление из клетки особей-партнеров и на поведение животных, у которых забиралась кровь. В контрольных клетках, откуда крысы не изымались для взятия крови, животные вели себя спокойно при кормлении. Взятое из экспериментальной клетки животное помещали в специальное приспособление, обеспечивающее иммобилизацию. При взятии крови живот-

ные издавало писк, который вызывал сначала беспокойства у тех особей, которые оставались в клетке, а затем их беспорядочное перемещение (более спокойными были особи в смешанных группах). При возвращении в клетку животного после забора крови остальные члены группы сосредотачивались вокруг него. Нервозность в такой группе сохранялась в последующие 10-15 минут. Экспериментальное животное проявляло агрессию по отношению к экспериментатору 5-7 дней; почти также и такое же время вели себя особи, не подвергавшиеся болевому шоку.

Заметим, что реакция самки на взятие крови у самца, находившегося в клетке вместе с ней, была такой, как показано выше, но ее агрессивность после проявлялась не только к кормящему, но и к самцу.

Токоферол и его производные принимают участие в реализации апоптоза (витамин Е ингибирует включение программы гибели нормальных клеток, индуцированное глюкокортикоидами, облучением и т.д.) (Капралов и др., 2003). Витамин Е принимает участие в регуляции уровня кортикостерона, подавляя адренокортиковую реакцию, при которой уровень кортикостерона в плазме крови (Анищенко, 1991) повышаются в два раза за период от 4 до 15 мин. Угнетая стресс-реакцию и предупреждая метаболический ответ на температурное воздействие, б-токоферол вносит вклад в выработку реакций устойчивости к холоду. Учитывая способность б-токоферола изменять температуру фазового перехода в белково-липидных структурах с  $20-17^0\text{C}$  до  $16-10^0\text{C}$  и предотвращать окисление мышечных белков, можно предположить наличие нескольких возможных путей его участия в общем механизме защиты тканей организма от температурного стресса.

### **Список литературы**

- Анищенко Т.Г. 1991. Половые аспекты проблемы стресса и адаптации // Успехи соврем. биологии. Т. 111. № 3. С. 460–472.
- Капралов А.А., Донченко Г.В., Петрова Г.В. 2003. Роль витамина Е в процессах функционирования клетки. Антиоксидантные и неантиоксидантные механизмы // Успехи соврем. биологии. Т. 123. № 6. С. 573–589.
- Слоним А.Д. 1962. Частная экологическая физиология млекопитающих. М: Изд-во АН СССР, 498 с.
- Хаскин В.В. 1975. Энергетика теплообразования и адаптация к холоду. Новосибирск: Наука, 200 с.
- Reznik A.Z., Witt E., Matsumoto M., 1992. Vitamin E inhibits protein oxidation in skeletal muscle of resting and exercised rats // Biochem. Biophys. Res. Commun. V. 189. № 2. P. 801–806.

## **ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ НА ФАУНУ РЫБ В БАССЕЙНЕ р. ВИЛЮЙ**

Н.М. Соломонов

*Институт прикладной экологии Севера АН РС (Я), г. Якутск  
e-mail: soln75@rambler.ru*

Материал собран в августе 2004 году на р. Мархе (бассейн р. Вилуй), на участке 20-30 км ниже устья р. Далдын (левый приток р. Марха), на которой расположен Удачниковский ГОК и г. Удачный. Материал обрабатывался по общепринятым в ихтиологии методикам. Кроме того, использован метод оценки благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб (Решетников и др., 1999).

На исследованном участке изучены 7 видов рыб: ленок (*Brachymystax lenok* (Pallas)), сиг-пыхъян (*Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin)), обыкновенный гольян (*Phoxinus phoxinus* L.), сибирский голец (*Nemachilus barbatulus toni* (Dybowski)), обыкновенный окунь (*Perca fluviatilis* L.), ерш (*Gymnocephalus cernua* (L.)) и пестронохий подкаменщик (*Cottus poecilopus* Heckel). Наиболее массовыми, в количественном отношении видами являются сиг-пыхъян (42.3%), ленок (26.8%) и обыкновенный гольян (25.8%). Остальные виды встречаются единично. Наблюдается относительная стабильность размерного состава основных видов рыб. Темп роста этих видов не претерпел значительных изменений за последние 40 лет (Кириллов, 1962). Это характеризует водную экосистему как достаточно стабильную, а условия обитания рыб относительно благополучными. В то же время отсутствие в уловах старшевозрастных групп сига свидетельствует о достаточно сильном влиянии любительского лова на популяцию сига в р. Марха.

Исследования оценки благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа позволяют заключить, что исследованный участок можно отнести к зоне относительного экологического благополучия. Участок исследований находится более чем в 30 км от источников загрязнения. Интегрированный индекс неблагополучного состояния (ИНС) колеблется от 0 до 4 у сиг-пыхъяна и от 0 до 3 у ленка. Такие низкие значения ИНС соответствуют состоянию рыб в естественных популяциях при минимальном антропогенном влиянии. Аномалии встречаются, но не у всех рыб и не во всех органах. Тем не менее, по нашим наблюдениям из р. Далдын в р. Марха осуществляется сброс значительного количества биогенов, о чем свидетельствует бурное развитие водорослей. При повышении количества биогенов в воде будет увеличиваться количество водных беспозвоночных, что положительно отразится на кормовой базе рыб. В то же время в худшую сторону изменяется кислородный режим водоема и увеличивается заиленность нерестилищ. Кроме того, значительное количество водорослей в толще воды оказывает непосредственное влияние на рыб, затрудняя дыхание.

#### Список литературы

- Кириллов Ф.Н. 1962. Ихтиофауна бассейна реки Вилюя // Труды Ин-та биол. Якутск. фил. СО АН СССР. Fauna рыб и беспозвоночных. Вып. 8. М., Изд-во АН СССР.  
Решетников Ю.С. и др. 1999. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб // Успехи соврем. биол. Т. 119. № 2. С. 165-177.

### ПРОФИЛАКТИКА РАСТИТЕЛЬНЫМИ ПОЛИФЕНОЛАМИ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА ЛИПИДОВ В ПЕЧЕНИ КРЫС ПРИ ХИМИЧЕСКОМ И ФИЗИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

В.Г. Спрыгин, Н.Ф. Кушнерова, С.Е. Фоменко, Т.Н. Гордейчук, Е.Е. Солодова  
Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,  
*e-mail: vsprygin@poi.dvo.ru*

Всеобщая подверженность стрессовым воздействиям (тяжелая физическая нагрузка, переохлаждение, перегревание, химический и эмоциональный стрессы, неправильное и неполноченное питание, курение, алкоголь, наркотики и др.) делает актуальным изучение глубоких биохимических механизмов их влияния на организм и возможность фармакологической регуляции. Одним из наиболее широко распространенных

ненных гепатотоксических веществ является этанол. Его действие связано с образованием гидроксиэтиловых свободных радикалов в результате активации микросомальных ферментов монооксигеназной системы. В связи с этим развивается тяжелая патология печени. Следовательно, целесообразно использовать гепатопротекторы из числа естественных природных антиоксидантов, в частности, среди биологически активных добавок (**БАД**), содержащих флавоноиды (полифенольные структуры). На роль таких **БАД** претендует класс растительных полифенольных соединений, представляющих собой продукты вторичного метаболизма растений. В водной среде молекула полифенольного соединения существует в виде равновесного комплекса «хинон–семихинон–фенол», важнейшая роль в котором принадлежит семихинонному феноксильному радикалу. Данное свойство полифенолов позволяет активно влиять как на ферментативные процессы в организме, связанные с переносом заряда, так и на свободно-радикальные процессы, выступая в живом организме в виде буферной емкости.

Разработана биологически активная добавка (**БАД**) к пище из отходов при переработке калины (патент №RU2199249), зарегистрированная под торговой маркой «Калифен» (свидетельство на товарный знак №197216), представляющий собой сложную композицию различных биологически-активных веществ с преобладанием флавоноидов. Доминирующим компонентом химического состава является комплекс природных флавоноидных соединений – олигомерных проантокинидинов (**КОПЦ**), способных гасить свободные радикалы, образующиеся при химическом и физическом стрессе, и этим защищать биологические мембранны от перекисного окисления. Состав «Калифена»: общие полифенолы - 38 г/л, **КОПЦ** – 15.0 г/л.

Алкогольная интоксикация (химический стресс) у крыс был смоделирован введением 33% этилового спирта внутрибрюшинно в дозе 7.5 мл/кг в течение 7 дней. Калифен животным вводили перорально в дозе 0.4 мл/100 г массы 2 раза в сутки. Животные были разделены на три группы по 10 крыс в каждой: 1-я-контрольная (интактные животные), 2-я – этиловый спирт, 3-я – этанол+калифен. При поражении этиловым спиртом в печени наблюдалось достоверное увеличение триацилглицерина, холестерина и насыщенных жирных кислот. Менялось соотношение фосфолипидных фракций: снижалось количество основных структурных компонентов мембран - фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина при одновременном увеличении количества их лизоформ, что обусловлено повышением активности фосфолипаз. В жирнокислотном спектре нарушалось соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Композиция из этанола с калифеном способствовала сохранению метаболических реакций печени, активации ее этерифицирующей функции, что снимает угрозу жировой инфильтрации, а также восстановлению обмена холестерина в мембранах за счет регуляции его синтеза и этерификации.

Физический стресс вызывали путем подвешивания животных за шейную складку на 24 часа. Калифен животным вводили перорально в дозе 0.4 мл/100г массы 2 раза в сутки (до подвешивания и через 4 часа после подвешивания). Животные были разделены на три группы по 10 крыс в каждой: 1-я-контрольная (интактные животные), 2-я - стресс, 3-я – стресс+калифен. Подвешивание крыс за шейную складку вызывало у них типичную картину стресса: гипертрофию надпочечников и появление язв в желудке. В печени крыс наблюдалось достоверное увеличение концентрации триацилглицеринов, холестерина и свободных жирных кислот, что может быть связано с активизацией процессов липолиза в жировой ткани вследствие увеличения продукции катехоламинов, которое характерно для развития стресс-реакции. Стресс-подвешивание также активировало реакции перекисного окисления липидов и спо-

составляло рассогласованию соотношения в спектре насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Увеличение активности матричного фермента лизосом бета-галактозидазы в крови является чувствительным тестом, свидетельствующим о повышении проницаемости мембран лизосом. Уменьшение количества дифосфатидилглицерина - основного фосфолипида мембран митохондрий - указывает на угнетение процессов синтеза АТФ. Снижение количества фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина (основных структурных компонентов мембран) при одновременном увеличении количества их лизоформ, обусловлено активацией фосфолипаз. Полученные результаты свидетельствуют о том, что независимо от вида стресса (химический, физический) нарушения липидного обмена идентичны, но различается степень их выраженности. Профилактическое введение калифена способствовало нормализации измененных стрессом биохимических параметров печени, сохранению каскадов реакций липидного обмена, антиоксидантного статуса организма и его энергообеспечения.

Данные эксперименты показали, что применение растительных препаратов, содержащих природные полифенольные комплексы, может быть рекомендовано в качестве профилактики для нормализации измененных стрессом биохимических параметров липидного обмена печени.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЭКОМОНИТОРИНГА, ОСНОВАННОГО НА КОМПЛЕКСНОЙ РЕАКЦИИ БИОТЫ**

Е.А. Супруненко, Ю.Н. Королев, А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, В.А. Голиченков  
*Московский государственный университет, 119899 г. Москва,*  
*e-mail: suprunenkov@mail.ru*

Оценка экологического состояния природных объектов (экологическая диагностика), введение допустимых уровней антропогенных воздействий (экологическое нормирование) и выявления последствий различных сценариев воздействия на биоту (экологический прогноз) составляют основные задачи системы экологического контроля. На всей территории России эта система основана на концепции предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Оценка состояния природных объектов по уровням ПДК фактически является неоправданной экстраполяцией границ толерантности тестовых организмов по отношению к изолированным воздействиям на существенно многовидовые экосистемы, где действуют одновременно сложные комплексы десятков и сотен факторов самой разной природы, находящиеся (в отличие от стандартных лабораторных популяций) в совершенно различных фоновых условиях функционирования.

Альтернатива методологии ПДК возможна, когда речь идет об эксперименте не на отдельных организмах, а на популяциях и сообществах, реально населяющих природные экосистемы; не с изолированным химическим веществом, а с полным комплексом действующих на биоту данной экосистемы факторов, в условиях конкретного региона с учетом его фоновых и других локальных характеристик. Тогда появляется возможность сменить «химический» (основанный на методологии ПДК) подход к осуществлению экологического контроля на биотический подход, основанный на представлениях о приоритете биологического контроля. Эта концепция предполагает существование причинно-следственной связи между уровнями воздействий на биоту и откликом биоты. Задача биотического подхода – выявить в пространстве абиотиче-

ских факторов границы между областями нормального и патологического функционирования природных объектов. Согласно биотическому подходу, оценки экологического состояния на шкале «норма-патология» должны проводиться по комплексу биотических показателей, а не по уровням абиотических факторов. Абиотические же факторы (загрязнения, другие химические характеристики, климатические показатели, интенсивности переносов и др.) должны рассматриваться как агенты воздействия на популяции организмов, на экологические связи между ними и как потенциальные причины экологического неблагополучия.

Для реализации биотического подхода необходима методология получения оценок состояния сообществ, с помощью которых можно было бы отличить экологически благополучную экосистему от экосистемы, в которой произошли существенные изменения, вызванные внешними (в первую очередь конечно антропогенными) воздействиями. Тогда на некоторой шкале состояний сообществ можно будет установить границы «нормы» и «патологии». Систематический контроль изменения выбранных оценок состояния и должен составлять основу биологической части экологического мониторинга.

Оценка состояния экологических систем представляет собой серьезную проблему, далеко еще не решенную. Именно поэтому в существующих системах экологического мониторинга применяются лишь экспертные оценки качества природной среды. Необходимо отыскать экологические закономерности, предлагающие более убедительные основания для экологической диагностики.

Согласно современным представлениям о биологических системах, одной из важных их черт является взаимосвязь между пространственными и временными изменениями их показателей. Одним из проявлений пространственной организации биологической системы является их топографическая и топологическая гетерогенность, выражающаяся, в частности, в форме градиентов. Степень выраженности градиентов и их связь с временной динамикой процессов в системе изменяются при воздействиях на нее.

Таким образом, для контроля состояния среды обитания перспективно использовать живые организмы разного уровня организации экосистемы, т.к. при определенном изменении среды объект откликается соответствующей «реакцией». Она заключается либо в количественном варианте (изменение количества тех или иных биохимических компонентов в определенном объеме клетки, изменение степени пространственной ориентации этих биохимических образований), либо в качественном варианте (изменение векторов изменений градиентов концентраций биохимических компонентов, изменение векторов изменений градиентов степени пространственной организации).

В последнее время исследователей все больше интересует подход, при котором внимание переносится с элементов анализа отдельно взятой биологической системы на отношения и связи не только между ними, но и окружающими системами вместе взятыми. Основой такого подхода является исследование и изучение объекта с его взаимоотношениями и взаимосвязями с внешними по отношению к нему объектами и внутренними средами, полями и их следами. Т.е. необходимо получение комплексной структурно-динамической и пространственно-временной информации через динамику изменений градиентов перемещения вещества, энергии, состояний, а также через «среду» живых систем различной степени сложности.

Одним из подходов к решению этой проблемы является разработка и использование методов и на их основе устройств, которые должны обеспечить выполнение следующих требований: а) анализ многокомпонентных гетерогенных систем, како-

выми являются клетки, должен проводиться на живых объектах без их разрушения; б) получение информации об изменении во времени химического состава объектов необходимо обеспечить на разном расстоянии от его поверхности для определения динамики изменения градиента концентрации; в) анализ должен включать получение информации об изменении степени организации биополимеров во времени и в пространстве для определения динамики изменения градиента степени пространственной организации; 4) необходимо использовать статистические методы анализа и синтеза, поскольку реальные объекты, как правило, носят случайный, а не детерминированный характер.

Метод спектроскопии **МНПВО** в ИК-диапазоне позволяет получить информацию о присутствии биохимических компонентов в исследуемом образце, идентифицируемых по характеристическим полосам поглощения, как в целой клетке, так и в заранее определенном измеряемом слое образца. Именно в ИК-диапазоне ( $1800\text{ cm}^{-1}$  –  $1200\text{ cm}^{-1}$ ) наиболее четко проявляют себя спектральные характеристики основных биополимеров клетки (белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты). Спектральные характеристики, полученные в поляризованном свете, дают к тому же информацию и о преимущественной пространственной ориентации определенных химических связей в макромолекулярных компонентах клетки.

Метод основан на использовании явления нарушенного полного внутреннего отражения (**НПВО**), когда свет при прохождении из оптически более плотной среды ( $n_1$ ) в оптически менее плотную среду ( $n_2$ ), при углах падения, превышающих критический угол  $\theta_{kp} = \arcsin n_2/n_1$  (1), отражается не от границы второй среды, а заходит в нее на некоторую глубину  $d_p$ :

$$d_p = \frac{\lambda}{2\pi (\sin^2 \theta - (n_2/n_1)^2)^{1/2}},$$

где  $\lambda$  – длина волны в оптически более плотной среде ( $n_1$ );  $\theta$  – угол падания светового потока.

При изменении длины волны ( $\lambda$ ), угла падения ( $\theta$ ) светового потока или показателей преломления сред ( $n_1$  и  $n_2$ ) меняется глубина проникновения светового потока в образец. Таким образом, можно анализировать исследуемые образцы на заданной глубине.

При записи спектров в поляризованном свете угол падения измерительных элементов  $\theta$  удобно выбрать равным  $45^\circ$ , так как для этого угла падения светового потока в случае изотропного распределения молекул  $d_{\phi\parallel}/d_{\phi\perp} = 2$  ( $d_{\phi\parallel}$  и  $d_{\phi\perp}$  – эффективная толщина исследуемого образца для параллельной и перпендикулярной компонент плоскополяризованного света, соответственно). Оценка эффективной толщины может быть проведена по оптической плотности ( $D$ ), которая связана с  $d_{\phi\parallel}$  зависимостью

$$D = \ln R = \alpha N d_{\phi\parallel},$$

где  $R$  — коэффициент отражения, измеряемый в опыте;  $\alpha$  — показатель поглощения,  $\text{см}^{-1}$  ( $\alpha = \varepsilon C$ ;  $\varepsilon$  – экстинкция,  $\text{л}/\text{см}^2 \text{моль}$ ;  $C$  – концентрация, моль/л);  $N$  – число отражений в элементе.

Следовательно, для изотропного образца будет выполняться соотношение  $D_{\parallel} / D_{\perp} = 2$ . Любое отклонение от этого значения характеризует степень анизотропии компонентов образца, поглащающих на данной длине волны. Т.о., расчет дихроичных отношений по вычислению отношений оптических плотностей ( $D$ ) спектров, полученных в поляризованном свете для параллельных и перпендикулярных составляющих вектора электрических колебаний, дает информацию об изменении степени пространственной организации компонентов определенного оптического слоя живой

системы. Отметим, что приведенные рассуждения справедливы при условии, что коэффициент поглощения образца  $K < 0.1$  и  $\theta > \theta_{kp}$ . При исследовании наших объектов при  $\theta > \theta_{kp}$  указанные требования являются завышенными, поэтому можно вести анализ даже сильных амидных полос.

Для регистрации спектров биологических образцов использовали преобразование сигнала с инфракрасного спектрофотометра ИКС-29-У-4.1 мультиметром МЕТЕХ МЕ-22 для ввода в компьютер и последующего анализа данных на базе стандартной программы «MICROSOFT EXCEL», позволяющей провести обсчет площадей пиков поглощения определенных компонентов образцов на спектрограмме.

## **ЭФФЕКТЫ НЕЙРОТОКСИЧЕСКОГО АНАЛОГА СЕРОТОНИНА 5,7-ДИГИДРОСИТРИПТАМИНА И ЕГО МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ПРЕДШЕСТВЕННИКА 5-ОКСИТРИПТОФАНА НА АССОЦИАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ У ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ**

Р.Р. Тагирова, И.Б. Канакотина, Т.Х. Гайнутдинова, Х.Л. Гайнутдинов

*Казанский физико-технический институт КНЦ РАН,*

*420029 Казань, e-mail: tgainutdina@mail.knc.ru*

Одним из широко распространенных и хорошо изученных медиаторов нервной системы является серотонин. Для исследования роли серотонинергической системы в деятельности нервной системы и включения ее в формирование поведения применяют нейротоксический аналог серотонина 5,7-дигидрокситриптамин (5,7-ДОТ), который ведет к истощению серотонина. Кроме того, хорошим приемом является применение метаболического предшественника синтеза серотонина - 5-окситриптофана (5-НТР).

Ранее нами было показано, что 5,6-ДОТ препятствует выработке условного рефлекса. В продолжение наших предыдущих исследований мы провели эксперименты по влиянию 5-НТР и 5,7-ДОТ на динамику выработки условного оборонительного рефлекса (**УОР**) и электрические параметры командных нейронов при повышении концентрации серотонина в нервной системе его метаболическим предшественником 5-НТР, а так же способность 5-НТР восстанавливать возможность выработки **УОР** после истощения серотонина 5,7-ДОТ.

В экспериментах использовали виноградных улиток *Helix lucorum*, которые не менее 2 недель до эксперимента находились в активном состоянии с достаточным количеством пищи в террариуме во влажной атмосфере при комнатной температуре. Для создания дефицита серотонина применяли 5,7-ДОТ фирмы «Sigma», который вводили улиткам 2 уколами по 10 мг/кг массы с интервалом в 7 дней. 5-НТР вводили в течение выработки **УОР** в дозах 40 и 10 мкг/г веса. Улитки, инъецированные 5-НТР в дозе 10 мкг/г веса, обучались быстрее улиток контрольной группы, инъецированных физиологическим раствором, а инъекции 5-НТР в дозе 40 мкг/г веса приводили к ухудшению формирования **УОР**. Инъекция 5-НТР после предварительного истощения серотонина 5,7-ДОТ восстанавливалась способность улиток к обучению. Инъекция 5-НТР приводила к тому, что мембранный потенциал обученных улиток возвращался к уровню, характерному для интактных улиток, а пороговый потенциал достоверно не отличался от порогового потенциала обученных улиток. Инъекция 5-НТР улиткам, предварительно инъецированным 5,7-ДОТ, не изменяла мембранный и пороговый потенциалы по сравнению с группой после инъекции 5,7-ДОТ и обучения.

*Работа поддержанна грантом РФФИ №04-04-48817*

**ОСОБЕННОСТИ ИНДУКЦИИ АНАЭРОБНЫХ ПРОЦЕССОВ У БАЙКАЛЬСКИХ  
АМФИПОД И ПАЛЕАРКТИЧЕСКОГО *GAMMARUS LACUSTRIS*  
В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ**

М.А. Тимофеев\*, К.А. Кириченко\*\*\*, К.П. Чернышова\*, М.В. Протопопова\*

\*Иркутский государственный университет, 664003 г. Иркутск

\*\*Байкальский исследовательский центр, 664003 г. Иркутск

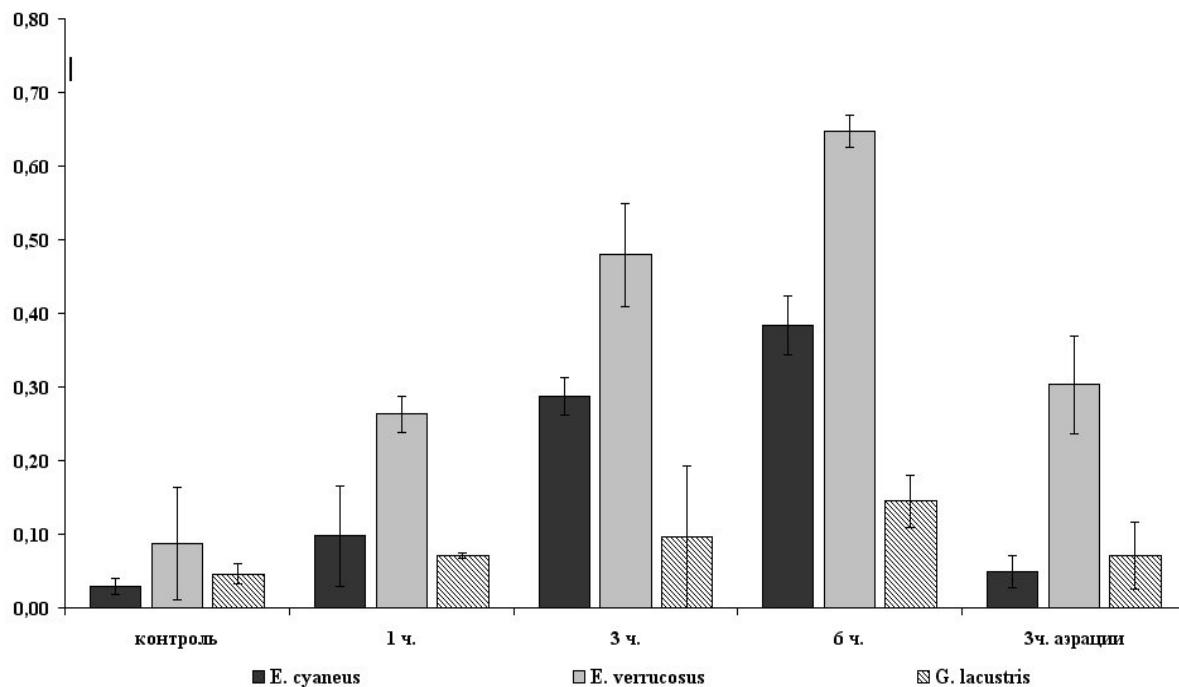
\*\*\*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,  
664033 г. Иркутск

Основной характеристикой озера Байкал является высокое насыщение его воды кислородом. Благодаря интенсивному перемешиванию байкальской воды, уровень кислорода остается в пределах 9–12 мгO<sub>2</sub>/л даже на максимальных глубинах (Вотинцев, 1961). Известно, что длительный эволюционный период времени условия в озере Байкал были близки к современным (низкая минерализация, прозрачность, низкие температуры и высокое насыщение кислородом). Таким образом, эволюционное развитие байкальской фауны долгое время проходило в условиях избытка кислорода в воде. Исходя из этого, ранее высказывались предположения о том, что у байкальских амфипод не развиты механизмы адаптации к пониженным условиям содержания кислорода в среде (Колупаев, 1989). В предварительных исследованиях нами была показана возможность подключения анаэробных процессов у байкальского вида *O.flavus* (Тимофеев и др., 2003). Целью данного исследования являлась оценка активности анаэробных процессов у двух других видов амфипод оз. Байкал и их сопоставление с представителем палеарктической фауны.

В работе использовали байкальские виды *Eulimnogammarus suaneus*, *E. verrucosus* и палеарктический вид *Gammarus lacustris*. В экспериментах раков экспонировали в среде с содержанием кислорода 3-4 мгO<sub>2</sub>/л, что составляет не более 30% от естественного уровня. Раки контрольной группы находились в условиях с постоянной аэрацией. Амфипод экспонировали в гипоксических условиях при температуре 6-8°C. Интенсивность анаэробных процессов оценивали по накоплению молочной кислоты, являющейся продуктом анаэробного гликолиза. После 1, 3 и 6 часов экспозиции часть объектов фиксировали и определяли содержание лактата в тканях энзиматическим колориметрическим методом. Для оценки способности организмов к утилизации продуктов анаэробного дыхания провели серию экспериментов, в которых раков, после экспозиции в условиях гипоксии, помещали в нормоксические условия и по истечении 3 часов оценивали остаточные количества неметаболизированного лактата.

На рис. представлены материалы проведенного исследования. Из представленных данных видно, что определенный уровень содержания молочной кислоты существует и в контрольных особях, содержащихся в нормоксических условиях. Это свидетельствует о том, что в организмах амфипод, даже при условии высокого содержания кислорода в среде, для клеток ряда тканей характерен анаэробный метаболизм. При этом отмечено, что у наиболее крупных амфипод вида *E. verrucosus* (ср. размер 2.5-3.5 см) контрольный уровень лактата был наибольшим (0.087 мкг/мг сух. веса), а самый низкий его уровень наблюдали у *E. suaneus* (0.029 мкг/мг сух. веса), являющимся наименьшим видом среди изученных (ср. размеры 1-1.5 см). У среднего по размерам палеарктического *G. lacustris* (1.5-2 см) отмечен и средний уровень лактата в контроле (0.046 мкг/мг сух. веса). Таким образом, видна прямая зависимость уровня базовых анаэробных процессов от размеров тела амфипод. Можно предполагать, что в нормальных условиях подключение анаэробных процессов связано с необ-

ходимостью компенсации достаточного снабжения периферийных участков тела или отдельных тканей (например, мышечных) возникающих при активном движении организма. Таким образом, возможно, что у видов с небольшими размерами, в отличие от более крупных видов, не возникает необходимости широко использовать анаэробные процессы, с чем видимо, и связана отмеченная нами закономерность.



**Рис. Определение уровня лактата в тканях амфиопод в условиях гипоксии / нормоксии мкг/мг сух. веса.**

Как видно из представленных материалов, наибольшие уровни накопления лактата в условиях гипоксии характерны для байкальских видов *E. cyaneus* ( $13^{\text{u}}$  кратное увеличение от контроля) и *E. verrucosus* ( $7^{\text{u}}$  кратное), наименьший уровень для палеарктического *G. lacustris* ( $4^{\text{x}}$  кратное). Трехчасовое содержание экспонированных раков в условиях нормоксии вело к снижению уровня лактата, вследствие его вторичной метаболизации. При этом отмечено, что у видов *E. cyaneus* и *G. lacustris* уровни лактата снижаются до контрольного, а у вида *E. verrucosus* снижение составляет только 50%.

Таким образом, проведенное нами исследование показало, что у байкальских видов в условиях гипоксии происходит индукция анаэробных процессов. Подключение анаэробного гликолиза у байкальских видов идет в большей степени, чем у палеарктического вида. Среди исследованных байкальских видов при возвращении к нормоксии *E. cyaneus* обладает большой способностью к утилизации токсических продуктов анаэробиоза, чем *E. verrucosus*.

*Работа поддержанна грантом РФФИ № 05-04-97263-байкал*

#### **Список литературы**

- Колупаев Б.И. 1989. Дыхание гидробионтов в норме и патологии. Казань, 190 с.  
 Тимофеев М.А, Кириченко К.А., Рохин А.В. 2003. К вопросу о существовании механизмов устойчивости к гипоксии у байкальских амфиопод // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. № 7. С.152-155.  
 Вотинцев К.К. 1961. Гидрохимия озера Байкал. М.: Изд-во АН СССР. 311 с.

## СНИЖЕНИЕ ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ БАЙКАЛЬСКОЙ АМФИПОДЫ *EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS* ПРИ ГИПОКСИИ

М.А. Тимофеев\*, К.А. Кириченко\*\*\*, К.П. Чернышова\*, М.В. Протопопова\*

\*Иркутский государственный университет, 664003 г. Иркутск

\*\*Байкальский исследовательский центр, 664003 г. Иркутск

\*\*\*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,  
664033 г. Иркутск

Характерной особенностью байкальской фауны является феномен «несмешиваемости». Под «несмешиваемостью» понимается отсутствие проникновения элементов палеарктической фауны в Байкал и ограничение распространения байкальских видов за его пределы (Кожев, 1962; Мазепова, 1990). Ранее на примере амфипод нами было показано, что протяженность территориального распространения байкальских эндемиков за пределами озера Байкал (по системе рек Ангара-Енисей), напрямую связана со степенью развития у них резистентных способностей и отношением к уровню содержания кислорода в среде (Timofeyev, 2002; Тимофеев, Кириченко 2004). Нами была выдвинута рабочая гипотеза о том, что в байкальских условиях адаптивные возможности эндемичных раков могут быть выше, чем в условиях других водоемов, а снижение содержания кислорода в воде до уровней ниже байкальского может приводить к угнетению резистентных возможностей байкальских видов и ограничивать их территориальное распространение за пределами Байкала.

Для проверки данного предположения проведено исследование по оценке изменения терморезистентных способностей представителя байкальской фауны амфипод *Eulimnogammarus verrucosus*. В ходе 6-часовых экспериментов раков экспонировали при температуре 25°C в условиях пониженного содержания кислорода (5-6 мгO<sub>2</sub>/л) и при интенсивной аэрации. Оценивали зависимость показателей выживаемости амфипод при температурном стрессе от уровня растворенного кислорода.

В ходе проведенных экспериментов было показано, что гибель 50% особей при одновременном действии гипертермии и гипоксии наступает уже в течение первых двух часов эксперимента, в то же время показатель гибели особей в группе с интенсивной аэрацией, в течение этого же времени, не превышает 15%. Гибель 100% особей в условиях повышенной температуры и дефицита кислорода наступает в течение 6 ч экспозиции. В группе с интенсивной аэрацией на 6-часовой период показатель смертности составлял менее 45%. Таким образом, показано, что уровень содержания растворенного кислорода в воде оказывает прямое негативное влияние на резистентные способности байкальского вида *E. verrucosus*.

*Работа поддержанна грантом РФФИ № 05-04-97263-байкал*

### Список литературы

Кожев М.М. 1962. Биология озера Байкал. М. Изд-во АН СССР, 315 с.

Мазепова Г. Ф. 1990. Остракоды озера Байкал. Новосибирск: Наука, 472 с.

Тимофеев М.А., Кириченко К.А. 2004. Экспериментальная оценка роли абиотических факторов в ограничении распространения эндемиков за пределы оз. Байкал, на примере амфипод // Сибирский эколог. журнал. № 1. С. 41–50.

Timofeyev M.A. 2002. On the role of adaptive abilities in distribution of endemic amphipods from Lake Baikal // Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie. 28. P. 1613-1615.

## ИНДУКЦИЯ СИНТЕЗА НМБТШ У АМФИПОД ПРИ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

М.А. Тимофеев\*, Ж.М. Шатилина\*\*, А.В. Колесниченко\*\*\*, Д.С. Бедулина\*

\*Иркутский государственный университет, 664003 г. Иркутск

\*\*Байкальский исследовательский центр, 664003 г. Иркутск

\*\*\*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,

664033 г. Иркутск

В ответ на стрессовые воздействия окружающей среды в организме активируются различные защитные механизмы. Одним из ответов клетки на стресс является быстрый синтез комплекса белков, названных белками теплового шока (**БТШ**) (Sanders, 1993). **БТШ** представлены рядом семейств, объединяющих белки с общими строением и функциями. Одним из семейств **БТШ** являются **НмБТШ**, иммунохимически родственные  $\alpha$ -криSTALLину. **НмБТШ** выполняют функции молекулярных шаперонов: предотвращают агрегацию белков, помогают правильной укладке денатурированного белка (Farnsworth, Singh, 2000; Ito et al., 2003).

Целью данной работы было исследовать роль **НмБТШ** в механизмах клеточной защиты у пресноводных организмов. В качестве объекта исследования были выбраны амфиподы (Crustacea, Amphipoda). В экспериментах использовали два вида пресноводных амфипод: *Gammarus lacustris* – вид, представляющий фауну сибирских озер и *Eulimnogammarus cyanus* – эндемик озера Байкал. Эти виды близки по своим экологическим характеристикам и являются обитателями верхнего отдела литорали.

В работе проводили оценку влияния следующих стрессовых факторов: температурного (экспозиция при 20°C в течение 3 суток) и токсического (экспозиция в течение 24 часов в растворах хлористого кадмия трех концентраций: 5 мг/л, 0.5 мг/л и 0.05 мг/л) воздействий. Отбор образцов для биохимического анализа проводили из недифференцируемых тканей. Определение присутствия и характера синтеза  $\alpha$ -криSTALLина проводили стандартным методом денатурирующего электрофореза с последующим Вестерн-блоттингом с антителами к  $\alpha$ -криSTALLину.

В ходе работы установлено, что при воздействии температурного и токсического стрессов, у амифпод происходит интенсификация синтеза **НмБТШ**. В токсических экспериментах наибольшее увеличение количества **НмБТШ** обнаруживается у осо-бей, экспонированных в растворе с самой высокой концентрацией CdCl<sub>2</sub> – 5 мг/л. Температурный стресс также усиливает синтез  $\alpha$ -криSTALLинов у всех исследованных видов. Таким образом, показано, что у амфипод **НмБТШ**, иммунохимически родственные  $\alpha$ -криSTALLину, принимают участие в системе защиты клетки при температурном и токсическом стрессах. Учитывая, что функциональная роль  $\alpha$ -криSTALLина известна (белок является шапероном), усиление его экспрессии указывает на то, что, вероятно, происходит нарушение структуры и функций клеточных белков. В таком случае,  $\alpha$ -криSTALLин является одним из компонентов клеточной защиты от токсического и температурного повреждений. Вероятно, белок вовлечен в поддержание правильной конформации клеточных белков, нарушенной в результате стрессового действия.

*Работа поддержанна грантом РФФИ № 05-04-97263-байкал*

### Список литературы

Farnsworth P.N., Singh K. 2000. Self-complementary motifs (SCM) in  $\alpha$ -crystallin small heat shock proteins // FEBS Letters. V. 482. P. 175-179.

Ito H., Inaguma Y., Kato K. 2003. Small heat shock proteins participate in the regulation of cellular aggregates of misfolded protein // Nippon Yakurigaku Zasshi. V. 121. № 1. P. 27-32.

Sanders B.M. 1993. Stress proteins in aquatic organisms: an environmental perspective // Crit. Rev. in Toxicol. V. 23. № 1. P. 49-75.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОСФОЛИПИДНОГО СОСТАВА ПЕЧЕНИ И МЫШЦ ОКУНЕЙ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ УСЛОВИЯМИ ОБИТАНИЯ**

Н.П.Ткач, Н.Н. Никитенко, Т.Р. Руоколайнен, Р.У. Высоцкая  
*Карельский государственный педагогический университет,  
185035 г. Петрозаводск, e-mail: truok@krc.karelia.ru*

Адаптация рыб к различным условиям обитания в значительной степени связана с особенностями состава и функционирования тканей и клеточных мембран, универсальной фракцией которых являются фосфолипиды, обеспечивающие полную структурную целостность клетки. Фосфолипиды проявляют в организме рыб меньшую изменчивость по сравнению с другими типами веществ, поэтому значительные изменения их концентрации должны свидетельствовать о наличии в клетках каких-то глубоких отклонений от нормы, граничащих с патологией (Сидоров, Шатуновский, 1983).

Настоящая работа связана с мониторинговыми исследованиями по изучению действия различных экологических факторов на биохимический статус рыб. Целью исследования являлось сравнение фосфолипидного состава печени и белых скелетных мышц окуней, выловленных одновременно из двух небольших соседних озёр, различающихся по гидрохимическим показателям.

Для достижения поставленных в работе задач были использованы окунь (*Perca fluviatilis* L.) из двух озёр, расположенных в Муезерском районе Республики Карелия. Одно из них – Унгозеро (наибольшая длина – 5.9 км и наибольшая ширина – 1.7 км) находится в лесу, на значительном расстоянии от населённых пунктов и, следовательно, гидробионты этого озера не испытывают антропогенного воздействия. Другое озеро – Ругозеро (наибольшая длина – 8.3 км и набольшая ширина – 2.1 км) располагается на территории одноимённого посёлка и длительное время загрязняется хозяйствственно-бытовыми отходами и стоками местной зверофермы, что привело к защелению воды, дефициту кислорода, увеличенному содержанию железа и легкоокисляемой органики (Григорьев, Грицевская, 1959; Енина и др., 2002).

Сбор материала проводили в августе 2003 года при температуре воды +16°C. Выловлено 45 окуней, преимущественно самок (возраст, определенный по жаберным крышкам – 4-9 лет). Окунь из Унгозера имели длину тела (АС)  $19.2 \pm 0.6$  см и массу  $107.3 \pm 11.4$  г, а из Ругозера –  $13.4 \pm 0.2$  см и  $28.9 \pm 1.5$  г, соответственно. Выловленную рыбу немедленно вскрывали, брали навеску ткани: печени и белых скелетных мышц (около 1.0 г), помещали её в пенициллиновые склянки, измельчали ножницами, заливали этанолом и хранили до анализа при температуре около 4°C.

Выделение фосфолипидов из зафиксированных тканей проводили по методу Фолча (Folch et al., 1957). Сухой остаток липидов растворяли в смеси: хлороформ – метанол (2:1) с таким расчётом, чтобы общая концентрация липидов составляла 2.3-2.5%.

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (хроматограф «Цвет», г. Дзержинск) анализировали состав фосфолипидов. Разделение осуществляли на стальной колонке размером  $250 \times 4$  мм, заполненной Нуклеосилом 100-7, C-18. Элюент: ацетонитрил - метанол - гексан - 85%-ная фосфорная кислота (918:30:30:17.5). Детектирование проводили по поглощению в УФ свете при длине

волны 206 нм (Arduini et al., 1996). Фосфолипиды идентифицировали по стандартным образцам (Sigma). Для количественного анализа использовался метод нормировки. Обработка результатов проведена при помощи статистического пакета программы Excel.

Фосфолипидный состав мышц и печени окуней, различающихся условиями обитания, представлен в табл. 1. Преобладающими фракциями, независимо от типа ткани, являются фосфатидилхолин (55–59% от суммы) и фосфатидилэтаноламин (19–26%). Известно, что они метаболически связаны друг с другом и составляют основную массу фосфолипидов мембран, как целой клетки, так и отдельных субклеточных фракций. Главная функция этих фосфолипидов состоит в обеспечении фундаментальной структуры мембран как барьера проницаемости, а также гидрофобной среды для мембранных ферментов (Мак-Мюррей, 1980). Следующим в количественном отношении является фосфатидилсерин (3–5%), необходимый для нормального функционирования  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -АТФазы – ключевого фермента осморегуляции. Метabolизм этого фосфолипида влияет на активность протеинкиназы C, обеспечивая её соединение с рецепторами, локализованными в мембранах (Флеров, Толстухина, 1992). Неидентифицированные пики на полученных хроматограммах – это, предположительно, лизоформы отдельных фосфолипидов, фосфатидная кислота, кардиолипин, плазмалогены и др. Сумма неидентифицированных пиков в печени выше в 2–3 раза, чем в мышцах (табл. 1).

Сравнение спектров фосфолипидных фракций печени и мышц окуней выявило их тканевую специфичность, имеющую свои особенности в зависимости от места обитания рыб (табл.1). Например, содержание фосфатидилхолина в печени и мышцах окуней из Унгозера одинаково, а у рыб из Ругозера в мышцах его доля больше, чем в печени. У рыб из «чистого» озера концентрация лизофосфатидилхолина выше в мышцах, по сравнению с печенью, а из «грязного» – наоборот. Обнаружены подобные различия и для других фосфолипидов. Имеются данные, что лизофосфатидилхолин является модулятором энзимов мембран (Дятловицкая, Безуглова, 1998).

**Таблица 1. Состав фосфолипидов мышц и печени окуней из разных озер (в % от суммы всех фосфолипидов)**

название фосфолипида	Мышцы		печень	
	Унгозеро «чистое»)	Ругозеро «грязное»)	Унгозеро «чистое»)	Ругозеро «грязное»)
фосфатидилинозитол	1.53 ± 0.13	1.28 ± 1.10	3.64 ± 1.05	3.22 ± 0.38
фосфатидилсерин	5.25 ± 0.15	5.47 ± 0.14	4.18 ± 0.60	3.31 ± 0.41
фосфатидилэтаноламин	25.76 ± 0.56	25.21 ± 0.16	20.42 ± 0.91	19.29 ± 0.61
фосфатидилхолин	57.79 ± 1.04	59.06 ± 0.28	57.36 ± 1.41	54.97 ± 1.36
лизофосфатидилхолин	4.59 ± 1.21	1.76 ± 0.18	2.84 ± 0.61	4.31 ± 0.52
сфингомиelin	0.41 ± 0.11	1.24 ± 0.13	1.71 ± 0.23	2.08 ± 0.32
неидентифицированные фосфолипиды (сумма)	6.49	6.0	10.22	18.17

Анализ исследуемых тканей окуней, обитающих в озерах с неодинаковыми гидрохимическими показателями, продемонстрировал различия фосфолипидного состава, с характерными для отдельных фракций величиной и направленностью. В мышцах рыб из «грязного» Ругозера наблюдается повышенный уровень фосфатидилхолина – на 2.3%, фосфатидилсерина – на 4.3% и сфингомиелина – на 67.2%, а также пониженное содержание фосфатидилэтаноламина – на 2.1%, фосфатидилинозитола – на 16.4% и лизофосфатидилхолина – на 61.7% (различия достоверны,  $P < 0.05$ ) (табл. 1, 2).

**Таблица 2. Сравнение содержания фосфолипидов (А) в мышцах и печени окуней из озер Унгозеро («чистое») и Ругозеро («грязное») по  $\Delta = \frac{A''\varepsilon'' - A''\eta''}{A''\eta''} \times 100\%$**

Название фосфолипида	$\Delta$ в мышцах	$\Delta$ в печени
фосфатидилинозитол	- 16.4	- 11.8
фосфатидилсерин	+ 4.3	- 20.8
фосфатидилэтаноламин	-2.1	- 5.5
фосфатидилхолин	+ 2.3	- 4.2
лизофосфатидилхолин	- 61.7*	+ 51.8*
сфингомиelin	+ 67.2*	+ 21.4
неидентифицированные фосфолипиды	- 7.3	+ 77.9*

\* - различия достоверны,  $P < 0.05$ .

В печени окуней из озера Ругозеро, по сравнению с рыбами из озера Унгозеро, меньше концентрация фосфатидилхолина, фосфатидилэтаноламина, фосфатидилинозита и фосфатидилсерина, соответственно на 4.2, 5.5, 11.8 и 28.7% и больше: сфингомиелина – на 21.4% и лизофосфатидилхолина – на 51.8% (различия достоверны,  $P < 0.05$ ) (табл.1, 2).

Известно, что сфингомиelin обладает дестабилизирующим влиянием на мембрану, поэтому более высокий уровень его как в мышцах, так и в печени окуней из Ругозера может приводить к изменению проницаемости, латеральной диффузии и склонности к разрыву биомембран (Бергельсон, 1982).

Повышенное содержание лизофосфатидилхолина с одновременным снижением концентрации фосфатидилхолина в печени свидетельствует о неблагоприятных условиях обитания окуней из озера Ругозеро. Было показано, что лизолецитин, являясь одноцепочечным фосфолипидом, подобно детергентам, разрушает мембранны (Бергельсон, 1982), способен гемолизировать эритроциты, подавлять тканевое дыхание, вызывать некрозы тканей и другие негативные явления в клетке (Грибанов, 1975). Повышение концентрации лизолецитина в тканях рыб может быть использовано как неспецифический тест на патологическое состояние животного (Лизенко и др., 1985). Обращает на себя внимание достоверно ( $P < 0.05$ ) более высокий уровень неидентифицированных фосфолипидов в печени окуней из «грязного» озера (на 77.9%).

Обобщая результаты, полученные при сопоставлении фосфолипидного состава мышц и печени окуней из разных по экологическим характеристикам озёр, можно сделать вывод о приспособлении рыб озера Ругозеро к воздействию антропогенного фактора через изменение количества (концентрации) фосфолипидов, которое является одним из механизмов биохимической адаптации (Хочачка, Сомеро, 1988).

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 02-04-48451, гранта Президента РФ НШ № 849.2003.4.*

### Выводы

1. Фосфолипидные спектры печени и белых скелетных мышц окуней из озёр с разными гидрохимическими показателями отличаются по качественному составу и относительному количеству фракций.

2. Повышенные концентрации лизофосфатидилхолина и неидентифицированных фосфолипидов в печени окуней из Ругозера указывает на адаптивные изменения в ткани, вызванные антропогенным загрязнением.

**Список литературы**

- Бергельсон Л.Д. 1982. Мембранные молекулы, клетки. М.: Наука, 182с.
- Грибанов Г.А. 1975. Структура и биологическое значение фосфолипидов // Успехи совр. биологии. Т. 80. Вып. 3 (6). С. 382-398.
- Григорьев С.В., Грицевская Г.Л. 1959. Каталог озёр Карелии. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 757 с.
- Дятловицкая Э.В., Безуглов М.И. 1998. Липиды как биоэфекторы. Введение // Биохимия. Т.63. Вып. 1. С. 3-5.
- Енина Л.С., Ильичёва О.Ю., Васильева А.Н. и др. 2002. Водные ресурсы // Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2001 году. Петрозаводск. С. 14-61.
- Лизенко Е.И., Ванягинский В.Ф., Сидоров В.С., Клепкина М.Н. 1985. Изменение содержания лизолецитина при различных заболеваниях карпа // Биохимия молоди пресноводных рыб. Петрозаводск. С. 33-39.
- Мак-Мюррей У. 1980. Обмен веществ у человека. М.: Мир, 368 с.
- Сидоров В.С., Шатуновский М.И. 1983. Теоретические и практические аспекты экологической биохимии рыб // Сравнительная биохимия водных животных. Петрозаводск. С. 5-17.
- Флеров М.А., Толстухина Т.И. 1992. Метаболизм фосфолипидов нейронов и нейроглии при судорогах // Вопр. мед. хим. Т. 38. № 2. С. 40-42.
- Хочачка П., Сомеро Дж. 1988. Биохимическая адаптация. М.: Мир, 480 с.
- Arduini A., Peschiera A., Dotori S., Sciarroni A.F., Serafini F. and Calvani M. 1996. High performance liquid chromatography of long-chain acylcarnitines and phospholipids in fatty acid turnover studies // J. Lipid Research. V. 37. P. 684-689.
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue (for brain, liver and muscle) // J. Biol. Chem. V. 226. P. 497-509.

**RAPD-PCR – АНАЛИЗ РЕЗИСТЕНТНЫХ К АКАРИЦИДАМ  
ЛИНИЙ ПАУТИННОГО КЛЕЩА *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH**

М.Б. Удалов\*, А.В. Поскряков\*, М.К. Баринов\*\*, И.А. Тулаева\*\*,  
Г.И. Сухорученко\*\*, А.Г. Николенко\*

\*Институт биохимии и генетики УНЦ РАН, 450054 г. Уфа,  
e-mail: [udalov-m@yandex.ru](mailto:udalov-m@yandex.ru)

\*\*Всероссийский институт защиты растений, 196608 г. Пушкин,  
e-mail: [barimaksim@yandex.ru](mailto:barimaksim@yandex.ru)

Паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae) является одним из важнейших фитофагов, наносящих вред культурным растениям. Высокая плодовитость, необычайная экологическая пластичность паутинного клеща и способность давать несколько генераций за сезон делают его чрезвычайно вредоносным объектом. По этим же причинам данный вид способен в короткие сроки формировать высокий уровень резистентности к акарицидам, что значительно снижает эффективность химического метода защиты растений. В связи с этим крайне актуальным является поиск простых и надёжных методов для выявления тенденции к формированию резистентности в естественных популяциях вредителя. Биохимические механизмы резистентности клеща разнообразны и зависят, в том числе, и от химической природы токсиканта. Однако в любом случае изменение чувствительности сопровождается изменением генетической структуры популяции вредителя.

Целью данной работы являлся поиск взаимосвязи между формированием резистентности у паутинного клеща к двум акарицидам различной химической природы и изменениями в геноме резистентных особей, а также возможности выявления этих изменений с помощью случайно амплифицируемой полиморфной ДНК (метод RAPD-PCR).

Для исследования были использованы две линии паутинного клеща, резистентные к демитану и к талстару (RD и RT соответственно), а также чувствительная контрольная линия (SS). В качестве селектантов использовались демитан и талстар. После обработки препаратом самки из семей, в которых была отмечена минимальная смертность, рассаживались по отдельности для дальнейшего разведения. Потомство каждой самки тестировалось и анализировалось индивидуально. Аналогичным образом вёлся отбор чувствительных особей, с той лишь разницей, что для дальнейшего разведения отбирались самки из семей, в которых отмечалась максимальная смертность.

Тотальную ДНК выделяли по методу (Chomezynski, Sacchi, 1987), отбирая по 30 особей одной семьи на образец. Полученные в ходе электрофореза в 1.5% агарозном геле RAPD-спектры сравнивались попарно с помощью формулы (Hance et al., 1998). Кластерный анализ проводили при помощи пакета компьютерных программ Statistica v.5.0. Кластеризацию проводили по стратегии Варда, в качестве меры расстояния использовали Евклидово расстояние. Коэффициент биоразнообразия в линиях рассчитывался на основе информационной меры Шеннона-Уивера (Chalmers et al., 1992).

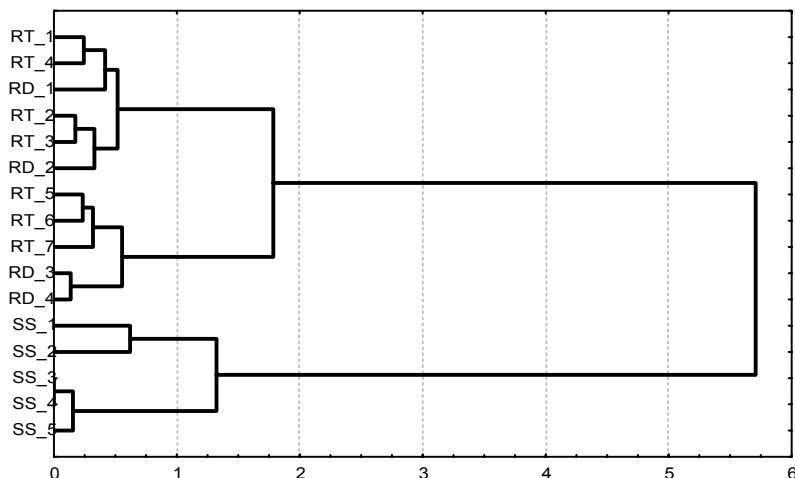
Несмотря на строго индивидуальный характер разведения в течение 20 поколений, в линиях обнаруживалась генетическая гетерогенность. В ходе тестирования периодически происходило выщепление чувствительных семей из резистентных линий и резистентных – из чувствительной. Практически в каждом поколении отбора в резистентных линиях присутствуют семьи с уровнем смертности 30-60% и менее. Одной из особенностей данного вида является отрождение самцов из неоплодотворённых яиц и, соответственно, их гаплоидность, а также доминантный характер наследования признака резистентности (Helle, 1962). Как следствие этого, если в линии присутствуют самки, гетерозиготные по признаку резистентности, половина самцов в их потомстве будут нести доминантный аллель, а половина – рецессивный. В условиях сибс-селекции это способствует сохранению гетерозиготных самок в линии и периодическому появлению чувствительных особей в потомстве резистентных самок.

Нами были выполнены исследования с целью поиска молекулярных маркёров, позволяющих дифференцировать RT, RD и SS линии клеща. Скрининг нескольких праймеров позволил выбрать одну последовательность (5'-GTGCTCGTGC-3'), пригодную для выявления различий между семьями указанных линий. С данным праймером амплифицировалось 17 фрагментов, из них полиморфными было 11.

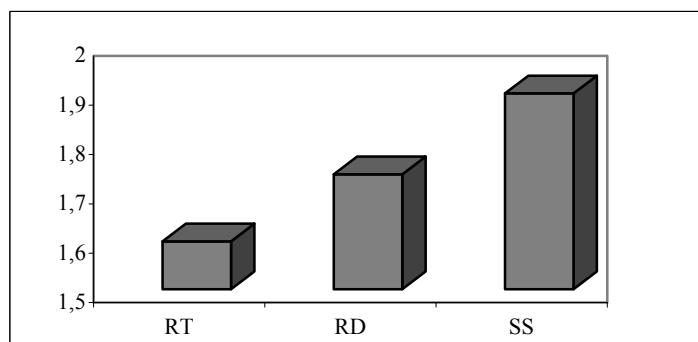
При этом было выделено 3 маркёрных RAPD-фрагмента, позволяющих разделить образцы ДНК клещей разных линий. Первый фрагмент присутствует только в геномах устойчивых особей и позволяет отделить чувствительную линию от устойчивых. Второй фрагмент, присутствующий в RAPD-спектрах линии RT, позволяет (в совокупности с фрагментом 1) дифференцировать резистентные линии. Третий фрагмент позволяет выявить SS-линию.

Затем нами был проведён кластерный анализ для выявления возможной гетерогенности внутри данных линий. На рис. 1 представлена дендрограмма генетических отношений 16-ти проанализированных образцов ДНК клещей трёх линий. Видно чёткое обособление кластера, включающего в себя только образцы чувствительной ли-

нии (SS\_1–SS\_5). Два других кластера содержат как образцы резистентной к демитану (RD\_1–RD\_4), так и резистентной к талстару линий (RT\_1–RT\_7). Это говорит о генетической неоднородности данных линий, что подтверждалось в ходе опытов по селекции акарицидами. Такая гетерогенность в селектируемых линиях говорит о недостаточности использования для контроля в ходе селекции только токсикологического метода.



**Рис. 1. Дендрограмма генетических отношений 16-ти семей паутинного клеща. RT – линия, резистентная к талстару, RD – к демитану, SS – чувствительная линия.**



**Рис. 2. Уровень биоразнообразия в трёх линиях паутинного клеща. Обозначение линий те же, что и на рис. 1.**

Снижение уровня биоразнообразия в резистентных линиях (относительно чувствительной) является, на наш взгляд, результатом селекции акарицидами (рис. 2). При этом в ходе отбора происходит элиминация особей чувствительных генотипов, что приводит к снижению генетического разнообразия в популяциях.

Несмотря на неравномерный характер формирования резистентности в лабораторных условиях у паутинного клеща, нами были получены две линии с показателями резистентности 38.4 (RD) и 54.5 (RT). Анализ образцов ДНК клещей данных линий показал, что одновременно с формированием резистентности к акарицидам происходят качественные (и/или количественные?) изменения в геноме объекта, хорошо различимые на RAPD-спектрах.

**ВЛИЯНИЕ ПРЕКОЦЕНА I – ИНГИБИТОРА СИНТЕЗА ЮВЕНИЛЬНОГО  
ГОРМОНА НА РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК КОЛОРАДСКОГО ЖУКА *LEPTINOTARSA  
DECEMLINEATA SAY. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)***

Х. Фаразманд

Московский государственный университет, 119992 г. Москва,  
Научно-исследовательский институт вредителей и болезней растений, Иран,  
Тегеран, e-mail: hfarazmand@yandex.ru

Колорадский жук является наиболее серьезным вредителем картофеля по всему миру, и для борьбы с ним широко используются химические препараты. Вместе с тем, отсутствие избирательности действия большинства пестицидов на фауну членистоно-гих и возникновение резистентных ко многим препаратам линий жуков вызывают необходимость поиска иных способов борьбы с вредителем. Особый интерес вызвало открытие и синтез прекоцено – соединений, нарушающих нормальный процесс онтогенеза насекомых. Поскольку прекоцены ингибируют функцию прилежащих тел (*corgora allata*) их называют антиаллотропинами. Целью нашей работы было выяснение влияния прекоцена I (7-метокси-2,2-диметил-3-хромена) на развитие личинок колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata*.

Исследования проводились на личинках колорадского жука, полученных в лабораторных условиях из яйцекладок, которые были собраны на картофельных полях Подмосковья. Опыты проводились в июне-августе 2004 г. при температуре 25 °C и естественном освещении. Раствор прекоцена I в ацетоне наносили топикально с помощью микропипетки на личинок разного возраста. В опыте использовали разные концентрации прекоцена – 0.1, 1, 2, 3 и 5%-ные растворы, что соответствовало нанесению 1, 10, 20, 30 и 50 нг вещества. В качестве контрольных личинок использовались личинки без какой-либо обработки и личинки, обработанные соответствующей дозой чистого ацетона.

Результаты показали корреляцию гибели личинок и концентрации прекоцена, которым они были обработаны. LD<sub>50</sub> составила для личинок 2 возраста 2.70% через 1 сутки, 1.40% - через 5 суток после обработки прекоценом. 100% гибель личинок наблюдается уже через 5 суток после нанесения на личинок II возраста 50 нг прекоцена (в контроле – гибель не наблюдалась). При обработке личинок 3 нг прекоцена гибель личинок составила 70%. При использовании низких концентраций (0.1% = 1 нг) прекоцена гибель личинок, гибель куколок и появление имаго составили соответственно 15, 5.9 и 80%. В контроле эти показатели составили 12, 10.5 и 78.5% соответственно. В опытах с личинками 4 возраста 100% гибель наблюдалась при нанесении 30, 20 и 10 нг прекоцена. Полученные результаты показали, что наиболее чувствительными к прекоцену являются личинки 4-го возраста.

**ВЛИЯНИЕ ДИМИЛИНА НА ХЕМОРЕЦЕПТОРНЫЙ АППАРАТ ЛИЧИНОК  
КОЛОРАДСКОГО ЖУКА *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA SAY. (COLEOPTERA)***

Х. Фаразманд\*, С.Ю. Чайка\*\*

\*Научно-исследовательский Институт вредителей и болезней растений, Иран,  
Тегеран, e-mail: hfarazmand@yandex.ru, biochaika@mtu-net.ru  
\*\*Московский государственный университет, 119992 г. Москва

В последние годы большое внимание уделяется изысканию биологически активных соединений, влияющих на развитие вредителей сельскохозяйственных куль-

тур. Среди таких соединений важное место занимает димилин – ингибитор синтеза хитина членистоногих. Целью исследования было изучение действия димилина на хеморецепторный аппарат личинок колорадского жука *L. decemlineata*. Хеморецепторный аппарат личинок насекомых с полным превращением (Holometabola) является хорошей моделью для изучения влияния биологически активных соединений или факторов внешней среды, поскольку число сенсилл в норме постоянно у личинок всех возрастов. Из биологически активных соединений наиболее детально изучено влияние прекоцена на хеморецепторный аппарат вредной черепашки (Поливанова, 1984, 1985).

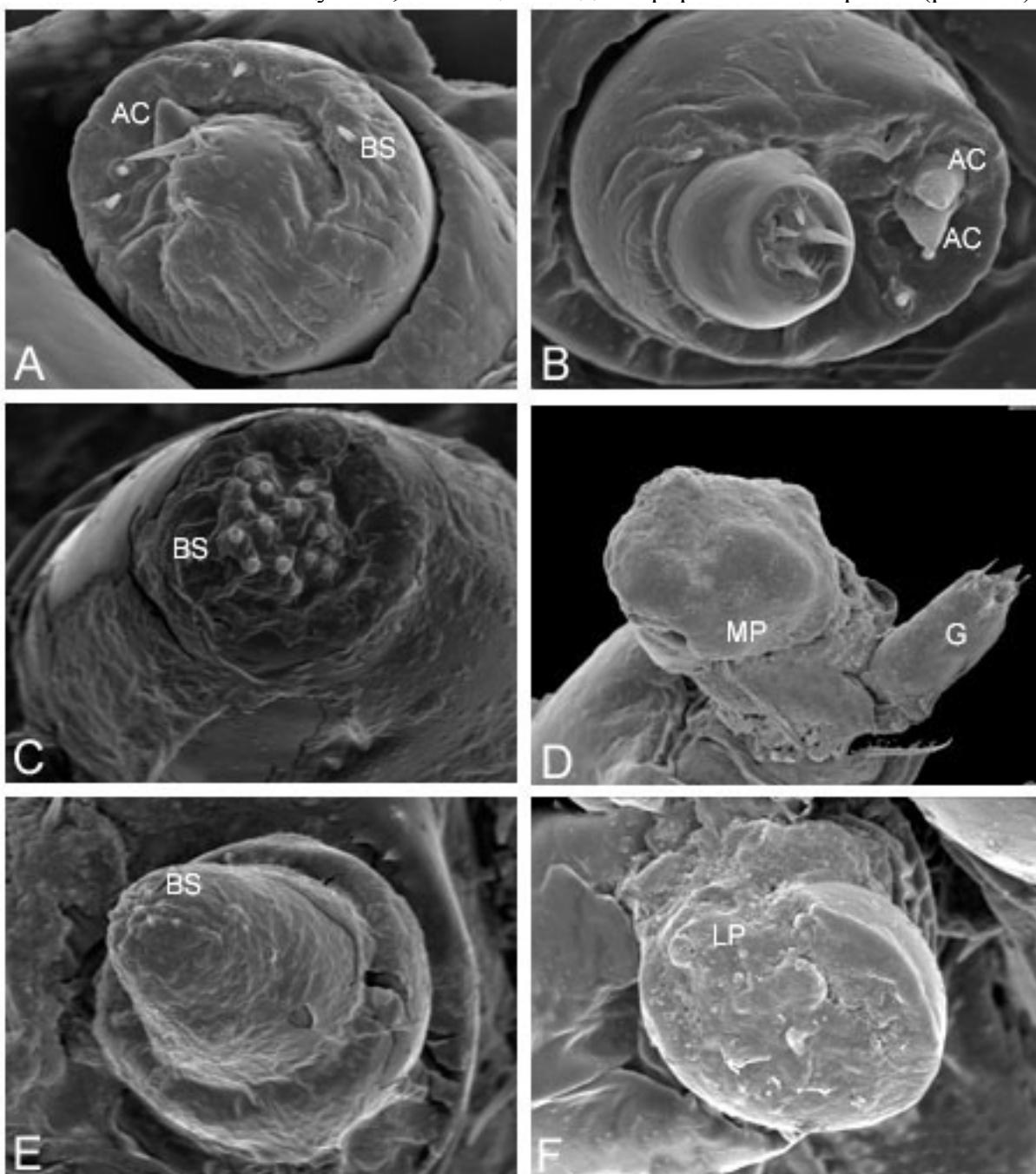
Личинок колорадского жука обрабатывали 1%-ным раствором димилина в ацетоне. С помощью микропипетки наносили 10 нг димилина на грудной отдел личинок. После нескольких линек на последующие возрасты личинок фиксировали в 2.5%-ном глутаровом альдегиде и исследовали в сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-405A.

В норме сенсорный аппарат антенн личинок представлен 6 базиконическими сенсиллами, размещенными на вершине терминального членика, одним антеннальным конусом и 4 базиконическими сенсиллами, локализованными на втором членике антенн. При исследовании обработанных димилином (10 нг/особь) личинок II возраста уже после первой линьки (III возраст) наблюдались значительные изменения кутикулярных структур антенн. Второй и третий членики у многих особей были слиты, на II членике две сенсиллы редуцированы, на вершине III членика у одних особей выявлена дополнительная сенсилла (7 вместо 6), а у других особей, напротив, имеется только 3-4 сенсиллы. У личинок, слянявших на IV возраст, наблюдались следующие аномалии: у одних особей рецепторный аппарат был практически редуцирован, поскольку кутикулярные отделы сенсилл не выделялись на фоне кутикулы членика, у других особей весь III членик антенн подвергся редукции и имел вид небольшого бугорка, у третьих особей наблюдалась лишь редукция отдельных сенсилл (рис. 1А). Более значительные изменения в строении хеморецепторного аппарата наблюдаются после двукратной обработки димилином личинок на нескольких последовательных возрастах (II и III). У личинок IV возраста часто сохраняется кутикула предыдущего возраста, наблюдается изменение взаимного расположения сенсилл, на вершине III членика число сенсилл либо редуцировано (их 1-5), либо имеется дополнительная сенсилла (их 7). На II членике антенн таких личинок имеется дополнительная сенсилла, антеннальный конус либо сильно деформирован, либо вместо одного конуса развиваются два конуса, сближенных у оснований (рис. 1В).

На вершине максиллярного щупика в норме расположена сенсорная площадка с 16 сенсиллами. У личинок III возраста, обработанных димилином в предыдущем возрасте, часто исчезает граница между двумя терминальными члениками щупиков, а число сенсилл редуцировано до 11-16 (рис. 1С). У личинок обработанных дважды (на II и III возрасте) наблюдается существенная асимметрия частей ротового аппарата. В частности, один из максиллярных щупиков может быть не разделен на членики, или представлен бесформенным опухолевидным выростом, на котором полностью отсутствуют сенсиллы (рис. 1Д). Второй щупик тех же особей имеет нормальную форму, но членики не разделены друг от друга. Для многих особей характерна сильная редукция числа сенсилл на терминальной площадке (их 3-9 вместо 16 в норме).

Сходные изменения свойственны и хеморецепторному аппарату лабиальных щупиков. В норме на вершине III членика имеется 11 сенсилл. В отличие от максиллярных щупиков значительные изменения хеморецепторного аппарата лабиальных щупиков наблюдаются только после двукратной обработки личинок II и III возрастов.

Эти изменения выражаются в редукции числа сенсилл, их 6-7, в некоторых случаях наблюдается полная редукция (рис. 1E), либо в формировании дополнительной сенсиллы. На лабиальном щупике часто имеются остатки не сброшенной кутикулы предыдущего возраста. Полная редукция сенсилл наблюдается при глубоком преобразовании всего лабиального щупика, имеющего вид бесформенного выроста (рис. 1F).



**Рис. Ультраструктура антенн и придатков ротового аппарата личинок колорадского жука. А, В - антенны, С, Д - максиллярные щупики, Е, Ф - лабиальные щупики. Обозначения: АС - antennальный конус, ВС - базиконическая сенсилла, Г - галея максиллы, LP - лабиальный щупик, МР - максиллярный щупик. Увеличение: А, С, Д - 750x, В - 1000x, Е - 1500x, Ф - 2500x.**

Таким образом, сублетальные дозы димилина вызывают существенные изменения хеморецепторного аппарата личинок колорадского жука, что, наряду с изменениями других кутикулярных структур, приводит к нарушению нормальной жизнедея-

тельности личинок. Наиболее значительные изменения в хеморецепторном аппарате антенн и ротовых придатков наблюдаются после обработок личинок на нескольких последовательных возрастах.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-04-48779).*

### **Список литературы**

Поливанова Е.Н. 1984. Физиологически активные вещества, нарушающие гормональный баланс у насекомых // Журн. общей биол. Т. 45. № 1. С. 36-48. – 1985. Влияние прекоцепна на развитие личинок вредной черепашки (*Eurygaster integriceps*) // Зоол. журн. Т. 64. Вып. 6. С. 842-850.

## **ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО СТРЕССА НА СОСТОЯНИЕ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА ПЕЧЕНИ И ЕГО КОРРЕКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ ОЛИГОМЕРНЫХ ПРОАНТОЦИАНИДИНОВ**

С.Е. Фоменко, В.Г. Спрыгин, Т.Н. Гордейчук, Н.Ф. Кушнерова

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, 690041 г. Владивосток,

e-mail: fomenko29@mail.ru

Разработана биологически активная добавка (БАД) к пище (патент № RU2199249), зарегистрированная под торговой маркой «Калифен» (свидетельство на товарный знак № 197216). Установлено, что основным действующим компонентом является проантокинановый комплекс (КОПЦ), защищающий организм от оксидативного стресса, перекисного окисления липидов, свободных радикалов. В качестве препарата сравнения использовали полифенольный комплекс из аптечного экстракта элеутерококка. Эксперимент проводили на крысах Вистар с массой тела 180-200г., содержащихся на стандартном рационе питания. Стресс вызывали путем подвешивания животных за шейную складку на 24 часа. Водные растворы КОПЦ и элеутерококка (аптечный экстракт предварительно освобожденный от спирта путем упаривания в вакууме) вводили в количестве 100 мг/кг массы тела. Животные были разделены на четыре группы по 10 крыс в каждой: 1-я – контроль (интактные), 2-я – стресс, 3-я – стресс+КОПЦ, 4-я – стресс+элеутерококк. При изучении показателей углеводного обмена печени отмечалось снижение количества окисленной формы кофермента НАД<sup>+</sup> и соотношения НАД<sup>+</sup>/НАДН (по ЛДГ- и Г-3-ФДГ-реакции), что указывает на сдвиг баланса окислительно-восстановительной системы в сторону образования восстановленных эквивалентов. Это приводит к снижению активности НАД<sup>+</sup>-зависимых дегидрогеназ, блокированию аэробных процессов гликолиза и развитию в организме тканевой гипоксии. Подтверждением является увеличение содержания лактата на 40%, что с одной стороны может быть результатом повышенного превращения ПВК в лактат для реокисления НАДН в НАД<sup>+</sup>, а с другой - следствием ингибирования глюконеогенеза. Стресс способствовал понижению в печени количества Г-3-Ф и ДАФ относительно 1-й группы. Понижение содержания ДАФ, очевидно, является следствием истощения гликогена в условиях стресса и блокирования пентозофосфатного пути окисления глюкозы. Энергетический обмен переключается с «углеводного» типа на «липидный». При введении экспериментальным животным КОПЦ (3-я группа) или полифенольного комплекса из элеутерококка (4-я группа) в период стресса происходит активации реакций углеводного обмена (глюконеогенез, пентозофосфатный путь, цикл Кребса). Для окисления глюкозы преобладающим становится пентозофосфатный путь. КОПЦ и экстракт элеутерококка оказывают регуляторный эффект на метаболизм глюкозы в печени.

болнические реакции в печени крыс, измененные в условиях острого стресса, при этом КОПЦ обнаруживает более выраженные стресс-протекторные свойства.

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ ХАРИУСА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Б.В. Ходулов

Институт прикладной экологии Севера АН РС(Я), 677007 г. Якутск,  
e-mail: hodul@mail.ru

В последние десятилетия в бассейне Анабара начались разработки россыпных месторождений алмазов. С 2000 г. разрабатывается месторождение «Биллях» расположенное в верхнем течении р. Биллях – правом притоке р. Анабар. А с 2003 г. осваивается месторождение «Тигликит» расположенное в 18 км ниже от участка «Биллях» (среднее течение р. Биллях). Длина р. Биллях 56 км, в соответствии с условиями питания и особенностями водного режима относится к восточносибирскому типу рек. В геохимическом плане в аллювиальных отложениях участков россыпей встречаются элементы Ti, V, Cr, Ni, Co, Nb, Cu, Zn, Pb, Li, Ag и Mo, многие из которых относятся к тяжелым металлам. В составе глинистых минералов являющихся хорошими сорбентами могут находиться As, Bi, Cd, Tl, Hg, Sb и др., обладающие высокой миграционной активностью. Находясь в погребенном состоянии, все эти элементы находятся в равновесии с единым балансом веществ природы. Начало разработки россыпи вовлекает их в круговорот веществ и создает вторичные геохимические ореолы рассеивания (Ягнышев, 2004). Анализ сухого остатка воды р. Биллях в зоне техногенного воздействия показал превышение регионального фона по Cr, Cu, Mn, Ni, Ba, В, Ti, V, Zn и Al (Отчет..., 2003). Тяжелые металлы способны накапливаться в гидробионтах и наряду с прямым токсическим действием на организм вызывают опасные отдаленные биологические последствия, производя мутагенное, эмбриотокическое, гонадотокическое и другое действие (Сухачев и др., 1989)

Для определения влияния промышленных разработок алмазов на гидробионтов исследовалось содержание металлов в мышцах, печени, гонадах и почках восточносибирского хариуса *Thymallus arcticus pallasi*, отловленного в р. Биллях, в зоне рассеивания РЭУ «Биллях» (выше «Тигликит») и в зоне непосредственного воздействия (ниже «Тигликит»). Отбор проб осуществляли общепринятым методом (Морозов, Петухов, 1978). Пробы проанализированы методом атомно-эмиссионной спектроскопии в ГУП «Центргеоаналитика» (г. Якутск).

До начала разработки месторождения р. Биллях определялось содержание Cd, Cr, Mn, Cu и Pb в мышцах хариуса. Фоновые содержания этих металлов следующие (мкг/г сырой массы): Cd – 0,0029; Mn – 0,218; Cu – 0,72; Cr и Pb – следы. Превышение ДОК не отмечено (Отчет..., 2001). На начальной стадии промышленного освоения в 2001 г. концентрации этих элементов в мышцах хариуса отловленного на участке ниже разработок заметно возросли, отмечено превышение ДОК по хрому в 1.98 раз (Отчет..., 2003) (табл. 1).

В современных условиях наши исследования (2003 г.) выявили значительные изменения содержания металлов в органах хариуса. По сравнению с 2001 г. в органах хариуса возросло содержание кадмия, никеля, цинка и особенно хрома, превышение ДОК по которому в мышцах на участке выше «Тигликит» составило в 17.2 раз, ниже «Тигликит» в 18.4 раза и по сурьме в 1.9 и 1.8 раз, соответственно (табл. 2). Содержа-

ние всех определявшихся металлов в гонадах и печени оказалось заметно выше, чем в мышцах, что ранее было отмечено для рыб из ряда других водоемов Сибири (Попов, 2002). У рыб с верхнего участка концентрация всех определявшихся элементов в почках выше, чем в мышцах, гонадах и печени и больше, чем в почках рыб с нижнего участка. На участке ниже воздействия «Тигликит» у рыб увеличивается концентрация в мышцах - Cr, Mn, Sr, Zn; в печени - Co, Cu, Fe, Sr, Zn, Sb; в гонадах - Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Sr и Zn по сравнению с участком выше «Тигликит». Почки являются органом выведения и более высокое содержание металлов в почках рыб с участка выше «Тигликит», возможно, объясняется тем, что в момент исследования они накапливались там для выведения из организма. У рыб с нижнего участка элементы по органам распределяются более равномерно, вероятно при более высокой концентрации металлов в зоне воздействия почки не справляются с нагрузкой и металлы начинают накапливаться в организме рыб.

**Таблица 1. Содержание металлов в органах хариуса р. Биллях, июль 2001г., мкг/г сырой массы**

Орган	Элементы							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn	Pb
	0.2*	0.5	0.3	10	10	0.5	40	1.0
Мышцы	0.004	0.022	0.594	0.852	0.493	0.009	4.115	0.016
Печень	0.018	0.159	0.73	1.308	19.192	0.042	20.857	0.154
Гонады	0.095	0.189	1.047	3.117	4.104	0.038	15.295	0.024

*Примечание: \* - допустимые остаточные концентрации элемента в мышечной ткани (в свежих рыбопродуктах) в соответствии с СанПиН, 1997 г.*

**Таблица 2. Содержание металлов в органах и тканях хариуса р. Биллях, июль 2003 г., мкг/г сырой массы**

Орган	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Zn	Sb
	0.2*	0.5	0.3	10	30	10	0.5	-	40	0.5
Участок выше «Тигликит»										
Мышцы	0.031	0.016	5.170	0.382	0.31	0.375	0.050	0.467	4.287	0.943
Печень	0.102	0.131	17.902	2.193	36.41	2.356	0.311	0.668	29.0	0.947
Гонады	0.044	0.170	8.659	1.284	17.88	4.694	0.035	0.511	31.554	2.327
Почки	0.446	0.730	26.446	4.019	358.47	6.944	3.423	7.344	40.484	8.107
Участок ниже «Тигликит»										
Мышцы	0.031	0.016	5.527	0.375	0.31	0.435	0.009	0.688	7.552	0.902
Печень	0.106	0.221	10.582	2.381	90.29	2.631	0.184	1.295	30.098	1.213
Гонады	0.044	0.271	12.676	1.271	62.170	12.096	0.183	1.262	48.253	1.253
Почки	0.310	0.446	12.060	2.260	224.25	2.344	2.609	4.284	28.307	0.465

*Примечание: \* - допустимые остаточные концентрации элемента в мышечной ткани (в свежих рыбопродуктах) в соответствии с СанПиН, 1997 г.*

Мониторинг состояния микроэлементного состава рыб в зоне воздействия разработки россыпного месторождения р. Биллях продолжается.

#### **Список литературы**

Морозов Н.П., Петухов С.А. 1978. Определение содержания микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в рыбах // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Вильнюс. Ч. 3. С. 53-63.

Сухачев В.А., Лапытько Е.И., Ядренкин А.В. и др. 1989. Загрязнение ртутью и другими тяжелыми металлами водных и наземных биоценозов // Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах: аналит. Обзор. Ч. 2. Процессы биоаккумуляции и экотоксикология. Новосибирск: Изд-во ГПНТБ СО РАН СССР. С. 104-122.

Попов П.А. 2002. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. Новосибирск, 270 с.

Ягнышев Б.С. 2004. О результатах опережающих геоэкологических исследований на участках горно-разведочных работ и добычи алмазов // Экологическая безопасность при разработке россыпных месторождений алмазов. Якутск. С. 32-42.

Отчет ИПЭС АН РС(Я). 2001. Оценка окружающей среды р. Биллях. Якутск, 178 с.

Отчет ИПЭС АН РС(Я). 2003. Мониторинг состояния природной среды при опытно-промышленной разработке россыпного месторождения алмазов «Биллях». Якутск, 264 с.

## **ОЦЕНКА УРОВНЯ КРИОПОВРЕЖДЕНИЙ СПЕРМАТОЗОИДОВ РЫБ**

Л.И. Цветкова\*, О.П. Мелехова\*\*, О.Б. Докина\*, Г.В. Коссова\*\*,  
Н.Д. Пронина\*, С.М. Падалка\*\*

*ФГУП «ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства», 141821 Московская область,  
пос. Рыбное, e-mail: vniprh@mail.ru*

*\*\*Московский государственный университет, 119899 г. Москва,  
e-mail: muffs2003@mtu-net.ru*

Успешное развитие и внедрение в практику рыбоводства методов криоконсервации половых продуктов требует разработки надежных способов длительной стабилизации их биологических свойств в глубокозамороженном состоянии. При цитологическом и биохимическом контроле качества дефростированной спермы некоторых животных выявлено, что в среднем только 10-20% размороженных спермиев не обладает явными субклеточными и молекулярными признаками криоповреждений. Выявлен примерно такой же процент спермиев, способных к оплодотворению.

Главной причиной криоповреждений клеток является образование в цитоплазме кристаллов льда, разрушающих внутриклеточные структуры. В процессе криоконсервации важно обнаружение летальных и нелетальных повреждений, которые возникают в клетке как на этапах перехода в состояние глубокого холодового анабиоза, так и последующем возврате к условиям нормотермии, при которых часть клеток обладает способностью репарировать эти повреждения.

В многочисленных опытах на сперме разных видов рыб изучено влияние на сохранение жизнеспособности клеток условий подготовки к замораживанию, состава криозащитных сред, включающих в различных соотношениях криопротекторы, антиоксиданты, аминокислоты, витамины и другие добавки, которые обладают энергетическими, осмотическими и буферными свойствами и в определенной степени обеспечивают криозащитный эффект. Если среда оказывается токсичной для клеток или организмов, в них начинаются патологические процессы той или иной степени тяжести. При повреждениях клеток, вызванных различными причинами, развивается неспецифический «окислительный стресс», включающий развитие цепных реакций перекисного окисления липидов, образование супероксид-радикалов, повреждающих мембранные структуры клетки, а также генетический материал, а на более поздних стадиях изменение (как правило, снижение) активности мембранны-связанных ферментов, а также ферментов антиокислительной защитной системы клетки. Для определения уровня криоповреждений сперматозоидов рыб нами разработан способ (патент №2233142, 2004 г.), ориентированный на метаболический критерий - интенсивность свободно-радикальных реакций. Принцип метода состоит в применении растворимо-

го в воде радиоактивного маркера - мономера, который будучи введен в живые клетки при инкубации, включается в свободно-радикальные реакции и полимеризуется в местах образования свободных радикалов (**СР**). Становясь нерастворимым, полимер не выводится из клетки. После фиксации тест-объекта относительное содержание **СР** детектируется соответственно уровню радиоактивности в образцах тканей или клеток объекта. Этим методом может быть определен критический уровень токсичности криозащитной среды, приводящий к нарушению жизнеспособности сперматозоидов. Повреждение выявляется по **СР**-реакциям в первые 1-2 часа воздействия и затем подтверждается в долгосрочных опытах (снижение жизнеспособности, низкая оплодотворяющая способность, нарушение развития эмбрионов). Индивидуальные вариации содержания **СР** в тест-организмах в норме не должны превышать 20-35%, сдвиг уровня **СР**-реакции более чем на 50% соответствует началу патологических процессов, а более значительные изменения приводят к гибели клеток.

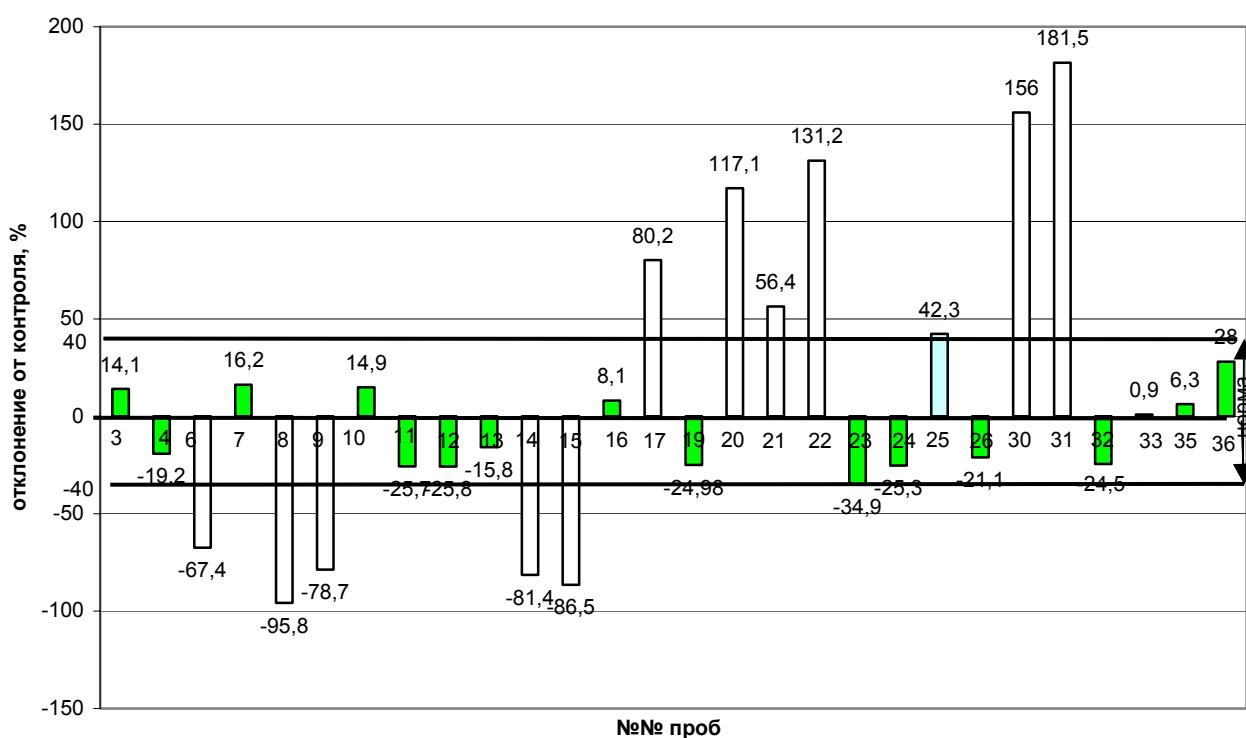


Рис. Уровень криоповреждений, определенный методом радикальной полимеризации.

Использование большого количества разнокомпонентных криозащитных сред для замораживания спермы осетровых рыб (рис.) позволило определить метаболический критерий клеток, оцениваемый методом радикальной сополимеризации, и из множества сред выделить наиболее оптимальные, обладающие высокими протективными качествами (например, пробы 3, 4, 7, 13, 16, 19, 32, 35, 36). Эти данные были подтверждены в последующем результатами оплодотворения икры криоконсервированной спермой.

Предложенный нами способ позволяет определить криоповреждения в сперматозоидах на стадии замораживания-оттаивания еще до закладки на долгосрочное хранение в криобанк, тем самым, исключив необходимость содержать в коллекции образцы низкого качества. Этот способ универсален, нетрудоемок и прост в выполнении, обладает высокой чувствительностью определения и может быть использован для существенного сокращения эмпирических поисков условий замораживания клеток.

### Список литературы

Пат. № 2233142 (Россия). Способ определения жизнеспособности спермы рыб после криоконсервации / Мелехова О.П., Цветкова Л.И., Докина О.Б., Коссова Г.В., Падалка С.М., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Заявл. 21.01.03. № 200.3101419; Опубл. в бюлл. № 21, 27.07.2004.

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ БАРАБУЛИ (*MULLUS BARBATUS L.*) В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

И.Е. Цыбульский, А.А. Клёнкин, А.Ю. Виноградов, Л.Ф. Павленко, Л.И. Зипельт,  
О.П. Купрюшкина, М.А. Цыбульская, И.Г. Корпакова

Азовский НИИ рыбного хозяйства, 344007 г. Ростов-на-Дону,

e-mail: [riaspf@aaanet.ru](mailto:riaspf@aaanet.ru)

Как показали наши исследования предшествующих лет, в отдельных районах Азовского моря (центральная часть, Темрюкский залив), на территориях морских портов и терминалов содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях приближается и нередко превышает величину 1г/кг грунта, в районах хронического загрязнения концентрация углеводородов достигает еще больших величин. Как временные (аварийные), так и постоянные загрязнения среды морских водоемов оказывают неизбежное влияние на донные биоценозы. Целью данного исследования явилась оценка функционального состояния донной ихтиофауны в условиях экспериментального загрязнения донных отложений сырой нефтью и изучение основных путей поступления и накопления нефтяных углеводородов (НУ) в организме рыб.

В хроническом эксперименте с морской донной бентосоядной рыбой барабулей (*Mullus barbatus L.*), содержавшейся в аквариумах с донными осадками песчаного и илистого типов, показано, что загрязнение грунта сырой нефтью в концентрации 1 г/кг и 5 г/кг существенно влияет на функциональное состояние рыб. Выявлены значительные (на 20% и более), статистически достоверные изменения биохимических показателей, характеризующих кислородтранспортную функцию крови, ее антиоксидантный и детоксикационный потенциал, детоксикационную функцию печени, а также ключевые звенья аминокислотного, углеводного и нейромедиаторного обмена в мышцах и головном мозге.

Под влиянием обеих концентраций нефти при экспозиции в течение 3-10 суток в крови рыб происходило снижение содержания гемоглобина, а также выраженное ингибирование ферментов каталазы и глутатион-S-трансферазы, играющих важнейшую роль в обменных и детоксикационных процессах и в поддержании антиоксидантного статуса крови. Нефтяное загрязнение донных отложений вызывало снижение уровня метаболических углеводов и активацию фермента аспартатаминотрансферазы, что усиливало аминокислотный обмен в мышцах. Прирост активности АсАТ во всех случаях происходил на фоне снижения содержания общего белка. В головном мозге ингибировался фермент нейромедиаторного обмена ацетилхолинэстераза, причем в некоторых случаях внесенная концентрация нефти 1 г/кг грунта ингибировала фермент сильнее, чем концентрация 5 г/кг. В микросомальной фракции печени рыб, содержавшихся на песчаном грунте, отмечалась активация системы цитохрома Р<sub>450</sub>, а на илистом грунте – ингибирование.

Высокая концентрация внесенной нефти (5 г/кг грунта) влияла на изученные показатели более выраженно, чем 1 г/кг, а экспозиция рыбы на илистом грунте –

сильнее, чем на песчаном. Однако дозозависимость воздействия нефтяного загрязнения лучше проявилась на песчаном грунте, так как в этом случае качественные характеристики среды меньше влияли на картину биохимических изменений у рыб, а концентрация НУ в воде аквариумов была в среднем в два раза выше.

Изменения биохимических показателей ихтиофауны наблюдались на фоне устойчивого накопления нефти в рыбе. Уровень накопления НУ в рыбе определялся типом донных отложений и концентрацией внесенной в них нефти. Несмотря на лучшую экстрагируемость нефтяных углеводородов из песчаного грунта, их накопление в рыбе на илистом грунте было в 1.5-3 раза выше. Концентрация нефтяных углеводородов в рыбе при внесении в донные осадки 5 г сырой нефти /кг была в 1.5–2.5 раза выше, чем при внесении 1 г/кг.

Основная масса НУ (до 85%) накапливалась в рыбе из донных отложений и взвешенных частиц, а с кормом поступала меньшая их часть. Эти данные согласуются с результатами биохимических исследований, показавших, что экспозиция рыбы на загрязненных нефтью донных отложениях вызывает более выраженные изменения исследованных показателей, чем кормление загрязненным кормом.

Очевидно, обнаруженные в эксперименте нарушения метаболизма проявляются и в естественных условиях Азово-Черноморского бассейна – у рыб, постоянно обитающих в районах с загрязненными нефтью донными отложениями (оседлая популяция барабули, бычки, камбала) и у рыб, перемещающихся через эти районы (мigriruyushchaya populatsiya baabuuli).

Таким образом, нефтяное загрязнение морских донных осадков вызывает устойчивое и заметное накопление углеводородов нефти в донной ихтиофауне, обусловленное как непосредственным контактом с загрязнителем, так и передачей по трофической цепи. При этом происходят вполне объяснимые изменения функционального состояния рыб, проявляющиеся на различных уровнях метаболизма. Обнаруженные изменения биохимических показателей отражают эти процессы, во многом зависимые, по нашим данным, от вида донных отложений и первоначального содержания в них углеводородов.

## **ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ТКАНЯХ ОНДАТР И КРЫС ПРИ НИТРИТНОЙ ГИПОКСИИ**

Е.М. Цой, Р.И. Коваленко, Д.А. Кузьмин

Санкт-Петербургский государственный университет, 199034 г. Санкт-Петербург,

e-mail: Eastflower@mail.ru

В лаборатории структурно-функциональных адаптаций НИИ физиологии им. А.А. Ухтомского СПбГУ проводятся исследования адаптаций у ныряющих животных в эволюционно сравнительном плане на видах разного уровня экологической специализации и таксономической принадлежности. С помощью этого приема были выявлены адаптационные изменения в организации сердечно-сосудистой системы у вторичноводных амниот и охарактеризована стратегия формирования адаптационных механизмов к нырянию в процессе приспособительной эволюции этих животных к водной среде (Галанцев, 1977; Галанцев, 1988). Установлено, что в адаптациях организма ныряющих животных, обеспечивающих высокую резистентность их к гипоксии и гипоксемии, наряду с такими физиологическими реакциями, как рефлекторная брадикардия, обширная вазоконстрикция на периферии, селективное прераспределение

ние кровотока, важную роль играют метаболические реакции, обеспечивающие увеличение резервов кислорода и экономичность их использования (Коваленко, Молчанов, 2001). Среди последних несомненный интерес представляет изучение особенностей протекания процессов перекисного окисления липидов (**ПОЛ**) в тканях этих животных, для которых физиологической нормой являются регулярные задержки и восстановление дыхания. Исследования в этом направлении проводятся на протяжении 10 лет, тем не менее, функционирование системы **ПОЛ** полностью не охарактеризовано ни у одного из представителей генотипически адаптированных к задержке дыхания ныряющих млекопитающих. Однако имеющиеся данные позволяют выдвинуть предположение о том, что в тканях вторичноводных амниот создаются своеобразные депо «эндогенного кислорода», возникающие за счет интенсивного образования перекисных соединений и эффективного функционирования антиоксидантных ферментов - супероксиддисмутазы и каталазы (Галанцев и др., 1989).

Сравнительно-эволюционный подход представляется перспективным и при решении проблемы нитритной гипоксии, актуальность которой связана с большим накоплением азотсодержащих веществ в местах обитания животных и человека в результате интенсивных антропогенных нагрузок. Поступление избыточного количества нитритов и нитратов в организм вместе с пищей, водой, лекарственными препаратами приводит к развитию нитритной гипоксии, характеризующейся трансформацией гемового железа из двухвалентного состояния в трехвалентное (Середенко, 1987). При этом гемоглобин превращается в метгемоглобин и теряет основную кислородсвязывающую функцию. Одновременно увеличивается активность ферментов, участвующих в восстановлении нитритов и нитратов в оксид азота (NO), который транспортируется в виде комплексов с гемоглобином и освобождается в тканях, испытывающих дефицит кислорода (Реутов, 1995). Появляющийся в этих условиях оксид азота может связываться с гемсодержащими антиоксидантными ферментами каталазой и супероксиддисмутазой и угнетать их активность. Такое изменение функционирования различных ферментных систем у неадаптированных к задержкам дыхания млекопитающих в гипоксических условиях способствует образованию активных форм кислорода и усилиению процессов **ПОЛ** в тканях. Интенсификация **ПОЛ** может служить причиной повреждения клеточных мембран при гипоксии (Sethi et al, 1999).

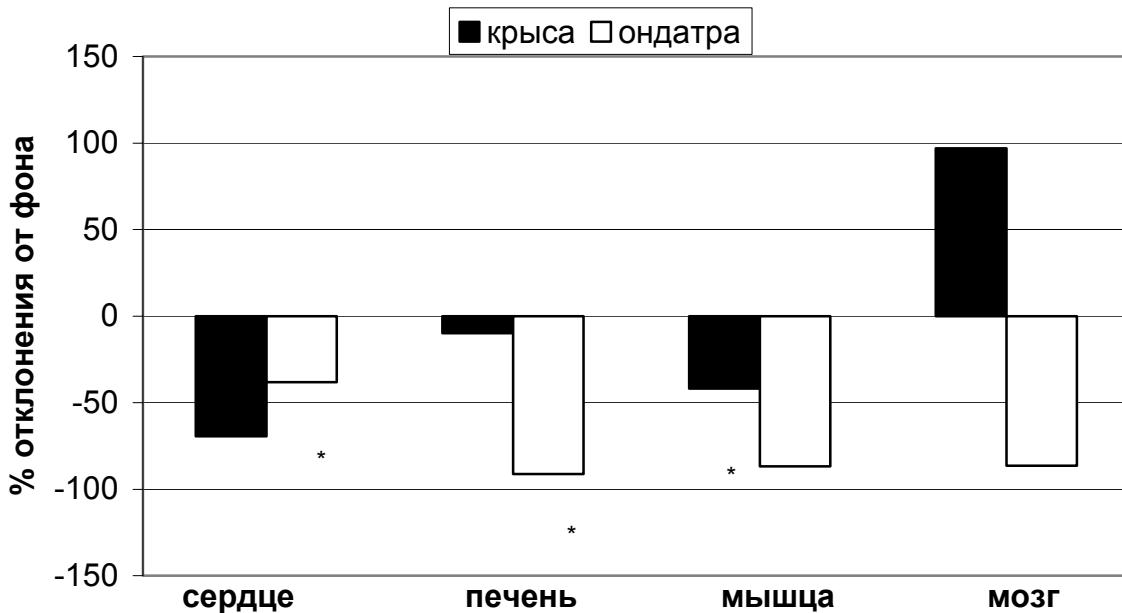
С учетом данных о важной роли высокой активности антиоксидантных ферментов в поддержании жизнедеятельности ныряющих животных при асфиксии и гипоксемии, возникает закономерный вопрос о том, как происходят процессы **ПОЛ** у генотипически адаптированных к гипоксии млекопитающих на фоне введения нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ). Не проводились исследования по изучению влияния азотсодержащих веществ на механизмы **ПОЛ** и функционирование антиоксидантной системы защиты у полуводных грызунов ондатр. Целью данного исследования явился сравнительный анализ протекания **ПОЛ** и активности каталазы у ондатр и таксономически близких к ним белых крыс.

Исследования выполнены на 16 белых крысах линии Вистар (180-200 г) и 12 отловленных в Ленинградской области ондатрах (600-1200 г) в условиях нембуталового наркоза (30 мг/1 кг массы тела). 6 крыс и 5 ондатр – контроль, 8 крыс и 7 ондатр – опыт. Эксперименты проводились в утренние часы. Животным опытной группы подкожно вводился  $\text{NaNO}_2$  (3 мг/100 г массы тела, в объеме 1 мл), контрольным – физиологический раствор в эквивалентном объеме. Через 1 час после инъекции у декапитированных животных брались ткани сердца, головного мозга, печени и бедренной мышцы, образцы тканей замораживались в жидком азоте и хранились в ходильнике при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  до использования. Об интенсивности **ПОЛ** в тканях судили по

концентрации конечных продуктов в тесте с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК-активные вещества) (Esterbauer, Cheesman, 1990), о состоянии антиоксидантной системы – по активности каталазы (Luck, 1963). Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы «Statistica 6.0». В связи с тем, что выборки животных были немногочисленные, а показатели сильно варьировали, то с учетом рекомендаций некоторых авторов (Лапач и др., 2001) вместо средних арифметических значений результаты исследования приводятся в величинах медианы. О достоверности различий показателей у контрольных и опытных животных судили с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса и медианного теста.

Ранее проведенные в нашей лаборатории исследования показали, что динамика ПОЛ в тканях крыс и ондатр при асфиксии, вызванной погружением животных под воду или отключением искусственного дыхания, существенно отличается (Галанцев и др., 1994). У ондатр ни в одной из исследованных тканей интенсивность ПОЛ не увеличивалась, тогда как у крыс отмечено достоверное повышение содержания ТБК-активных веществ в печени и бедренной мышце.

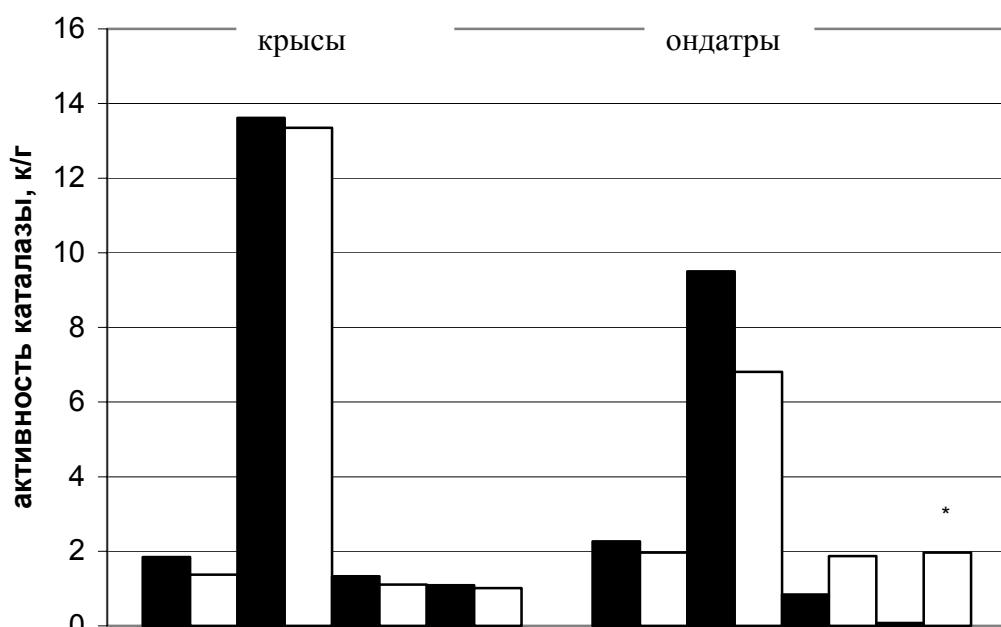
В настоящей работе через 1 час после введения NaNO<sub>2</sub> (3 мг/100 г) у ондатр также не выявлена интенсификация ПОЛ ни в одной из тканей, а в тканях сердца и печени отмечено достоверное уменьшение содержания ТБК-активных веществ на 38% и 91% соответственно. У крыс через 1 час после инъекции NaNO<sub>2</sub> наблюдалось статистически значимое увеличение уровня малонового диальдегида в тканях головного мозга на 97%, а в тканях бедренной мышцы имело место достоверное снижение интенсивности ПОЛ на 42% (рис. 1).



**Рис. 1. Изменения ПОЛ в тканях крыс и ондатр через 1 час после введения нитрита натрия. \* - достоверные отличия при  $P<0.05$ .**

Полученные данные свидетельствуют о том, что изменения протекания ПОЛ у ондатр в условиях апноэ и при введении NaNO<sub>2</sub> имеют одинаковую направленность, а у крыс – отличаются. В условиях, имитирующих ныряние, в более защищенных от гипоксии тканях у крыс и ондатр интенсификация ПОЛ не наблюдается, то есть в них отсутствует гипоксия. Полагают, что это связано с преимущественным перераспределением кровотока в жизненно важные органы (Ивашев и др., 1992). Отсутствие ин-

тенсификации **ПОЛ** в тканях головного мозга ондатр после введения  $\text{NaNO}_2$ , вероятнее всего, также связано с усилением кровоснабжения наиболее чувствительного к гипоксии органа. В пользу сделанного предположения свидетельствуют результаты параллельно проводившейся регистрации мозгового кровотока. Показано, что через 1 час после введения  $\text{NaNO}_2$  (3 мг/100 г) у ондатр имеет место перераспределение кровотока с сохранением интенсивности центрального кровообращения и кровотока в головном мозге (Шерешков и др., 2004). То обстоятельство, что на фоне введения  $\text{NaNO}_2$  происходит интенсификация **ПОЛ** у крыс в тканях наиболее чувствительного к дефициту кислорода головного мозга, позволяет предполагать, что азотсодержащие вещества, вызывая вазодилатацию, уменьшают централизацию кровотока. Это подтверждают результаты экспериментов по изучению гемодинамики на фоне введения нитрита натрия. Через 15 минут после введения  $\text{NaNO}_2$  происходило падение объема и линейного кровотока в коре головного мозга, а через 30-45 минут кровоток еще полностью не восстанавливался (Шумилова и др., 2004).



**Рис. 2. Влияние введения нитрита натрия на активность каталазы у крыс и ондатр.** \* - достоверные отличия при  $P<0.01$ . ■ - контроль, □ - опыт.

Одной из причин снижения интенсивности **ПОЛ**, отмеченного в тканях сердца и печени ондатр, а также в бедренной мышце крыс может являться увеличение активности антиоксидантных ферментов. Однако у ондатр достоверное ( $P<0.01$ ) увеличение активность каталазы имело место только в тканях головного мозга, а у крыс не были зарегистрированы достоверные изменения активности фермента ни в одной из тканей (рис. 2). В связи с этим, можно предполагать, что ограничение **ПОЛ** в тканях может быть связано с активацией других антиоксидантных ферментов, в частности глутатион-пероксидазы. Но не исключено, что причиной уменьшения содержания ТБК-активных веществ в указанных тканях является торможение миграции лейкоцитов из кровеносного русла. Сообщалось, что у генотипически адаптированных к гипоксии млекопитающих уровень начальных продуктов **ПОЛ** и активности каталазы выше, чем у наземных животных (Рецкий и др., 1989; Коробов, 1995; Илюха, 2003). По мнению авторов, у ныряющих животных интенсивное функционирование системы

**ПОЛ** направлено на поддержание в тканях достаточного количества кислорода, необходимого для активной жизнедеятельности при задержке дыхания. Нами также были выявлены различия этих показателей, так содержание ТБК-активных веществ в тканях печени, сердца, бедренной мышцы и головного мозга ондатр больше в 15, 5, 21 и 9 раз соответственно, чем в тканях крыс. Активность каталазы у ондатр была в 1.2 раза выше величины этого показателя у крыс только в ткани сердца, тогда как в тканях печени, бедренной мышцы и головного мозга меньше в 1.4, 1.6 и 13.6 раза соответственно. Выявленные различия функционирования системы **ПОЛ** у крыс и ондатр могут быть обусловлены особенностями кровотока, проницаемости сосудов и различным уровнем миграции нейтрофилов в тканях.

Сопоставление полученных нами результатов с данными других авторов позволяют сделать предположение, что под влиянием азотсодержащих веществ, несмотря на сохранение централизации кровотока, часть сосудов у ондатр расширяется, и это снижает миграцию фагоцитирующих клеток крови в ткани, тем самым, уменьшая интенсивность ПОЛ в этих тканях. Поскольку повышенное образование свободных радикалов и перекисных соединений жизненно важно для полуводных грызунов, то угнетение этих процессов при хронических воздействиях нитритов и нитратов может приводить к уменьшению резистентности организма к гипоксии и сокращению времени пребывания этих животных под водой.

В целом, у ондатр природные адаптационные механизмы способны предотвращать развитие гипоксии при интоксикации азотсодержащими веществами в низких дозах и ограничивают интенсификацию свободнорадикальных процессов в жизненно важных органах.

*Работа поддержанна грантом для молодых ученых М04-2.6Д-305.*

#### **Список литературы**

Галанцев В.П., Коваленко С.Г., Петров А.Т. и др. 1989. О значении перекисных процессов у водных и полуводных животных // Исследования морфо-функциональных адаптаций. Л. С. 13-21.

Галанцев В.П., Коваленко С.Г., Гуляева Е.П. и др. 1993. Особенности метаболизма у водных и полуводных млекопитающих при асфиксии // Вест. СПбГУ. Сер. 3. Вып. 1 (№3). С. 73-80.

Галанцев В.П., Баранова Т.И., Заварзина Н.Ю. и др. 1996. Исследование механизмов резистентности организма животных и человека при адаптации к гипоксии // Вест. СПбГУ. Сер. 3. Вып. 2. № 10. С. 47-55.

Илюха В.А., Ильина Т.Н., Узенбаева Л.Б. и др. 2003. Антиоксидантная система в физиологических адаптациях млекопитающих // Наземные и водные экосистемы Северной Европы: управление и охрана. Петрозаводск. С. 61-65.

Ивашев М.Н., Купин А.Г., Меерцук Ф.Е., Медведев О.С. 1992. Системная и регионарная гемодинамика у лабораторных крыс и диких ондатр при нырянии // Физиол. журн. Т. 78. № 5. С. 41-46.

Коваленко Р.И., Молчанов А.А. 2001. Нервная система. Вып. 34. С. 154-193.

Коробов В.Н., Климишин Н.И., Павлюк Н.В. и др. 1995. Сравнительный анализ кислородсвязывающих и антиоксидантных свойств крови лабораторных животных и ондатры // Журн. эвол. биох. и физиол. № 3. С. 369-371.

Лапич С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. 2001. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. К.: Морион, 408 с.

Реутов В.П. 1995. Цикл окиси азота в организме млекопитающих // Усп. биол. наук. Т. 35. С. 189-228.

Рецкий М.И., Бузламова В.С., Мещеряков Н.П. и др. 1989. Перекисное окисление липидов и система антиоксидантной защиты у морских и наземных млекопитающих // Физиология морских животных. Апатиты. С. 110-111.

Середенко М.М., Дударев В.П., Лановенко И.И. и др. 1987. Механизмы развития и компенсации гемической гипоксии. Киев: Наук. думка. 200 с.

Шерешков В.И., Шумилова Т.Е., Январева И.Н. 2004. Особенности адаптивных реакций сердечной деятельности ондатр в условиях дефицита кислорода при нырянии, гипобарической и фармакологической гипоксии // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Петрозаводск. С. 151.

Шумилова Т.Е., Левкович Ю.И., Ноздрачев А.Д. 2004. Гемодинамика в системе микроциркуляции коры мозга крыс при нитритной метгемоглобинемии // Журн. эвол. биох. и физиол. Т. 40. № 2. С. 153-157.

Esterbauer H., Cheesman U. 1990. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxymalonaldehyde // Methods in enzymology. V. 186. P. 223-249.

Sethi S., Singh M.P., Dilshit M. 1999. Nitric oxide-mediated of polymorphonuclear free radical generation after hypoxia-reoxygenation // Blood. V. 93. № 1. P. 333-340.

## **ДЕНСОВИРУС РЫЖЕГО ТАРАКАНА: ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРУС / ХОЗЯИН**

А.Г. Чумаченко, Д.В. Муха

*Институт общей генетики, 119000 г. Москва, e-mail: a\_chumachenko@mail.ru*

Денсовирусы являются однонитевыми ДНК-содержащими вирусами. Денсовирусы входят в семейство Parvoviridae, которое состоит из двух подсемейств – Parvovirinae и Densovirinae. Представители Parvovirinae поражают млекопитающих. Представители Densovirinae – парвовирусы членистоногих, главным образом насекомых. Свое название эти вирусы получили потому, что ядра зараженных клеток сильно гипертрофированы и содержат плотные, темные массы вирионов. Нами был обнаружен новый вирус рыжего таракана.

В части тотальной ДНК тараканов, отловленном в одном свинарнике и поддерживаемых в лаборатории 5 лет, после гель-электрофореза была обнаружена дополнительная фракция размером примерно 5 т.н.п. Эту фракцию выделили, очистили и с помощью электронной микроскопии установили, что она представлена линейной ДНК длиной около 1.2 мкм. Данную ДНК клонировали в векторе pUC119. Затем эту последовательность секвенировали, и сравнили со всеми последовательностями, представленными в Gene Banke посредством программы BLAST. Наибольшее сходство было выявлено с денсовирусами. И действительно, некоторые тараканы данной зараженной популяции (Р6) проявляли признаки болезни: вялость, нарушение координации движений, паралич задних конечностей. Вирус был назван BgDNV (*Blattella germanica* Densovirus)

У ряда особей зараженной популяции электрофорез показывает дополнительную полосу вирусной ДНК, у других тараканов этой популяции при окраске бромистым этидием дополнительной полосы не наблюдается. В то же время, ПЦР показывает, что вирус присутствует у всех особей данной популяции. Возможно, вирус интегрирован в геном и периодически активизируется.

Одной из первых задач, которые встали перед нами, было поддержание вируса в лаборатории. Известно, что хорошей моделью для изучения вируса является культура клеток. Были взяты 2 линии клеток и заражены. Таким образом, было выяснено, что вирус инфекционен. В первой линии клеток вирусная полоса пропала через несколько пересевов, во второй вирус оставался в активном состоянии. ПЦР показывает, что ви-

рус присутствует в обеих линиях. Видимо, жизненный цикл вируса в двух культурах различается. Стало ясно, что культура клеток не идеальна для поддержания вируса, так как вирус в ней не стабилен. Мы разработали более удачный метод, основанный на следующем. Нами берется таракан, у которого на форезе видна дополнительная вирусная полоса, гомогенизируется в клеточной среде, пропускается через фильтр 0.22 нм. Затем полученный раствор инъецируется в гемолимфу незараженного таракана. Таким образом, вирус можно стабильно поддерживать в лаборатории.

Следующей задачей было определение видоспецифичности вируса. Для этого мы использовали вышеописанный метод. Мы инъектировали вирус в гемолимфу 3-м другим видам тараканов (*Supella longipalpa*, *Blattella vaga*, *Leocophaea maderae*). Их гибели не наблюдалось, на форезе не было видно дополнительной полосы. В контрольной группе происходила гибель *Blattella germanica*, электрофорез показывал дополнительную полосу.

С помощью подобного подхода мы проверили устойчивость вируса к диапазону pH. Для этого нами была взята клеточная среда с вирусом, доведена ее pH в одном случае до 4, в другом до 9, через 30 минут доведена pH до 7, затем среда была инъектирована под кутикулу тараканов. В обоих случаях наблюдалась гибель тараканов, на форезе была видна дополнительная полоса. Следовательно, вирус устойчив к широкому диапазону pH.

В биологии вируса многое пока остается неясным, наши исследования продолжаются. В рамках исследования структурно-функциональной организации денсовируса были амплифицированы и клонированы фрагменты ДНК, соответствующие открытым рамкам считывания (**OPC**) генома вируса. На стадии отработки оптимальных условий амплификации, особенно в случаях, когда матрицей является ДНК, содержащая субповторы и способная формировать сложные вторичные структуры большое значение приобретает использование «отрицательных» контролей, в частности, праймеров и их различных сочетаний, которые в случае специфичной ПЦР не должны амплифицировать матричную ДНК.

Так, при амплификации **OPC4** для отрицательного контроля мы использовали пару праймеров, комплементарных к паре, амплифицирующих OPC4.

К нашему удивлению, при использовании пары праймеров для отрицательного контроля наблюдалась стабильная амплификация трех фрагментов ДНК размером 2.1, 0.9 и 0.73 тп. (Фрагмент 0.9 тп, в отличие от двух других, был представлен минорным количеством ДНК). Фрагменты ДНК размером 2.1 и 0.73 тп были клонированы и секвенированы.

При сравнении аминокислотных последовательностей всех возможных открытых рамок считывания фрагментов с базой данных белков (Swissprot) посредством программы BLAST (blastx) были выявлены значимые значения сходства с последовательностями аминокислот, соответствующих высококонсервативному аминокислотному домену белка ревертазы (обратной транскриптазы), принадлежащей различным ретротранспозонам насекомых.

Выявленные в геноме *Blattella germanica* мобильные элементы (**МЭ**) в настоящее время являются предметом наших исследований. Планируется получение космидной библиотеки генов рыжего таракана и скрининг библиотеки посредством зондов, содержащих клонированные фрагменты ретротранспозонов. Данный подход позволит клонировать полноразмерные копии выявленных **МЭ** и приступить к изучению биологической роли последних. Кроме того, неясной остается эволюционная преемственность между выявленными **МЭ** рыжего таракана и денсовирусом, праймеры, комплементарные к которому, позволили амплифицировать фрагменты **МЭ**.

## ЭПИТЕЛИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ ЛЕТУЧЕЙ МЫШИ В ПЕРИОДЫ НОРМО- И ГИПОТЕРМИИ

О.А. Шварева, Л.В. Шестопалова, М.С. Виноградова

Новосибирский государственный университет, 630090 г. Новосибирск,  
e-mail: shvareva@mail.ru, osh@fen.nsu.ru

Сезонные изменения температурного режима окружающей среды и происходящие в связи с ними перемены в составе и количестве кормов резко влияют на всех животных. Оказавшись в неблагоприятных условиях различные виды животных защищаются разнообразными способами. Многим мелким млекопитающим свойственны высокая интенсивность метаболизма и низкая способность запасать в организме источники энергии. Эти проблемы значительно обостряются в условиях холода и недостатка воды и пищи, так как высокое отношение поверхности тела к объему приводит к большой потере тепла (Хочачка, Сомеро, 1988). У мелких животных повышение метаболизма для поддержания нормотермии является слишком большой «растратой», особенно при отсутствии или недостатке пищи. Самый простой выход из положения состоит в том, чтобы прекратить борьбу за поддержание высокой температуры тела и сохранение уровня метаболизма. При этом не только исчезает проблема теплопродукции, но и сберегаются энергетические резервы. В этом заключается сущность зимней спячки или гибернации, во время которой температура тела снижается до температуры окружающей среды (Шмидт-Ниельсон, 1982).

В условиях гипотермии большинство органов и систем значительно снижают свой функциональный уровень. Другие – меняют направленность в выполнении функций. Таковым является желудочно-кишечный тракт (**ЖКТ**), который у гибрантов на длительное время (порой до 8 месяцев) выключается из процесса пищеварения и переориентируется на реализацию других функций, в том числе эндокринной. Так, известно, что у зимоспящих представителей семейства Беличьи - краснощеких сусликов, при полном отсутствии пищеварительного акта в течение всей гибернации отдельные элементы слизистой оболочки **ЖКТ** продолжают осуществлять эндокринный контроль за протеканием зимней спячки (Виноградова, Шестопалова, 1999). Показательным в этом плане является изменение состояния энтерохромаффинных клеток (**ЕС**), нарабатывающих важный для поддержания состояния гипотермии продукт – серотонин, подавляющий сократительный термогенез и поддерживающий тем самым низкую температуру тела в периоды торpidности цикла спячки.

В данном сообщении представлена часть результатов исследования, направленного на выяснение вопроса об универсальности механизмов тканевой адаптации к условиям гипотермии у зимоспящих животных, относящихся к различным таксономическим группам.

Целью работы явилось изучение морфофункциональных особенностей слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки (**ДК**) летучих мышей в различных физиологических состояниях.

Объектом исследования выбрана летучая мышь водяная ночница, спячка которой продолжается около восьми месяцев. Животные зимуют в подземных убежищах при температурах от  $-2$  до  $+10.4^{\circ}\text{C}$  (Стрелков, Ильин. 1990). Температура тела во время торpidности может снижаться до  $3\text{-}5^{\circ}\text{C}$ . Зимняя спячка летучих мышей прерывается короткими периодами активности. В отличие от остальных зимоспящих, рукокрылые во время спонтанных пробуждений имеют возможность изменять условия спячки на более благоприятные, путем перемещения в убежище, избегая тем самым

влияния различных неблагоприятных факторов. В летний период летучие мыши питаются насекомыми, пойманными на лету над поверхностью водоемов, и, в силу поведенческих особенностей, питание во время спонтанных пробуждений маловероятно даже при достаточном количестве насекомых в пещере.

Животных исследовали в различных физиологических состояниях:

- состояние гипотермии зимой, период глубокой торпидности, январь (температура тела ( $t^o$ ) – 3-5°C);
- состояние нормотермии зимой, период вызванного пробуждения, январь ( $t^o$  – 26-29°C);
- период летней активности, май ( $t^o$  – 29-33°C).

Для изучения гистохимически выявляемых ЕС клеток материал фиксировали в 2.5% глутаровом альдегиде на фосфатном буфере pH 7.4. После фиксации проводили стандартную парафиновую заливку. Выявление ЕС клеток проводили при помощи диазоневой реакции (Пирс, 1962). Был использован стабилизированный диазотат – прочный гранатовый GBC, при этом возможно гистохимическое выявление гранул ЕС клеток при минимальной концентрации серотонина в гранулах 1мг/мл. Подсчет ЕС клеток производили по всей длине крипт и ворсин на зашифрованных препаратах при увеличении об. x100, ок. x12. Результаты выражали в промилле (%).

Толщину слизистой оболочки, глубину крипт, высоту ворсин и высоту клеток эпителия измеряли с помощью объект-микрометра. Результаты всех количественных методов обработаны статистически с применением  $t$ -критерия Стьюдента.

Выявлено, что в летний период верхний отдел тонкой кишки водяной ночницы имеет типичное для млекопитающих строение. Стенка ДК состоит из слизистой, подслизистой, мышечной (продольный и циркулярный слои) и серозной оболочек. Сохраняется рельеф, обусловленный наличием ворсин и крипт. Ворсины ДК характеризуются цилиндрической формой, их длина в 2.5-3 раза превышает их средний диаметр. Толщина слизистой оболочки максимальна из всех исследованных периодов (табл.). При этом высота ворсин имеет наибольшее значение, а глубина крипт достоверно не изменяется во всех состояниях, что можно объяснить наличием питания и, следовательно, потребностью в большей всасывающей поверхности.

**Таблица. Изменения показателей слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки летучей мыши в состоянии нормо- гипотермии (n – количество животных)**

Исследуемые параметры	Летняя активность	Гипотермия зимой	Нормотермия зимой
Количество ЕС клеток, %	22.61±3.26 n=6	29.58±5.20 n=5	31.22±1.63 * n=5
Толщина слизистой оболочки, мкм	517.60±42.64 n=6	337.60±21.40 ** n=4	434.92±29.19* n=4
Высота ворсин, мкм	334.43±17.77 n=6	211.30±25.62 ** n=4	291.96±24.18 * n=4
Глубина крипт, мкм	162.87±15.03 n=6	138.30±3.89 n=5	139.65±3.30 n=4
Высота клеток, мкм	17.12±0.84 n=6	14.39±0.71 * n=5	15.35±0.70 n=5

*Отличия достоверны: \* – по сравнению с состоянием пробуждения весной P<0.05, \*\* – P<0.01; + – по сравнению с состоянием гипотермии зимой P<0.05.*

Эпителий - однослойный цилиндрический с выраженной полярностью клеток. Во всех клетках эпителиального пласта выявляется ядро с одним – двумя ядрышками и пенистая цитоплазма, что связано с активной работой синтетического аппарата клеток. Высота клеток эпителия максимальна, что обеспечивается увеличением области исчерченной каемки энteroцитов, образованной микроворсинками апикальной плазматической мембраны. Это всасывающие клетки, составляющие основную массу эпителиоцитов. Вторая по величине группа эпителиальных клеток – бокаловидные экзокриноциты с большим количеством секреторных гранул, содержащих мукоидный секрет. Энteroхромаффинные клетки рассеяны по всему эпителиальному пласту, с преимущественной локализацией в нижней трети крипт и нижних отделах ворсин. **ЕС** клетки полярны. Они имеют форму усеченного конуса, основание которого лежит на базальной мемbrane, апикальная поверхность контактирует с просветом кишки. Цитоплазма энteroхромаффинных клеток более светлая по сравнению с соседними эпителиоцитами. В летний период **ЕС** клетки имеют ядро с одним - двумя ядрышками, светлую цитоплазму, секреторные гранулы в базальной части. Клетки различаются по степени заполненности гранулами. В этот период гистохимически выявляется наименьшее количество **ЕС** клеток. Также встречаются лимфоциты, проникшие в эпителий через базальную мембрану из сосудов стромы ворсинок. В области нижней трети крипт можно наблюдать многочисленные картины митозов.

В зимний период сохраняется общий план строения **ДК**. Рельеф слизистой оболочки не изменяется. В *состоянии гипотермии* цикла спячки толщина слизистой оболочки принимает минимальное значение, за счет уменьшения высоты ворсин. Глубина крипт достоверно не отличается от значений других периодов. Эти изменения можно объяснить отсутствием поступлений пищи в пищеварительный тракт. Поверхность ворсин становится фестончатой. Чаще, чем летом, среди клеток эпителия встречаются лимфоциты. Цитоплазма эпителиальных клеток становится более плотной и гомогенной, по сравнению с летним состоянием. Высота клеток эпителия достоверно уменьшается, по сравнению с летом, что также подтверждает отсутствие процессов пищеварения в кишке животного. Количество митотических картин уменьшается по сравнению с летом. В бокаловидных клетках в период торpidности в секреторных гранулах появляются более плотные включения. Наблюдается тенденция к повышению ( $P<0.1$ ) количества гистохимически выявляемых **ЕС** клеток по сравнению с состоянием летней активности, что объяснимо большой потребностью в серотонине для обеспечения состояния гипотермии.

В *состоянии нормотермии* зимой в период вызванного пробуждения рельеф слизистой оболочки **ДК** остается неизменным. Толщина слизистой оболочки достоверно увеличивается, по сравнению с периодом гипотермии. Это связано с увеличением высоты ворсин, значение которой в этот период достоверно не отличается от летнего. Фестончатость поверхности ворсин сохраняется. Видны многочисленные картины митозов в нижних отделах крипт. У всех эпителиальных клеток наблюдается пенистая цитоплазма и светлые ядра с ядрышками. Высота эпителиоцитов достоверно не отличается от всех исследованных периодов. Для бокаловидных клеток характерно увеличение секреторного материала, по сравнению с периодом торpidности. Количество гистохимически выявляемых **ЕС** клеток имеет максимальное значение среди всех исследованных сроков. По-видимому, в этот период происходит досинтез серотонина, необходимого для поддержания гипотермии в следующем цикле спячки.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о сохранении общих принципов в реакции слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки летучей мыши на изменение условий существования. Реакция эпителиоцитов, в том числе энteroхромаффинных клеток, на изменение условий функционирования **ЖКТ**, в целом, соответствует таковой у гибернирующих представителей семейства Беличьи.

**Список литературы**

- Пирс Э. 1962. Гистохимия. М.: Изд-во иностранной литературы, 962 с.
- Стрелков П.П., Ильин В.Ю. 1990. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) юга Среднего и Нижнего Поволжья // Фауна, систематика и эволюция млекопитающих. Л.: ЗИН АН СССР. С. 42-167.
- Хочачка П., Сомеро Дж. 1988. Биохимическая адаптация. М: Мир, 568 с.
- Виноградова М.С., Шестопалова Л.В. 1999. Периодические пробуждения зимнеспящих // Очерки по экологической физиологии. Новосибирск. С. 201-213.
- Шмидт-Ниельсон К. 1982. Физиология животных. Приспособление и среда. М.: Мир, 416 с.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ В СТРУКТУРЕ ГЛАЗА НАЗЕМНОГО СЛИЗНЯ  
*ARION RUFUS L.* К ПОВЫШЕНИЮ СВЕТОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

И.П. Шепелева

*Калининградский государственный университет, 236040 г. Калининград,  
e-mail: ishepeleva@mail.ru*

Наземные слизни - группа легочных моллюсков класса *Gastropoda*, которые адаптировались к жизни, как на поверхности почвы, так и в ее толще. Слизни питаются малошетинковыми червями или сочной растительностью и грибами и имеют, в основном, ночной тип активности (Пастернак, 1988).

Объект настоящего исследования – растительноядный слизень *Arion rufus* (L., 1758) (*Stylommatophora: Arionidae*) – обладает сумеречно-ночным типом активности. Днем этот моллюск находится в укрытиях на поверхности почвы или в почве. Ранним вечером он покидает свои убежища, отправляясь на поиски пищи, пребывает в активном состоянии большую часть ночи и до рассвета возвращается «домой» (Брем, 1948). Задачей работы стало исследование структурных и оптических свойств глаза *A. rufus* с целью оценки его световой чувствительности.

Парный глаз *A. rufus* расположен на дистальном конце оптического щупальца, имеет средний размер  $580 \times 540$  мкм и принадлежит к камерному типу. Чувствительность глаза составляет  $4,0 \text{ мкм}^2$  при диаметре апертуры 223 мкм, диаметре фоторецепторов 12 мкм и длине 43 мкм и при фокусном расстоянии оптической системы глаза 352 мкм. Чувствительность у животных, активных днем при ярком свете, намного ниже. Например, у переднежаберного моллюска *Littorina littorea* ее значение составляет  $0,91 \text{ мкм}^2$  (Seyer, 1992), у пчелы *Apis* sp. -  $0,318 \text{ мкм}^2$ , а у прыгающего паука *Phidippus* sp. -  $0,087 \text{ мкм}^2$  (Land, 1981). Очевидное различие в чувствительности глаз животных, имеющих разный тип активности, указывает на сформировавшиеся адаптации на уровне глаза у *A. rufus* к функционированию при невысоких уровнях освещенности предпочитаемых биотопов. Эти адаптации выражаются в увеличении диаметра апертуры и удлинении световоспринимающих частей фоторецепторных клеток.

*Работа поддержана грантом от немецкого фонда Marga und Kurt Moellgaard-Stiftung (T 130/2370/2512/12659/03).*

**Список литературы**

- Брем А.М. 1948. Жизнь животных. Т. 1. М.: Просвещение, 642 с.
- Пастернак Р.К. 1988. Жизнь животных. Т. 2. М.: Просвещение, 446 с.
- Land M.F. 1981. Optics and vision in invertebrate // Handbook of Sensory Physiology / Ed. Autrum H. Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, V. 7/6B. P. 471-592.
- Seyer J-O. 1992. Resolution and sensitivity in the eye of the winkle *Littorina littorea* // J. Exp. Biol. V. 170. P. 57-69.

## ВЛИЯНИЕ НИТРИТОВ НА ХРОНОТРОПНУЮ ФУНКЦИЮ СЕРДЦА ГРЫЗУНОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

В.И. Шерешков, Т.Е. Шумилова, И.Н. Январева

НИИ физиологии Санкт-Петербургского государственного университета,  
199034 г. Санкт-Петербург, e-mail: visher@home.ru

Изучение адаптации организма к изменяющимся факторам среды обитания, представляет одну из важнейших фундаментальных проблем современной биологии и медицины. В настоящее время организм человека и животных испытывает возрастающий прессинг различных гипоксических факторов, среди которых важное место занимают азотсодержащие ксенобиотики. Их поступление в организм с воздухом, водой и пищей может намного превышать физиологические уровни (Ажипа и др., 1990). Являясь источниками окислов азота, они могут вызывать развитие гемической и циркуляторной гипоксии (Середенко, 1987, и др.). Несмотря на важность указанной проблемы, конкретные сведения о механизмах развития нитритной гипоксии и компенсаторных реакций организма на нитриты еще мало изучены. В этой связи представленная работа посвящена сравнительному изучению влияния нитритной гипоксии на сердечную деятельность грызунов, обладающих различной степенью природной адаптации к гипоксическому воздействию.

Работа проведена на лабораторных крысах линии Wistar (40 особей массой 160-260 г) и ондатрах *Ondatra Zibethica* (4 особи массой 600-780 г). Сердечную деятельность и гемодинамику изучали электрокардиографическими и реографическими методами на наркотизированных нембуталом животных (3-4 мг/кг массы тела). Артериальное давление (АД) измеряли открытым методом через катетер, введенный в бедренную артерию. Для фармакологического анализа механизмов регуляции сердечных функций применяли адрено- и холиноблокаторы фентоламин, пропранолол и атропин, а также ганглиоблокатор бензогексоний. Гемическую гипоксию различной степени у обоих видов животных создавали введением различных доз нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ) в диапазоне от 1 до 5 мг/кг массы тела. Электрокардиограммы (ЭКГ) и реограммы (РГ) регистрировали с помощью портативного электрокардиографа ЭКГ-Н, снабженного магнитной записью, а также на компьютерной электрофизиологической установке. При оценке результатов определяли параметры зубцов и кардиоинтервалов ЭКГ, а также их распределение и спектральные характеристики (Баевский и др., 1984, 2001). Обработка и анализ полученных данных проводили по программе Cardio-99. Статистические данные получены с использованием программы MsExcel.

Результаты проведенных исследований показали, что введение нитрита может оказывать значительное влияние на сердечно-сосудистую систему крыс, ответной реакцией которой является ряд выраженных фазных изменений хронотропной функции сердца на фоне резкого уменьшения АД. Первоначальной реакцией на введение средней дозы нитрита (3 мг/кг массы) является быстрое падение в течение 1-2 минут АД от  $118 \pm 4.1$  до  $56 \pm 3.2$  мм рт.ст ( $P < 0.05$ ). Латентный период этой гемодинамической реакции сокращается при увеличении дозы  $\text{NaNO}_2$ , однако ее характер и скорость уменьшения давления не зависят от концентрации нитрита. Следующей фазой ответной реакции сердечно-сосудистой системы на нитрит является развитие синусовой брадикардии, которая возникает на фоне низкого АД и может сопровождаться более или менее значительными изменениями параметров и конфигурации зубцов и интервалов ЭКГ. При этом глубина брадикардии в значительной степени зависит от количества введенного нитрита. При низких концентрациях нитрита (1 мг/кг массы) продолжительность брадикардии у крыс может достигать 20-40 мин, после чего наблюдается восстановление ритма пульса до исходного уровня. В эту фазу воздействия заметным изменениям подвержен диастолический интервал Т-Р, наблюдаются также

небольшие увеличения интервалов P-Q, QRS, Q-T. При высоких дозах нитрита (5 мг/кг) синусовая брадикардия развивается более интенсивно и может продолжаться более 60-90 мин. При возникновении глубокой брадикардии наблюдается некоторое возрастание зубца P, а также более значительное увеличение амплитуды желудочкового комплекса QRS. В этот период могут происходить также отклонения сегмента ST от изоэлектрической линии, а также значительное расширение зубца T.

При больших концентрациях нитрита через 60-120 минут брадикардия у крыс сменяется следующей фазой – тахикардией. Эта фаза хронотропной функции сердца наблюдается на фоне постоянного уровня низкого кровяного давления величиной 38-45 мм рт.ст. В этот период времени наблюдаются наиболее значительные изменения параметров элементов ЭКГ: существенное уменьшение интервала Т-Р, снижение амплитуды зубца Р, сильное расширение и уплощение зубца Т, а также значительное отклонение сегмента S-T выше или ниже изоэлектрической линии.

При введении наркотизированным ондатрам NaNO<sub>2</sub> дозой 3 мг/кг массы в начальный период времени в течение 5-10-й минут эксперимента у животных наблюдалось некоторое возрастание ЧСС от 270±12.1 уд/мин до 288±12.4 уд/мин ( $P<0.05$ ), в последующий период времени ЧСС быстро возвращалась к исходному уровню, на котором удерживалась более 1 ч до окончания опыта. В этой постановке эксперимента брадикардия, как и заметные изменения элементов ЭКГ у наркотизированных ондатр не отмечались.

Полученные данные показывают, что возникновение нитритной гипоксии у крыс имеет значительные отличия от развития гипоксической гипоксии. Наиболее существенная разница заключается в первой фазе развития гипоксического состояния. Так, развитие острой гипоксической гипоксии начинается по типу возникновения стрессорной реакции, сопровождающейся повышением кровяного давления, усилением вентиляции легких, тахикардией с соответствующими изменениями элементов ЭКГ, а также другими реакциями, направленными на улучшение кислородного обеспечения организма. Далее во второй фазе гипоксического воздействия развивается брадикардия, сначала синусовая, а затем - желудочковая, часто с миграцией пейсмекера в нижележащие отделы проводящей системы сердца. Патогенез подобных изменений ЭКГ связывают со сдвигами нервной регуляции сердечной деятельности, со значительным усилением ваготонического влияния. В дальнейшем развитие гипоксического состояния идет по пути восстановления синусового ритма, повышения ЧСС, что, видимо, связано с гипоксической денервацией и освобождением сердца от парасимпатических влияний. В заключительной фазе гипоксических изменений ЭКГ формируются терминальные формы биоэлектрической активности: смещение сегмента S-T ниже, а затем – выше изоэлектрической линии, слияние комплекса QRS с зубцом Т, замедление проведения возбуждения в проводящей системе сердца и т.д., что объясняется прямым воздействием гипоксии на сердечную мышцу.

При нитритном воздействии первая фаза реакции организма крыс на гипоксический стрессорный стимул отсутствует, и вследствие быстрого падения кровяного давления и наступления гипоксического состояния, начинается развитие синусовой брадикардии, соответствующей второй фазе гипоксического режима сердечных функций. Важную роль в возникновении и развитии брадикардии при нитритной гипоксии играют парасимпатические влияния. У атропинизированных крыс введение нитрита не приводило к развитию заметной брадикардии. Во второй фазе развития нитритной гипоксии вслед за брадикардией развивается синусовая тахикардия, при этом величина ЧСС возрастает на 30-50% по сравнению с исходной величиной. Тахикардия могла быть также вызвана на фоне нитритной гипоксии при введении α-адреномиметиков мезатона или норадреналина, а также блокирована активным ганглиоблокатором бензогексонием, что указывает на роль симпатических влияний в этих процессах. В третьей фазе нитритного воздействия, которая наступает при введении

значительных доз  $\text{NaNO}_2$  (5 мг/кг массы) на 90-120 минутах гипоксического состояния конфигурация зубцов и длительности интервалов ЭКГ претерпевают существенные изменения, характерные для заключительной фазы воздействия гипоксической гипоксии.

Анализ показателей вариабельности сердечного ритма показывает, что при нитритной гипоксии у крыс гистограммы распределения кардиоинтервалов смещаются в начальной фазе гипоксического состояния в сторону увеличения R-R интервалов от 154 мс до 195 мс, а в конечной фазе гипоксии – в сторону уменьшения до 132 мс. При этом спектральные характеристики изменений (R-R) интервалов выявляют образование низкочастотных колебаний в диапазоне 0.3-1 Гц, или «медленных волн», свидетельствующих об усилении парасимпатических влияний (Баевский, Иванов, 2001).

Полученные данные показывают, что в результате нитритного воздействия у крыс наступает гипоксическое состояние, которое по своему фазовому характеру сходно с гипоксической гипоксией за исключением ее начального периода. Происходящие при этом преобразования элементов ЭКГ обусловлены изменениями в нейро-рефлекторной и гуморальной регуляции сердечной деятельности. Они возникают в результате изменений тонуса центров вагуса и симпатических влияний на сердце, включая и гуморальные сдвиги, обусловленные симпато-адреналовой системой. Что же касается природно-адаптированных к гипоксии ондатр, на которых нитрит натрия не оказывает столь выраженного гипоксического воздействия по сравнению с крысами, то есть основания считать, что в характере регуляторных влияний на сердечно-сосудистую систему родственных видов возможно проявление видоспецифических черт, зависящих от экологической специализации вида (Галанцев, 1988).

#### **Список литературы**

Ажипа Я.И., Реутов В.П., Каюшкин Л.П. 1990. Экологические и медико-биологические аспекты проблемы загрязнения окружающей среды нитратами и нитритами // Физиология человека. Т. 16. № 3. С. 131-149.

Баевский Р.М., Иванов Г.Г. 2001. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. № 3. С. 108-126.

Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. 1984. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 224 с.

Галанцев В.П. 1988. Адаптация сердечно-сосудистой системы вторичноводных амниот. Л.: Изд-во. ЛГУ, 200 с.

Середенко М.М. 1987. Механизмы развития и компенсации гемической гипоксии. Киев: Наук. думка, 287 с.

#### **АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КЛЕТОЧНЫХ СТРУКТУР ПОЧКИ КРАСНОЩЕКИХ СУСЛИКОВ В УСЛОВИЯХ ГИПОТЕРМИИ**

Л.В. Шестопалова, В.А. Лавриненко, М.С. Виноградова

Новосибирский государственный университет, 630090 г. Новосибирск,  
e-mail: phisiol@fen.nsu.ru

Одной из актуальных проблем современной биологии является адаптация физиологических систем организма к меняющимся условиям среды. В настоящее время имеет большое значение исследование изменений метаболизма при переживании неблагоприятных условий существования. Особую значимость эта проблема приобретает в связи с освоением северных широт, запросами медицинской практики. Для ре-

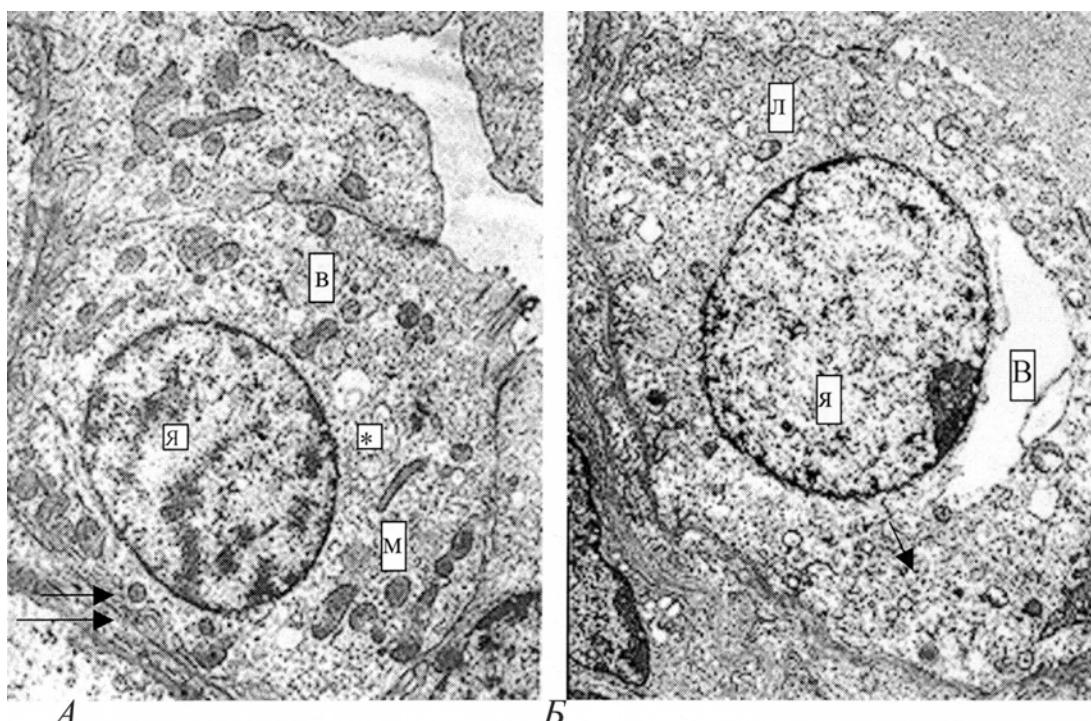
шения этих задач могут быть применены самые разнообразные подходы, среди которых особое место занимает уникальная природная модель гипотермии – зимняя спячка (гибернация) млекопитающих. Факторы, обеспечивающие наступление зимней спячки могут быть как экзогенными, так и эндогенными. К экзогенным факторам относят снижение температуры окружающей среды, изменение пищевого режима, газового состава норы, колебания атмосферного давления, продолжительность светового дня (Калабухов, 1985; Ахременко, 1995). Важную роль в наступлении гибернации играют внутренние факторы, такие как специфические белки спячки (HP-20, -25, -27, -55), обнаруженные в крови и спинномозговой жидкости бурундука (Sekijuma, Konob, 1997; Takamatsu et al., 1997). Огромное значение для возникновения и протекания зимней спячки имеет состояние гормональных систем, прежде всего, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной и надпочечниковой. Накопление некоторых веществ (токоферола, аскорбиновой кислоты), изменение уровня нейромедиаторов (серотонина) закономерно отмечается в организме зимоспящих (Попова, 1987).

Угнетение жизнедеятельности организма, носящее сезонный циклический характер, особенно ярко выражено у грызунов, впадающих в зимнюю спячку. Адаптация к условиям гибернации сопровождается изменением многих физиологических параметров – снижается уровень окислительного метаболизма, значительные изменения претерпевает углеводный обмен, наблюдается резкое замедление частоты дыхательных движений, сердечных сокращений. Исключением не является и водно-солевой обмен. Так, переход в торpidное состояние вызывает увеличение концентрации ряда ионов (магния, кальция, калия) в плазме крови, повышается концентрация мочевины в крови, возрастает осmolальность внутренней среды. Во время зимней спячки уменьшается количество мочи, а концентрация ее значительно возрастает. При холодовой адаптации большое значение имеют процессы, протекающие на клеточном уровне. В условиях гипотермии выявляются существенные изменения различных тканевых структур. Целью настоящей работы было изучение морфогистохимических и ультраструктурных особенностей почек гибернантов на примере краснощекого суслика (*Citellus erythrogenys* Brandt). Зимняя спячка у этого вида грызунов продолжается 7-8 месяцев в году. Исследовались почки животных, находившихся в состоянии активности (июнь, июль) и торпидности (февраль). Использовались общепринятые электронномикроскопические, гистологические и гистохимические приемы – окраска по методу Хейла и постановка Шик-реакции, позволяющие выявить гликозаминогликаны (ГАГ) разной природы.

При микроскопическом исследовании почек краснощеких сусликов в летний и зимний периоды на поперечном разрезе почки отчетливо различаются корковое и мозговое вещество. Сосочек широкий, но не удлиненный. В субкапсулярной полосе коры насчитывается примерно в три раза больше клубочков, чем в юкстамедуллярной зоне. Почечные тельца активных грызунов имеют отчетливо выраженную подкапсулярную щель, кровеносные капилляры довольно широкие, сосудистый клубочек выглядит рыхлым. Канальцевые структуры имеют строение, типичное для почки млекопитающих. Основными структурными единицами, образующими зону мозгового вещества почки от основания почечной пирамиды до ее вершины являются тонкая часть петли Генле с ее восходящим и нисходящим отделами и собирательные трубки. Между канальцевой системой располагаются интерстициальные прослойки, пронизанные сосудами.

Ультраструктурное исследование эпителия собирательных трубок летних животных также не вывило существенных видовых особенностей в строении клеток по сравнению с таковыми у эутермных грызунов. Эпителиоциты кубической или цилиндрической формы, покрытыми многочисленными микроворсинками, обладают высокой способностью к регенерации.

дрической формы, апикальная мембрана имеет короткие редкие микроворсинки. В базальной плазмолемме выявлена густая складчатость (рис. 1А). На латеральных поверхностях отмечены плотные межклеточные контакты и интердигитации. Ядро округлое, крупное с дисперсно расположенным гетерохроматином. В цитоплазме имеется большое количество органелл: митохондрии с плотно упакованными кристами; множество везикулярных структур, расположенных преимущественно в надядерной части клетки; пластинчатый комплекс (ПК) чаще всего представлен небольшими стопками (1-2) слегка расширенных цистерн, в его области имеются немногочисленные везикулы; короткие расширенные профили шероховатой эндоплазматической сети (ШЭПР); рибосомальные структуры.



**Рис. Эпителий собирательных трубок почки краснощекого суслика. А- летний период, ув. х 4.2 тыс.; Б - зимний период, ув. х 6.1 тыс. Я – ядро, м – митохондрии, в – везикулярные структуры, (\*) – пластинчатый комплекс, (↑↑) – базальная исчерченность, В-вакуоль с электронно светлым содержимым, л – лизосомы, (↑) – гликоген.**

В целом, ультраструктура эпителиоцитов собирательных трубок животных весенне-летнего периода свидетельствует о функциональной активности.

Переход в состояние гибернации приводит к достоверному изменению диаметра почечных телец, отмечается увеличение щели и уплотнение клубочка. Подобные изменения могут быть связаны со снижением клубочковой фильтрации и уменьшением выделяемой мочи. Васкуляризация сосочка уменьшается, ширина интерстициальных прослоек увеличивается. Отношение площади просвета собирательных трубок к окружающей ткани больше у зимоспящих, что предопределяет меньшую интенсивность реабсорбции воды.

Электронномикроскопическое изучение эпителия собирательных трубок выявило значительные изменения в клетках: эпителиоциты уплощаются, теряется базальная складчатость, что приводит к уменьшению площади поверхности клеток (рис. 1Б). Ядра светлые с пристеночно расположенным гетерохроматином. Чаще, чем летом, в срез попадает активное ядрышко. Больше, чем в летних клетках присутствует лизосомальных структур, обнаруживаются скопления электронно-плотных включений, по-видимому, гранул гликогена. ПК мало изменен. Встречаются клетки с круп-

ными электронно светлыми вакуолями. Отмечено отсутствие везикулярных структур, характерных для клеток собирательных трубок летнего периода.

Полученные данные позволяют предположить, что в период гипотермии происходит изменение функциональной направленности клетки в сторону запасания веществ.

Особое внимание обращалось на распределение гликозаминогликанов в сосочке почки. Известно, что в регуляции потока воды через структуру мозгового вещества почки наряду с изменением проницаемости апикальной мембранны эпителия собирательных трубок значительная роль принадлежит вазопрессин-зависимой деструкции ГАГ, окружающих собирательные трубы и входящих в состав гликокаликса.

В активный период в почке сусликов Хейл–позитивный материал выявляется в сосудистых клубочках и в виде апикальной выстилки в восходящих отделах петель Генле, дистальных канальцах и некоторых собирательных трубках. При окраске коллоидальным железом некоторое количество кислых гликозаминогликанов выявляется в средней трети сосочка почки

У спящих сусликов сохраняется Хейл-положительная окраска сосудистых клубочков и выявляются значительные количества ГАГ в интерстиции сосочка. Изменяется соотношение сульфатированной и несульфатированной фракций. Использование гиалуронидазного контроля доказывает, что в активный период ГАГ представлены в основном несульфатированными формами, тогда как во время спячки выявляются и сульфосодержащие ГАГ. Можно допустить, что в период торpidности у животных, испытывающих недостаток солей, гликозаминогликаны и другие макромолекулы интерстициальной ткани являются потенциальными депо натрия и других катионов.

Шик-положительную реакцию дают базальные мембранны на протяжении всего нефrona, некоторое количество зернистости выявляется в собирательных трубках. Значительно увеличивается содержание Шик-положительной зернистости в эпителии собирательных трубок средней трети сосочка у грызунов во время спячки, что, возможно, свидетельствует о накоплении гликогена. Эти изменения, по-видимому, связаны с блокированием углеводного обмена во время зимней спячки.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют об адаптации клеточных структур почек краснощеких сусликов к функционированию в условиях гипотермии.

### **Список литературы**

Ахременко А.К. 1995. Стратегия выживания зимоспящих организмов в условиях холодного климата // Экология популяций: структура и динамика. Мат. Всеросс. совещ. М. Ч. 2. С. 790-799.

Калабухов Н.И. 1985. Спячка млекопитающих. М.: Наука, 260 с.

Попова Н.К. 1986. Серотонин и зимняя спячка // Эволюционные аспекты гипобиоза. Л.: Наука, Ленинградское отд. С. 25-31.

Шестопалова Л.В., Виноградова М.С. 2003. Эпителий двенадцатиперстной кишки в зимних условиях у представителей семейства беличьих // Организм и среда. Новосибирск: СО РАМН. С. 113-128.

MacDonald J., Storey K. 1999. Regulation of ground squirrel Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPase activity by reversible phosphorylation during hibernation // Biochem Biophys Res Commun. V. 254. № 2. P. 424-429.

Sekijuma T., Konob N. 1997. Existence of hibernation-specific proteins in the brain of chipmunks: Pap. 68<sup>th</sup> Annu. Meet. Zool. Soc. Jap. Nara // Zool Sci. V. 14. Suppl. P. 118.

Takamatsu N., Kojima M., Tahiyama M. et al. 1997. Expression of Multiple α1-antitrypsin-like genes in hibernating species of the squirrel family // Gene. V. 204. № 1-2. P. 127-132.

## ВЛИЯНИЕ СЫРОЙ НЕФТИ НА БАКТЕРИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Я. Шивокене, Л. Мицкенене, З. Восилене

Институт экологии Вильнюсского университета, LT-08412 Литва, г. Вильнюс,  
e-mail: syvo@ekoi.lt; mick@ekoi.lt

Создана широкая концепция трофической роли бактерий в обеспечении питания различных животных. Большая часть их, размножаясь за счет расщепления недоступных для животных субстратов, сами становятся компонентом питания. Другая часть выполняет двойную функцию – выделение продуктов метаболизма нужных хозяину и трофолитическую помочь ему. Представители этой части микрофлоры – истинные симбионты, находящиеся с хозяином в мутуалистических отношениях. Вскрытые закономерности существенно расширяют и углубляют экологические концепции мутуализма, как формы межпопуляционных отношений в экосистемах. Известна факторная обусловленность формирования микробных комплексов. В качестве детерминирующих факторов установлены – окружающая среда, возраст, физиологическое состояние, экологический диапазон пищи. Изучена также роль кишечной микрофлоры в пищеварении рыб, моллюсков, речных раков и других ракообразных в связи с численностью микроорганизмов в среде их обитания и экзомикрофлорой, составом пищи гидробионтов, спектром и интенсивностью питания. Общая численность бактерий подвержена значительным колебаниям, зависящим от антропогенного воздействия на микроорганизм. Выявлено что, бактериоценозы пищеварительного тракта гидробионтов при всем своем разнообразии представлены бактериями, попадающими и развивающимися безотносительно от процесса симбиоза, и специфическими формами, характеризующимися сравнительным постоянством и доминантностью присутствия в пищеварительном тракте гидробионтов (Шивокене, 1989; Cahill, 1990; Мицкенене, 1992; Ringø, Birkbeck, 1999).

Няфтяные углеводороды – неотъемлемая часть любой хозяйственной деятельности. Путями транспорта нефтяных углеводородов в водоемы могут быть как естественные водотоки, так и береговой сток, формирующийся за счет дождевых и талых вод. Возможно поступление углеводородов и с атмосферными осадками. Естественный источник образования углеводородов и их производных – высшая водная растительность, а единственный компонент водных экосистем, способный к разрушению нефтяных углеводородов и введению их в естественный круговорот органического вещества – микроорганизмы (Ильинский и др., 1998).

Главным и достаточно обоснованным нами доказательством является выявление в специальных экспериментах действия загрязнителей различного происхождения ха количественное содержание и функциональную деятельность бактериальных популяций ценозов содержимого пищеварительного тракта гидробионтов (Šuvokienė, Mickēnienė, 1999; Voverienė et al., 2002; Šuvokienė, Mickēnienė, 2004).

Целью настоящей работы было изучение влияния сырой нефти на бактериоценоз пищеварительного тракта сеголеток радужной форели.

Токсикологические и микробиологические исследования рыб проводились в 2003 г. в экспериментальной аквариальной Института экологии Вильнюсского университета. Для опыта брали 40 штук сеголеток радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) из рыбзавода «Жеймена», и в течение двухнедельной адаптации рыбы содержались в бассейнах. После адаптации опытные рыбы переносились в аквариумы 100 л емкости. Эксперимент состоял из следующих вариантов по 10 рыб: контроль; и 3 ва-

рианта под воздействием рыб 1.73 г/л сырой нефтью (LC 50) продолжительностью 24, 48, 96 ч. Для экотоксикологического исследования сырую нефть брали из нефтепредприятия Мажейкий (Литва). Исследовался токсический эффект суммарной сырой нефти на бактериоценоз кишечника рыб.

Изучение численности и состава микрофлоры, анализ по функциональным группам проводили методом посева на плотные питательные среды (Кузнецов, Дубинина, 1989). Перед микробиологическим исследованием рыб промывали стерильной водой, посев на питательные среды поверхностный по 0.1 мл различных разведений содержимого кишечника в трех повторностях. Для учета гетеротрофных бактерий применяли рыбо-пептонный агар, для протеолитических – молочный агар, для углеводородрасщепляющих бактерий – среду Ворошиловой и Диановой. Источником углевода служила сырая нефть (2 мл на литр среды). Контролем была та же среда, только без сырой нефти. Бактерии выращивались 5-10 дней в термостате при температуре 20-22<sup>0</sup>С. Выросшие на средах колонии подсчитывали и определяли их численность в 1 г сырого содержимого кишечника.

Полученные нами данные показали, что бактериоценоз пищеварительного тракта радужной форели содержит совокупность различных по функциональной деятельности бактерий, что совпадает с данными других исследователей (Ringø et al., 1995). В проведенном нами эксперименте установлено, что в бактериоценозе кишечника контрольных рыб находятся углеводородрасщепляющие бактерии, численность которых близка численности гетеротрофных бактерий (рис.).

Ранее нами проведенные исследования на рыбах в естественных условиях показали, что, несмотря на вид и спектр их питания в бактериоценозах кишечников этих рыб, была обнаружена значительная численность углеводородрасщепляющих бактерий (Voverienė et al., 2002). Их численность в содержимом кишечника рыб колебалась от 10<sup>3</sup> до 10<sup>8</sup> колоний формирующих ед./г и зависела от вида рыб и загрязненности среды углеводородами. Обнаружено, что углеводородрасщепляющие бактерии, выделенные из кишечника радужной форели, принадлежали родам *Pseudomonas* и *Aeromonas*, и доминировали последние.

При воздействии сырой нефтью, спустя 24 часа, в пищеварительном тракте радужной форели более выраженных изменений не было отмечено.

Численность бактерий

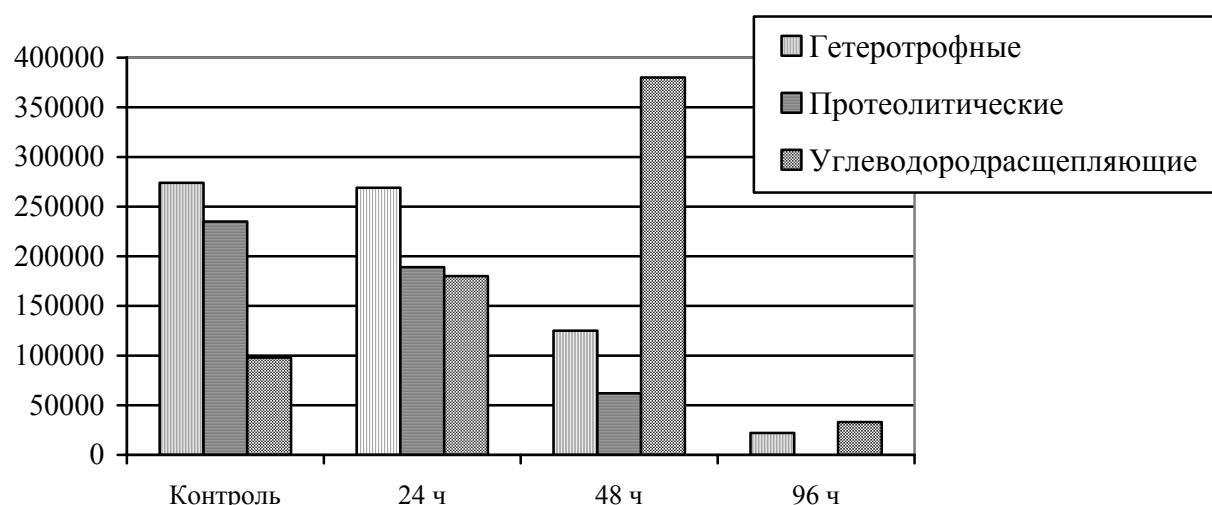


Рис. Влияние сырой нефти на численность бактерий в пищеварительном тракте радужной форели.

При увеличении воздействия сырой нефтью (48 часов) в бактериоценозе исследованных рыб установлено значительное увеличение численности углеводородрасщепляющих бактерий, по сравнению с таковым показателем в контроле. При этом выявлено снижение численности важнейших, в аспекте пищеварения, для бактериоценоза кишечника рыб гетеротрофных и протеолитических бактерий. После 4-х суточного воздействия на рыб сырой нефтью микробиологические исследования показали полное нарушение бактериоценоза кишечника: полностью исчезли протеолитические бактерии, значительно уменьшилась численность гетеротрофных и даже углеводородрасщепляющих бактерий. Прежние наши исследования на двустворчатых моллюсках показали, что после воздействия на них сырой нефтью бактерии кишечника моллюсков были менее чувствительными, чем у рыб (Šuvokienė, Mickēnienė, 2004). Численность углеводородрасщепляющих бактерий в пищеварительном тракте моллюсков после воздействия сырой нефтью (4ррт) также значительно увеличилась по сравнению с контролем. В начальной стадии эксперимента, до воздействия моллюсков сырой нефтью, углеводородрасщепляющие бактерии от общей численности бактерий кишечника моллюсков составляли 0.2%, а после воздействия – 3.9%. Доказано, что увеличение численности углеводородрасщепляющих бактерий в водных экосистемах является последствием загрязнения нефтью и ее продуктами (Leahy, Colwell, 1990; Kämpfer et al., 1993). Однако численность углеводородрасщепляющих бактерий в этом плане является важным биоиндикатором загрязнения. Нами проведенные исследования приводят к суждению, что расщепление углеводородов происходит не только водными бактериями, но и за счет бактерий, обитающих в экосистеме пищеварительного тракта гидробионтов.

#### Список литературы

- Ильинский В.В., Поршнева М.Н., Семененко М.Н. 1998. Углеводородокисляющие микроорганизмы в прибрежных и открытых водах Можайского водохранилища: активность и вклад в процессы естественного очищения в летний период // Водные ресурсы Т. 25. Вып. 3. С. 335-338.
- Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. 1989. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 226 с.
- Мицкенене Л.М. 1992. Микрофлора пищеварительного тракта речных раков и ее связь с питанием. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Минск. 22 с.
- Шивокене Я. 1989. Симбионтное пищеварение у гидробионтов и насекомых. Вильнюс: Мокслас, 222 с.
- Cahill M.M. 1990. Bacterial flora of fishes: a review // Microb. Ecol. V. 19. P. 21-41.
- Kämpfer P., Steiof M., Becker P.M., Dott W. 1993. Characterization of chemoheterotrophic bacteria associated with in situ bioremediation of waste-oil contaminated site // Microb. Ecol. V. 26. P. 161-188.
- Leahy J.G., Colwell R. 1990. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment // Microbiol. Rev. V. 54. P. 305-315.
- Ringø E., Strøm E., Tabachek J.-A. 1995. Intestinal microflora of salmonids: a review // Aquacut. Res. V. 26. P. 773-789.
- Ringø E., Birkbeck T.H. 1999. Intestinal microflora of fish and fry: a review // Aquacult. Res. V. 30 № 2. P. 73-93.
- Ringø E., Olsen J. 1999. The effect of diet on aerobic bacterial flora associated with intestine of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) // J. Appl. Microbiol. V. 86. P. 22-28.
- Šuvokienė J., Mickēnienė L. 1999. Micro-organisms in the digestive tract of fish as indicators of feeding condition and pollution // ICES J. Mar. Scien. V. 56 (Suppl.). P. 147-149.
- Šuvokienė J., Mickēnienė L. 2004. Impact of crude oil on bacteriocenosis of the digestive tract of mollusks // Environ. Toxicol. V. 19. № 5. P.421-424.

Voverienė G., Mickėnienė L., Šyvokienė J. 2002. Hydrocarbon-degrading bacteria in the digestive tract of fish, their abundance, species composition and activity // J. Acta Zoologica Lithuanica. V. 12. P. 333-340.

## **ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНОЙ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**

Е.Н. Шилова, И.М. Донник

*Уральская государственная сельскохозяйственная академия,  
620000 г. Екатеринбург, e-mail: vasya\_906@front.ru*

В последние годы исследователи накапливают все больше сведений о ключевой роли иммунной системы в развитии многих патологических процессов. С развитием техногенной цивилизации прессинг антропогенного фактора на живые организмы растет, что, несомненно, приводит к увеличению числа иммунодепрессивных состояний различной природы, а, следовательно, к увеличению как инфекционных, так и не инфекционных, в том числе лимфопролиферативных заболеваний у животных.

В связи с этим, в различных регионах могут быть свои, отличные от других, параметры иммунных показателей, которые необходимо принимать за «норму». Поэтому в настоящее время на территории Уральского региона постоянно проводится иммуноморфологический мониторинг разных видов животных.

В Свердловской области один из наиболее неблагополучных в экологическом плане является Каменский район, территория которого расположена в зоне ВУРСа с уровнем загрязнением по стронцию-90 от 0.5 до 2 (в отдельных местах до 5) Кү/м<sup>2</sup>, там же концентрируется большое количество промышленных предприятий, в 5-15 км от которых расположено 30 МТФ. В данном районе, по сравнению с относительно «чистыми» Красноуфимским, Сысерским, Нижнесергинским районами, на фоне значительного загрязнения окружающей среды в организме животных кумулируется множество солей тяжелых металлов, радионуклидов, что существенно отражается на гематологических показателях, иммунологическом статусе, заболеваемости, продуктивности и качестве животноводства.

Нами проведена оценка состояния кроветворной системы у крупного рогатого скота в возрасте 3-5 лет в территориях комплексного техногенного загрязнения и территориях относительного экологического благополучия. Гематологические исследования проб крови включали определение гемоглобина (методом Сали), эритроцитов, лейкоцитов по общепринятым методикам в счетной камере Горяева. Лейкограмму выводили при подсчете в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе (Симонян, Хисамутдинов, 1995). Иммунологические исследования проводили по тестам I и II уровня, предусмотренных для двухэтапного иммунологического мониторинга в экологически неблагополучных территориях (Хайтов и др., 1995).

Общее клиническое состояние исследуемых животных находилось в пределах физиологической нормы: не отмечали клинических изменений по отношению к общепринятым нормативам со стороны желудочно-кишечного тракта, температуры тела, частоты пульса и дыхания, состояния видимых слизистых оболочек, лимфатических узлов, упитанности.

Проводя сравнительный анализ полученных данных гематологического исследования, можно отметить, что, по сравнению с общепринятой физиологической нормой по Кудрявцеву и др. (1974), значения большинства показателей у коров из терри-

торий т.н. «экологического риска» находятся на нижней границе нормы, и даже ниже ее. Так, показатели «красной крови» у животных из территорий комплексного техногенного и радиационного загрязнения содержание гемоглобина и эритроцитов - ниже среднего нормативного значения в 1.2 и 1.4 раза соответственно и выходят за нижние границы нормы. Также у данных животных отмечено низкое содержание лейкоцитов: ниже среднего значения общепринятых показателей в 1.5 раза; достоверно ниже, чем у коров из территорий относительного экологического благополучия – на 18%.

В лейкоцитарной формуле у коров из территорий, загрязненных промышленными выбросами, отмечено повышение относительного содержания эозинофилов – в 1.64 раза по сравнению с коровами из экологически благополучных зон, что, вероятно, связано с прессингом ксенобиотиков, а содержание молодых клеток и моноцитов находилось на нижнем пределе общепринятых физиологических значений.

Выявлены также достоверные различия в значениях иммунологических показателей по сравнению с животными, содержащимися в более благополучных в экологическом плане территориях. Особенно данные изменения касаются клеточного звена иммунной системы, так, содержание Т-лимфоцитов у коров в территориях экологического риска составляло 0.92 тыс./мкл, что в 2.3 раза ниже, чем у животных, содержащихся в зонах относительного экологического благополучия.

Поскольку показатели иммунной системы довольно динамичны, значимость при оценке состояния иммунной системы приобретают соотношения популяций иммунокомпетентных клеток, а не только их абсолютные количества (Лебедев, Понякина, 1990). Поэтому, кроме количества иммунокомпетентных клеток, мы определяли соотношение Т- и В- лимфоцитов (**T/B**) и лейкоцитарный Т-индекс (**ЛТИ**). Такие индексы используются в гуманитарной иммунологии для оценки степени иммунодефицита у людей (Караулов, 1999). О недостаточности Т-клеточного звена у коров из территорий комплексного техногенного загрязнения свидетельствует низкое значение индекса **T/B** (0.95 у.е.) и лейкоцитарного Т-индекса (8.1 у.е.).

Уровень циркулирующих иммунных комплексов (**ЦИК**) косвенно подтверждает наличие ксенобиотической нагрузки на организм животных (Логинов и др., 1999). У коров из зон радиоактивного и техногенного загрязнения содержание **ЦИК** было значительно выше, чем у коров из других районов – в 1.9 раз и составило 192.7 у.е.

Показанные изменения могут являться адаптацией - универсальной реакцией организма на воздействие факторов окружающей среды, процессом приспособления организма к изменяющимся условиям среды. Однако, увеличение числа иммунопатологических состояний популяций в изучаемом регионе, изменение их качественных характеристик, увеличение количества крайних (низких или высоких) иммунологических параметров свидетельствует о неблагоприятных процессах, снижении адаптивных возможностей и развитии иммунопатологических состояний.

### Список литературы

Клиническая иммунология. 1999. М.: Мед. информ. агентство, 185 с.

Лебедев К.А., Понякина И.Д. 1990. Иммунограмма в клинической практике. М.: Наука, 224 с.

Логинов С.И., Смирнов П.Н., Трунов А.Н. 1999. Иммунные комплексы у животных и человека: норма и патология / РАСХН. Сиб. Отд-ние. ИЭВСиДВ. Новосибирск, 200 с.

Оценка иммунной системы при массовых обследованиях: Методические рекомендации // Иммунология. 1992. № 6. С.51-62.

Симонян Г.А., Хисамутдинов Ф.Ф. 1995. Ветеринарная гематология. М.: Колос, 104 с.

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В МОНИТОРИНГЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Г.В. Шляхтин, А.П. Терновой

*Саратовский государственный университет, 410026 г. Саратов*

*e-mail: aternvoy@yandex.ru*

За последние 10 лет резко возросло количество и мощности источников электромагнитных излучений (**ЭМИ**). Это вызвано активным внедрением радиопередающих средств связи и других источников высокочастотных устройств (**ВЧУ**), генерирующих электромагнитные излучения в диапазоне от 3 кГц до 300 ГГц.

В г. Саратове количество радиоэлектронных средств (**РЭС**) увеличилось примерно в 10 раз. Так, если в 1995 г. у нас была всего одна сотовая компания (оператор) мобильной радиотелефонной связи – Саратовская система сотовой связи (**CCCC**) стандарта NMT-450, то в настоящее время таких операторов предоставляющих услуги сотовой подвижной связи насчитывается больше – **CCCC**, НТС, МТС, Мегафон, СМАРТС, Саратов-Мобайл, Билайн. За это время число абонентов с нескольких десятков тысяч достигло более 500 тысяч, при этом постоянно увеличивается количество базовых станций беспроводного радиодоступа для достижения максимальной зоны покрытия территории г. Саратова и области.

Постоянное увеличение количества действующих **РЭС** связи вызывает дефицит частотных присвоений необходимость постепенного освоения диапазона крайне высоких частот (**КВЧ**) 30-300 ГГц, как наиболее перспективного по возможности передачи больших информационных потоков.

Для г. Саратова с его рельефом местности, характерна сложная электромагнитная обстановка из-за большого количества **РЭС** излучения, что также как и в других крупных городов России, создает электронный смог в местах проживания.

Поэтому перед специалистами экологами возникает проблема электромагнитного «загрязнения» жилых районов города, с определенными биологическими последствиями для здоровья граждан.

Целью нашей работы являлось определения влияния электромагнитного излучения 65 ГГц на гематологические показатели крови животных, обитающих вблизи жилых домов, рядом со средой обитания человека. Исследования подобного рода в г. Саратове прежде не проводились.

Исследования выполнены на 15 половозрелых крысах самцах массой 240-260 г. Животные были разделены на 2 группы по 10 и 5 крыс в каждой соответственно – контрольную и опытную. Обе группы находились в обычных условиях вивария. В качестве источника **ЭМИ КВЧ** использован генератор Г4-142 с частотой излучения 65 ГГц ( $L=4.6$  мм), мощностью 60 мкВт. Облучение боковое, в качестве антенны облучателя использовали рупорную антенну. Опыты проводились на базе лаборатории измерения ЭМП НИИМФ СГУ им Н.Г. Чернышевского. Животных помещали в стеклянной банке в экранированную камеру под воздействие **ЭМИ КВЧ** на 30 мин каждые 2 ч в течение 2-х сеансов.

Кровь в количестве 5 мл забирали из хвостовой вены каждой группы крыс на следующий день, с добавлением в пробирку 1-2 капли гепарина в качестве коагулянта. Объектом исследования являлась периферическая кровь животных из контрольной и опытной групп. Морфологические показатели крови каждой группы сопоставлялись между собой. Критерий достоверности различий рассчитывали по *t*-критерию Стью-

дента. Лабораторные анализы проводились на базе лаборатории сервисно-консультационного центра ветеринарного обслуживания университета им Н.И. Вавилова. Данные были получены через 2 часа после забора крови.

Сравнительные показатели результатов анализов приведены в таблице.

**Таблица. Показатели крови необлученных и облученных животных**

Показатели	Среднее значение $M \pm m$		
	Опыт (n=10)	Контроль (n=5)	Достоверность различий (t-критерий)
Лейкоциты	5.1±0.2	12.7 ±0.9	6.909*
Эозинофилы	4.8±0.1	4.4±0.5	0.801
Базофилы	1.0±0.1	0.6 ±0.1	2.857**
Нейтрофилы палочкообразные	3.5±0.2	3.4±0.2	0.500
Нейтрофилы сегментоядерные	37.4±0.8	28.0±0.6	7.400*
Лимфоциты	49.3±0.9	59,4±0.9	7.769*
Моноциты	4.0±0.5	4.2 ±0.1	0.400

\*достоверность различий при  $P<0.01$ , \*\* при  $P<0.05$ .

Анализ формулы крови показал, что у животных опытной группы количество лейкоцитов было в 2 раза выше, а количество лимфоцитов в 0.8 раза ниже, чем в контроле. Увеличение числа палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов по отношению к контролем указывает на проявление компенсаторной реакции, направленной на гомеостазирование функций в организме. Однако, эти процессы происходят на фоне ярко выраженной лейкопении, что свидетельствует о высокой вероятности нахождения животных в стадии острой реакции адаптации на экологически неблагоприятные условия внешней среды.

Таким образом, цифровые данные морфологических показателей крови крыс, свидетельствует о явном отклонении от нормы. Облучение приводит к изменению почти всех показателей иммунной системы грызунов: на фоне лейкопении отмечается меньшее содержание лимфоцитов, а значит снижается уровень индекса активности Т- и В-звеньев иммунитета.

Особенностью биологического действия ЭМИ КВЧ в диапазоне 65 ГГц является то, что эффект проявляется спустя некоторое время т.е. носит кумулятивный характер. Качественный анализ лейкоцитарной формулы позволяет оценить степень изменений при действии ЭМИ КВЧ, выявить различные изменения в организме в самом начале патологического процесса.

Общим итогом выполненной работы является вывод о возможности использования гематологических показателей в системе мониторинга электромагнитного излучения в качестве тест-функции здоровья окружающей среды. Вместе с тем, выполненные работы и высказанные выводы носят предварительный характер. Дальнейшие работы будут направлены на изучение обратимости физиологических реакций организма при воздействии ЭМИ КВЧ, а также других показателей иммунограммы мышевидных грызунов.

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ КИСЛОРОДА И ЛОКАЛЬНОГО КРОВОТОКА В КОРЕ МОЗГА ПРИ ОСТРОЙ НИТРИТНОЙ ГИПОКСИИ У ГРЫЗУНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ

Т.Е. Шумилова\*, Г.Б. Вайнштейн\*\*, В.Н Семерня\*\*, В.И. Шерешков\*,  
И.Н. Январева\*, А.А. Панов\*\*

\*НИИ физиологии Санкт-Петербургского государственного университета,  
199034 г. Санкт-Петербург

\*\*Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН,  
194223 г. Санкт-Петербург, e-mail: shumt@pochta.ru

Известно, что у животных в процессе эволюции в зависимости от занимаемой ими экологической ниши развились и генетически закрепились механизмы адаптации к дефициту кислорода, которые у некоторых видов (вторичноводных амниот) достигли высочайшего совершенства (Галанцев, 1977). В настоящее время живые организмы испытывают не только природные, но и антропогенные гипоксические воздействия. Значительная часть из них обусловлена увеличением содержания в окружающей среде азотсодержащих соединений, которые при поступлении в организм могут стать источниками активных форм азота (Ополь, Добрянская, 1986). В этих условиях животные, отличающиеся низкой устойчивостью к дефициту кислорода, могут оказаться более уязвимыми, чем высоко резистентные животные. Понимание механизмов действия окислов азота на организм млекопитающих имеет еще один важный аспект, поскольку существует эндогенный синтез этих веществ, являющихся важнейшим звеном регуляции кислородного гомеостазиса (Ванин, 1998). Поэтому сравнительное изучение механизмов адаптации животных, обладающих различной природной толерантностью к дефициту кислорода, вызванного окислами азота, является важнейшей задачей. Целью представленной работы было сравнительное изучение особенностей снабжения кислородом тканей коры мозга животных с низкой (лабораторные крысы) и высокой (ондатры) природной устойчивостью к гипоксии в условиях острого дефицита кислорода, вызванного донором оксида азота – нитритом натрия.

Эксперименты проводили на самцах крыс Wistar ( $n=33$ ) и ондатр (*Ondatra zibethicus*) ( $n=7$ ) массой 150-230 и 330-1060 г, соответственно. Животных наркотизировали нембуталом из расчета 3-4 мг/100 г массы. Локальный мозговой кровоток (ЛМК) измеряли с помощью полярографии методом клиренса водорода с использованием платиновых электродов диаметром 30-40 мкм и длиной свободного от изоляции конца 500-700 мкм, которые вводили в сенсомоторную кору на глубину 0.5-1.0 мм. Этот же метод использовали для измерения напряжения кислорода в коре мозга. Нитритную гипоксию создавали под кожным введением водного раствора  $\text{NaNO}_2$  из расчета 3 мг/100 г массы. Регистрацию ЛМК производили перед введением  $\text{NaNO}_2$  и через 15, 30, 45 и 60 мин после инъекции,  $p\text{O}_2$  измеряли в течение всего эксперимента.

Результаты экспериментов показали значительные видовые отличия кислородного снабжения тканей мозга в условиях острой нитритной гипоксии. Они выражаются в характере гемодинамики в коре мозга экспериментальных животных. Так, если у крыс уже в первые 15 мин нитритного воздействия ЛМК резко снижается (на 33%), то у ондатр этот показатель увеличивается (на 24%) по сравнению с исходным уровнем ( $P<0.05$ ). К 30 мин локальный мозговой кровоток у обоих видов достигает минимального уровня, составляя 50 и 70% контрольных значений, с последующим восстановлением его до 85 и 83% исходного ЛМК к 60 мин, соответственно. Известно, что гемодинамические эффекты  $\text{NaNO}_2$  обусловлены его вазодилататорным действием,

благодаря способности генерируемой им группы NO модулировать проницаемость  $\text{Ca}^{2+}$ -ионных каналов гладких мышц стенок артериальных сосудов, вследствие чего резко снижается артериальное давление и могут блокироваться местные механизмы регуляции кровоснабжения жизненно важных органов (Волин и др., 1998; Шумилова и др., 2004). Очевидно, что интенсивность проявления гемодинамических эффектов нитрита будет определяться скоростями поступления  $\text{NaNO}_2$  в кровеносное русло и выведения устойчивых форм окислов азота почками, а также емкостью NO-редуктазной системы организма. Мало вероятно, что у крыс и ондатр имеются значительные отличия в кинетике всасывания водного раствора нитрита из подкожно-жировой клетчатки в кровь, поскольку  $\text{NaNO}_2$  хорошо растворим в полярных жидкостях и быстро диффундирует через биологические мембранны (May et al., 2000). Вместе с тем хромопротеины ондатры (миоглобин, гемоглобин) обладают более выраженным гидрофильными свойствами, чем у крыс, что увеличивает их NO-редуктазную емкость, и, кроме того, у ондатр в норме выделяется с мочой в шесть раз больше устойчивых форм окислов азота, чем у крыс (Коробов и др., 1995). Это свидетельствует о значительной функциональной роли оксида азота у ныряющих животных и о существовании высоко эффективной системы элиминирования и выведения конечных продуктов обмена NO. Поэтому можно предположить, что отставание развития гиподинамической фазы **ЛМК** под влиянием  $\text{NaNO}_2$  у ондатр по сравнению с крысами вызвано более поздним достижением подавляющей ауторегуляцию **ЛМК** концентрации NO в крови в связи с большей емкостью NO-редуцирующей системы, а также в результате активации NO-редуктазных и  $\text{NO}_3^-$ -экскреторных процессов.

Зарегистрированная нами динамика локального объемного кровотока в условиях острой нитритной гипоксии сопровождалась изменениями  $\text{pO}_2$  в исследованных микрообластях мозга, которые также имели видоспецифический характер. Так, у крыс через 1-3 мин после инъекции нитрита  $\text{pO}_2$  в тканях мозга возрастало в среднем на 15% от исходного уровня. Далее, в одних микроучастках оно постепенно повышалось (на 41%), а в других понижалось (на 24%) к 45 мин с последующим соответствующим снижением до 70% и повышением до 80% его исходного уровня через 1 ч после инъекции. Аналогичные дозы нитрита у ондатр вызвали снижение  $\text{pO}_2$  сразу после инъекции во всех исследованных микрообластях коры мозга. Продолжая падать в течение 30 мин, напряжение кислорода достигало минимального уровня (63% от исходного) ( $P<0.05$ ), после чего начинало расти и к 60 мин принимало значение, равное 88% от контрольного. Отмеченные межвидовые различия  $\text{pO}_2$  в исследованных микрообластях нервной ткани отражают, по-видимому, особенности проявления механизмов адаптации экспериментальных животных к нитритной гипоксии. Известно, что у наземных млекопитающих  $\text{NaNO}_2$  и другие доноры группы NO резко снижают интенсивность потребления кислорода тканями, в том числе мозга и сердца, в результате инактивации дыхательных ферментов митохондрий (Скоромный, 1969; Маркосян, 1981; Nakagawa, 2001), а также вызывают снижение скорости отдачи  $\text{O}_2$  оксигемоглобином (Теровский, Шумилова, 2001). Поэтому уровень тканевого  $\text{pO}_2$  во время гиподинамической фазы нитритной гипоксии у крыс, по-видимому, будет зависеть от перераспределительных процессов потоков крови в микрососудистой сети коры мозга. Ранее нами было показано, что при сходной с **ЛМК** динамике средних величин линейных скоростей кровотока в микрососудах коры головного мозга крыс, мгновенные их значения в одних сосудах снижались, в других – оставались без изменения, а в части сосудов кровоток прекращался (Шумилова и др., 2004). По-видимому, полученные нами разнонаправленные изменения  $\text{pO}_2$  в исследованных микрообластях коры мозга крыс обусловлены перераспределением кровотока в микрососудистой сети

через пути, обладающие низким сопротивлением, а восстановление  $pO_2$  в конце эксперимента связано с активацией системных механизмов регуляции кровообращения.

У ондатр, в отличие от крыс, в течение первых 15 мин нитритной гипоксии на фоне увеличения объемного кровотока происходит снижение  $pO_2$ . Гипердинамическая фаза ЛМК под влиянием  $NaNO_2$  у ондатр, очевидно, связана с увеличением отношения среднего артериального давления к периферическому сопротивлению за счет умеренной дилатации нитритами питающих сосудов в течение первых 15 мин, а падение  $pO_2$  – с увеличением интенсивности аэробного метаболизма в коре мозга у ныряющих млекопитающих. На возможность этого механизма указывает то, что в условиях принудительного и добровольного ныряния кровоток в мозге ондатры может увеличиваться в 10 раз, а энергетические потребности клеток могут восполняться путем активации аэробного энергообмена (Галанцев и др., 1993). Продолжающееся падение  $pO_2$  в коре мозга ондатры в гиподинамическую fazу ЛМК свидетельствует о сохранении высокой интенсивности потребления кислорода нервными клетками на стадии блокирования нитритами местных механизмов регуляции мозгового кровотока. О способности более полной утилизации  $O_2$  тканями ондатры по сравнению в наземными млекопитающими свидетельствует то, что при длительных погружениях в воду  $pO_2$  в артериальной крови ондатр может снижаться до 10-15 мм рт.ст. (McKean, Landon, 1982). Предполагаемое сохранение высокой функциональной активности митохондрий мозга ондатр при нитритной интоксикации, возможно, связано с особенностями аминокислотного состава гемового окружения дыхательных белков митохондрий по аналогии с обнаруженными аминокислотными замещениями в дыхательных гемопротеинах (гемоглобине и миоглобине) у ондатр по сравнению с крысами (Коробов и др., 1995), а также более мощной антиоксидантной защитой у ныряющих видов (Галанцев, 1993).

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что в условиях нитритной гипоксии, которая характеризуется циркуляторным и гемическим механизмами нарушения кислородного гомеостазиса, у вторичноводных амниот в меньшей степени проявляется блокирование нитритами местных механизмов регуляции мозгового кровотока и аэробного обмена в тканях мозга по сравнению с наземными млекопитающими. Однако, механизмы столь высокой устойчивости ныряющих животных к действию окислов азота пока неясны и требуют дальнейшего изучения.

### **Список литературы**

- Ванин А.Ф. 1998. Оксид азота в биологии: история, состояние и перспективы исследований // Биохимия. Т. 63. Вып. 7. С. 867-869.
- Волин М.С., Дэвидсон К.А., Фэйнгерш Р.П., Мохазаб К.М. 1998. Механизмы передачи сигнала оксидант – оксид азота в сосудистой ткани // Биохимия. Т. 63. Вып. 7. С. 958-965.
- Галанцев В.П. 1977. Эволюция адаптаций ныряющих животных. Л.: Наука, 191 с.
- Галанцев В.П., Коваленко С.Г., Гуляева Е.П. и др. 1993. Особенности метаболизма у водных и полуводных млекопитающих при асфиксии // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Вып. 1. № 3. С. 73-80.
- Ополь Н.И., Добрянская Е.В. 1986. Нитраты. Кишинев, 115 с.
- Коробов В.Н., Климишин Н.И и др. 1995. Сравнительный анализ кислородсвязывающих и антиоксидантных свойств крови лабораторных животных и ондатры // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. Т. 31. С. 369-371.
- Скоромный Н.А. 1969. Влияние нитроглицерина, нитрита натрия и нитропентона на оксигенацию крови и напряжение кислорода в мозговой и мышечной тканях // Фармакология и токсикология. Т. 32. № 3. С. 291-293.

- Теровский В.Б., Шумилова Т.Е. 2001. Новый экспериментальный метод оценки влияния нитритов на кинетику дезоксигенации крови // Биофизика. Т. 46. Вып. 5. С. 541-544.
- Шумилова Т.Е., Левкович Ю.И., Ноздрачев А.Д. 2004. Гемодинамика в системе микроциркуляции коры мозга крыс при нитритной метгемоглобинемии // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. № 2. С. 153-157
- May J.M., Qu Zh.-Ch., Cobb C.E. 2000. Nitrite uptake and oxidant stress in human erythrocytes // Am. J. Physiol. Cell. Physiol. V 279. P. 1946-1954.
- McKean T., Landon R. 1982. Comparison of the response of muskrat, rabbit, and guinea pig heart muscle to hypoxia // Am. J. Physiol. V. 243. P. R245-R250.

## ВЛИЯНИЕ ЛАМИНИНА НА ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА КРЫСЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ

М.А. Юданов

Мордовский государственный университет, 430000 г. Саранск,  
e-mail: biotech@moris.ru

Изучение физико-химических механизмов регенерации нервной тканей после повреждения является актуальной проблемой. При изучении функционирования периферических нервных волокон особое внимание заостряют на состоянии миелиновой оболочки нерва (Ide, 1996; Челышев, Черепнев, 2001). Так, нарушения липидного обмена определяют в значительной степени ход патологических процессов в поврежденных тканях. Гормоны, нейротрофические факторы, факторы роста, а также ряд синтетических веществ стимулируют рост периферических нервных волокон. Один из широко исследуемых в настоящее время стимуляторов регенерации - ламинин. Ламинины это семейство внеклеточных матриксных гликопротеинов, локализованных в базальной мембране, которая отделяет эпителий клетки от стромы. Они являются высокоактивными биологическими молекулами: включают запуск клеточного роста и дифференцировки, рост нейронов, регенерацию нерва, восстановление ран (Malinda, Kleinman, 1996). В связи с этим, изучение продуктов липидного метаболизма, в частности лизофосфолипидов и свободных жирных кислот (**СЖК**) представляет определенный интерес.

При постановке опыта подопытным животным на один из нервов накладывали лигатуру на 24 часа. Первой группе прооперированных животных на 3 и 6 сутки внутрибрюшно вводили ламинин в дозе 0.25 мг/кг, вторая группа служила контролем. Животных выводили из эксперимента на десятые сутки.

Повреждение нерва вызывает увеличение содержания в нерве лизофосфатидилхолина (**ЛФХ**) в 3.7, а лизофосфатидилэтаноламина (**ЛФЭА**) 2.6 раза относительно контроля. Использование ламинина уменьшает содержание обоих лизолипидов. Так, доля **ЛФХ** уменьшается на 62%, а **ЛФЭА** – на 92% по сравнению с повреждением без воздействия препарата.

Ламинин в травмированном нерве приводит так же к качественным и количественным изменениям состава свободных жирных кислот. Соотношение насыщенных/ненасыщенных **СЖК** при повреждении нерва уменьшается с 3.9 до 3.3; а при действии ламинина вновь возрастает до 3.7. Общее содержание **СЖК** при этом практически не изменяется.

Подобный эффект ламинина на травмированный нерв возможно объяснить тем, что при его действии снижается активность липолитических ферментов, в частности ФЛ А<sub>2</sub>, вследствие чего уменьшается доля **ЛФХ** и содержание ненасыщенных **СЖК**, продуктов ее активности.

**Список литературы**

Чельшев Ю.А., Черепнев Г.В. 2001. Молекулярные и клеточные аспекты фармакологической стимуляции регенерации нерва // Экспериментальная и клиническая фармакология. Т. 64. № 3. С. 67-71.

Ide C. 1996. Peripheral nerve regeneration // Neuroscience Research. V. 25. P. 101-121.

Malinda K.M., Kleinman H.K. 1996. The Laminins // J. Biochem. Cell Biol. V. 28. № 9. P. 957-959.

**ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ДАЛЬНЕГОРСКОЙ ЗОНЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

Л.В. Якименко\*, И.В. Картацева\*\*, К.В. Коробицына\*\*

\**Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, 690600*

*г. Владивосток, e-mail: Lyudmila.Yakimenko@vvsu.ru*

\*\**Биологопочвенный институт ДВО РАН, 690022 г. Владивосток*

Оценка мутагенной и канцерогенной опасности загрязнений окружающей среды для человека – важнейшая прикладная задача генетики и экологии. Вместе с тем, обследование человеческих популяций очень дорого и сопряжено с целым рядом трудностей. Использование синантропных грызунов считается хорошей альтернативой. Физиологически и генетически они близки к человеку, обнаруживают сходную реакцию на мутагены. Синантропные грызуны, обитая рядом с человеком, испытывают на себе те же неблагоприятные воздействия окружающей среды (Якименко, Крюков, 1989; Гилева, 1997; Гилева и др., 1999).

На восточном побережье Приморья почти 40 лет существует зона экологического кризиса. Она сложилась в результате действия химического предприятия «Бор» (г. Дальнегорск) и расположенного в 30 км от него свинцового завода с примитивной технологией (пос. Рудная Пристань). Медико-географические исследования показали, что в конце 80-х гг. ХХ века в Дальнегорском районе отмечался один из наиболее высоких в крае уровней заболеваемости населения легочными заболеваниями, лейкозами у детей (Дальнегорск) и онкозаболеваниями (Рудная Пристань). Было показано, что атмосфера, почвы, воды этого района насыщены соединениями бора, фтора, серы и тяжелыми металлами (свинцом, кадмием, ртутью, хромом и др.) в концентрациях, превышающих ПДК в десятки раз (Экологические проблемы..., 1989). Для каждого из этих веществ известен мутагенный эффект, т.е. способность вызывать изменения в наследственном аппарате живых организмов.

Нами проведено эколого-генетическое обследование зоны, загрязняемой выбросами «Бора». Показана высокая степень мутагенной опасности завода, в непосредственной близости от которого уровень генетических аномалий возрастает в 3-10 раз (Yakimenko et al., 1994). Было начато и обследование долины р. Рудной на участке от Дальнегорска до Рудной Пристани, где действует иной, чем в Дальнегорске, комплекс загрязнителей.

В 1989-1994 гг. была составлена большая база данных, позволяющая картировать разные участки зоны экологического кризиса Дальнегорского района, сравнить мутагенную опасность разных комплексов загрязнителей. Но эти исследования были приостановлены, обработка массива полученных данных не завершена, так как в последнее 10-летие экологическая ситуация в Дальнегорском районе нормализовалась, поскольку выбросы сократились в 5 раз, что связано с фактической остановкой деятельности АО «Дальполиметалл» и резким снижением производства в ОАО «Бор». В

2002 г. начался рост производства в связи с привлечением инвестиций. Но возобновление производства осуществляется на прежней технической базе, без каких-либо реконструкций (Доклад о состоянии окружающей природной среды..., 2002). В связи с ростом загрязнения данные, полученные нами в период, когда предприятия Дальнегорского района работали на полную мощность, оказались сегодня весьма актуальны и интересны как имеющие прогностическую ценность.

Исследованы домовые (*Mus musculus*), лесные (*Apodemus peninsulae*) и полевые (*Ap. agrarius*) мыши, отловленные в трех микрорайонах, садовых участках, лесных массивах этих микрорайонов, расположенных на разном удалении от АО «Дальполиметалл» и ОАО «Бор». Использованы методы приготовления хромосомных препаратов, скрининга хромосомных аномалий, приготовления препаратов для анализа аномалий головок спермиев (АГС), методы компьютерной обработки данных. Разрабатываемые методы обладают высокой прогностической ценностью, они дешевле аналогичных обследований человеческих популяций, адаптированы к условиям Приморья, позволяют проводить экспресс-исследования после аварий, обследовать разные биоценозы. Новизна предлагаемых решений заключается в подборе видов-биоиндикаторов, модификации методики скрининга хромосомных аномалий и аномалий спермиев у грызунов, приложении методов статобработки применительно к анализу генетических аномалий.

При исследовании хромосомных нарушений учитывались следующие параметры: митотический индекс, частота анеуплоидии и полипloidии в метафазах костного мозга, частота хромосомных разрывов и пробелов, многополюсных и пульверизованных метафаз и центромерных разрывов.

В результате проведенного исследования будет: а) дана оценка мутагенной и канцерогенной опасности комплексов загрязнений в районах действия двух типов предприятий горно-рудной промышленности; б) получена информация о сравнительной резистентности разных видов грызунов к действию генотоксикантов, о видоспецифичности спектров генетических нарушений; в) картирована зона экологического кризиса Дальнегорского р-на Приморья. Ниже мы приводим первую часть полученных данных.

Мк-рн «Горбуша» (промзона завода «Бор»). Основой для эколого-генетической оценки служат домовые мыши. Обнаружен опасный, втрое превышающий норму уровень аномалий хромосом. Заметим, что здесь не оказалось животных с нормальными показателями. Кроме того, у трех мышей из 10 в этой точке обнаружена высокая частота встречаемости анеуплоидных клонов клеток, характерных, например, для лейкозных состояний. У этих трех особей соотношение клонов с  $2n=40$  (норма для домовой мыши) и анеуплоидов составила 1.5:1.

Результаты анализа АГС согласуются с хромосомными данными. Если учесть, что в норме частота АГС составляет 2-6% (по нашим и литературным данным), то в «Горбуше» частота АГС превышена в 3-8 раз, отсутствуют животные с «нормой». Кроме того, обнаружен 1 самец с отсутствием сперматогенеза, что является крайней формой нарушений.

Мк-рн «Железнодорожный» (3 км зап. «Бора»). Основные показатели при хромосомном анализе соответствуют норме. Отмечена, однако, высокая частота анеуплоидных клонов у 3-х особей из 7 изученных. Уровень АГС в 2-6 раз превышает норму. Этот микрорайон Дальнегорска менее опасен, чем «Горбуша», но мутагенная опасность явно присутствует и достаточно высока.

Мк-рн «Горелое» (10-12 км западнее «Бора»). У двух домовых мышей уровень хромосомных аномалий соответствует норме. У лесных и полевых мышей, добытых в

окрестностях этого микрорайона города – в долине ключа Резаный, показатели хромосомных нарушений и АГС близки к норме.

На садовых участках в долине р. Рудной и в пади Широкой (5 км севернее «Бора»), где сейчас планируется коттеджная застройка, эти показатели в 3-5 раз хуже нормы. Таким образом, из 5 обследованных участков только мк-рн «Горелое и его окрестности оказались не опасны для проживания людей. Полученные материалы позволяют сделать вывод, что эколого-генетический мониторинг с использованием синантропных и semi-синантропных грызунов фауны Приморья позволяет решать прикладные задачи по размещению и планированию застройки, размещению зон отдыха и сельхозобъектов.

*Работа выполнена при частичном финансировании по Программе Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине».*

### **Список литературы**

Гилева Э. А. 1997. Эколого-генетический мониторинг с помощью грызунов (уральский опыт). Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 105 с.

Гилева Э. А., Большаков В.Н., Полявина О.В. и др. 1999. О соотношении между частотой хромосомных нарушений у домовой мыши и онкозаболеваемостью населения при разных уровнях радиационной опасности // ДАН. Т. 364. № 6. С. 846-848.

Доклад о состоянии окружающей природной среды Приморского края в 2002 г. Приморского краевого комитета охраны окружающей среды.

Экологические проблемы Дальнегорского района и пути их решения. 1989. Дальнегорск, 47 с.

Якименко Л.В., Крюков А.П. 1989. Генетическая опасность техногенных загрязнений на примере ППО «Бор» // Экологические проблемы Дальнегорского района и пути их решения. Дальнегорск. С. 35-36.

Yakimenko L.V., Kartavtseva I.V., Korobitsyna K.V. 1994. Cytogenetic and sperm abnormalities in house, wood and stripped mice in vicinities of chemical and lead plant // Ecological genetics in Mammals. Abstracts of 2-nd Intern. Symposium. Lodz. P. 24.

**Список учреждений, сотрудники которых приняли  
участие в конференции**

1. Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, Россия
2. Астраханский государственный технический университет, Россия
3. Байкальский исследовательский центр, Иркутск, Россия
4. Биологический почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
5. Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия
6. Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Россия
7. Владивостокский медицинский университет, Россия
8. Воронежская государственная медицинская академия, Россия
9. Воронежский государственный университет, Россия
10. Всероссийский институт защиты растений, Пушкин, Россия
11. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия
12. Государственный агрэкологический университет, Житомир, Украина
13. Государственный природный заповедник «Шульган-Таш», Республика Башкортостан, д. Иргизлы, Россия
14. Днепропетровский национальный университет, Украина
15. Елабужский государственный педагогический университет, Россия
16. Ереванский государственный университет, Республика Армения
17. Житомирский государственный университет, Украина
18. Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия
19. Институт биологии внутренних вод РАН, пос. Борок, Россия
20. Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь, Украина
21. Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия
22. Институт биоорганической химии РАН, Москва, Россия
23. Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, Россия
24. Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан
25. Институт молекулярной генетики РАН, Москва, Россия
26. Институт общей генетики РАН, Москва, Россия
27. Институт паразитологии РАН, Москва, Россия
28. Институт прикладной экологии Севера АН РС(Я), Якутск, Россия
29. Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва, Россия
30. Институт физиологии, Баку, Азербайджан
31. Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия
32. Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
33. Институт экологии Вильнюсского университета, Литва
34. Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия
35. Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан, Казань, Россия
36. Иркутский государственный университет, Россия
37. Казанская государственная академия ветеринарной медицины, Россия
38. Казанский государственный университет, Россия
39. Казанский физико-технический институт КНЦ РАН, Россия
40. Калининградский государственный университет, Россия

41. Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Петропавловск-Камчатский, Россия
42. Карельский государственный педагогический университет, Петрозаводск, Россия
43. Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
44. Кузбасская государственная педагогическая академия, Новокузнецк, Россия
45. Лососевый рыболовный завод «Лесное» ООО «Салмо», Южно-Сахалинск, Россия
46. Марийский государственный университет, Россия
47. Мордовский государственный университет, Саранск, Россия
48. Московский государственный университет, Россия
49. Московский государственный университет технологий и управления, Россия
50. Московская сельскохозяйственная академия, Россия
51. Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Россия
52. Научно-исследовательский институт вредителей и болезней растений, Тегеран, Иран
53. Научно-исследовательский институт рыбоводства и гидробиологии Южно-Чешского университета, Водняны, Чешская Республика
54. Научно-исследовательский институт физиологии Санкт-Петербургского государственного университета, Россия
55. Новосибирский государственный университет, Россия
56. Одесский национальный университет, Украина
57. Одесский центр Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, Украина
58. Омский государственный педагогический университет, Россия
59. Пермский государственный педагогический университет, Россия
60. Петрозаводский государственный университет, Россия
61. Санкт-Петербургский государственный университет, Россия
62. Саратовский государственный университет, Россия
63. Саратовский государственный медицинский университет, Россия
64. Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции РАН, Россия
65. Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия
66. Тихookeанский океанологический институт ДВО РАН, Россия
67. Тюменский государственный университет, Россия
68. Уральская государственная сельскохозяйственная академия, Екатеринбург, Россия
69. Уральский государственный университет, Екатеринбург, Россия
70. ФГУП «ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства», пос. Рыбное, Россия
71. ФГУП «Госрыбцентр», Тюмень, Россия
72. ФГУП «НИИ Прецзионного приборостроения», Москва, Россия
73. Фонд «Технологии Телос», Москва, Россия
74. Черниговский государственный педагогический университет, Украина
75. Якутская государственная сельскохозяйственная академия, Россия

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Абдуллаева Г.М., Газиев А.Г.</b> ПАРАМЕТРЫ ЭЭГ КОРЫ МОЗГА КРОЛЬЧАТ ПОДВЕРГАВШИХСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ В ПЛОДНЫЕ ПЕРИОДЫ ПРЕНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА	3
<b>Абрамов Ю.А.</b> ТРАНС-АКТИВАЦИЯ И ТРАНС-ИНАКТИВАЦИЯ ГЕНОВ, ОПОСРЕДОВАННАЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ГОМОЛОГИЧНЫХ УЧАСТКОВ ХРОМОСОМ У <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i>	5
<b>Адамян Ц.И., Геворкян Э.С., Саркисян Н.В., Авакян С.Г.</b> ВЛИЯНИЕ КОРНЕЙ СОЛОДКИ ГОЛОЙ ( <i>GLYCYRRHIZA GLABRA</i> ) НА СОСТАВ КРОВИ КРОЛИКОВ	6
<b>Акентьева Н.А., Синицина Е.Е., Чайка С.Ю.</b> ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ЛИЧИНОК МУЧНОГО ХРУЩАКА <i>TENEBRIOS MOLITOR</i> L. (COLEOPTERA, TENEBRIONIDAE) НА РЕЦЕПТОРНЫЙ АППАРАТ АНТЕНН	7
<b>Андреева Е.М., Пономарев В.И.</b> ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ТРОФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И АКТИВНОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ МЕЖПОПУЛЯЦИОННОМ СКРЕЩИВАНИИ У НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА ( <i>LYMANTRIA DISPAR</i> L.)	9
<b>Андиевский А.М., Заморов В.В., Черников Г.Б., Кучеров В.А., Косенко С.Ю.</b> РАЗНООБРАЗИЕ КАРБОКСИЭСТЕРАЗ КАК ГЕНЕТИКО-БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ЧЕРНОМОРСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ БЫЧКА-КРУГЛЯКА И БЫЧКА-РАТАНА	11
<b>Аникин В.В.</b> ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКА БИСЕКСУАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЯДА ВИДОВ МОЛЕЙ-ЧЕХЛОНОСОК (LEPIDOPTERA, COLEOPHORIDAE)	14
<b>Анохина А.С., Михайлова Н.Н.</b> ВЛИЯНИЕ ФТОРИСТОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ	15
<b>Ануфриев А.И.</b> РИТМЫ ЗИМНЕЙ СПЯЧКИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРИ	18
<b>Ахмадиев Г.М.</b> ЯВЛЕНИЕ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ В КРОВИ НОВОРОЖДЁННЫХ ЖИВОТНЫХ. II ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРЕСС-ФАКТОРОВ НА ИХ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ	20
<b>Багиров Х.С.</b> ВЛИЯНИЕ ТИМИЧЕСКИХ ПЕПТИДОВ НА СОДЕРЖАНИЕ РЯДА БИОГЕННЫХ АМИНОВ В ГИПОТАЛАМУСЕ	22
<b>Бедова П.В.</b> К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНОИДОВ В ТКАНЯХ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ ОТ ИХ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	25
<b>Бекина Е.Н., Нефёдова И.В.</b> ДИНАМИКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕГОЛЕТКОВ ЛЕНСКОГО ОСЕТРА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА	26
<b>Беньковская Г.В., Соколянская М.П., Николенко А.Г.</b> АДАПТИВНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПРИОБРЕТЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЛИНИЯХ <i>MUSCA DOMESTICA</i> L. ПРИ СЕЛЕКЦИИ ФАКТОРАМИ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ	28
<b>Блащеница Н.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ПРИ ОЦЕНКЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ (НА ПРИМЕРЕ PERCIFORMES, CYPRINIFORMES)	29
<b>Бондаренко Л.В., Оскольская О.И.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖАБЕРНОГО АППАРАТА <i>PACHYGRAPSUS MARMORATUS</i> (FABRICIUS, 1793) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ	30
<b>Бояркина Е.Ю., Киселева Р.Е., Шляпникова З.Г., Семибраторова Н.В., Романова Е.В.</b> ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ КРОВИ УБОЙНЫХ СВИНЕЙ	33
<b>Бугаев Л.А., Рудницкая О.А., Засядько А.С.</b> СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АЗОВСКОГО СУДАКА В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД	35

<b>Бугаев Л.А., Рудницкая О.А., Засядько А.С.</b> МОНИТОРИНГ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЗОВСКОГО СУДАКА	36
<b>Бурлаков А.Б., Медведева А.А., Полуэктова О.Г.</b> СТАНОВЛЕНИЕ ГОНАДОТРОПНОЙ ФУНКЦИИ ГИПОФИЗА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ПО СПОСОБУ РАЗМНОЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП РЫБ ИЗ ОТРЯДА КАРПООБРАЗНЫХ	38
<b>Волкова А.Ю.</b> ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДИ ЛЕНСКОГО ОСЕТРА ( <i>ACIPENSER BAERII</i> BRANDT) И ГИБРИДА ЛЕНСКОГО ОСЕТРА СО СТЕРЛЯДЬЮ В САДКАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ	39
<b>Воронин М.Ю., Ермохин М.В.</b> ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ОНТОГЕНЕЗА АМФИПОД (CRUSTACEA, AMPHIPODA) В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ БАЛАКОВСКОЙ АЭС	42
<b>Гайнутдинов М.Х., Калинникова Т.Б.</b> ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ ЖИВОТНЫХ	44
<b>Гладкий Т.В., Чумаченко Л.П., Заморов В.В., Олейник Ю.Н.</b> ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РЫБ СЕМЕЙСТВА БЫЧКОВЫХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ	46
<b>Гордейчук Т.Н., Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г.</b> ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СТРУКТУРУ МЕМБРАН ЛИЗОСОМ ПРИ ОСТРОЙ И ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛЬНОЙ ИТОКСИКАЦИИ	48
<b>Григорьев В.Н.</b> РЕЗОРБЦИЯ ИКРЫ СИНЦА В СВИЯЖСКОМ ЗАЛИВЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ЕЕ ФАКТОРЫ	49
<b>Дашина О.А., Сафонова О.А., Попова Т.Н.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАД-ИЗОЦИТРАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ И НАД-МАЛАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ ИЗ МИТОХОНДРИЙ КАРДИОМИОЦИТОВ В НОРМЕ И ПРИ ИШЕМИИ	50
<b>Девицина Г.В.</b> МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЛАБИЛЬНОСТЬ ВКУСОВОЙ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА ХЕМОСЕНСОРНЫХ АДАПТАЦИЙ У РЫБ	51
<b>Долматова Л.С., Шиткова О.А., Сапожников А.М.</b> ДЕКСАМЕТАЗОН-ИНДУЦИРОВАННЫЙ АПОПТОЗ ЦЕЛОМОЦИТОВ ГОЛОТУРИИ <i>EUPENTASTA FRAUDATRIX</i>	52
<b>Дудко А.А., Трофимов В.А.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА БИОПОЛИМЕРОВ ХРОМАТИНА РЕГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ПЕЧЕНИ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ЧАСТИЧНОЙ ГЕПАТЭКТОМИИ	56
<b>Егиазарян М.Л., Саркисян С.Г., Минасян С.М., Маркарян И.В.</b> ИМПУЛЬСНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНОВ МЕДИАЛЬНОГО ВЕСТИБУЛЯРНОГО ЯДРА ПРИ СВЕТОВОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ СТИМУЛЯЦИЯХ	58
<b>Ерохина И.А.</b> МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЩЕНКОВ ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К НЕВОЛЕ	59
<b>Жердев Н.А.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПЕСТИЦИДОВ ДЛЯ ДАФНИЙ	63
<b>Жигилева О.Н., Буракова А.В.</b> ПОКАЗАТЕЛИ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ <i>RANA ARVALIS</i> НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	65
<b>Жиденко А.А., Мехед О.Б., Бибчук Е.В.</b> ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ АДЕНИЛАТОВ В ТКАНЯХ КАРПА	68
<b>Жиденко А.А., Мехед О.Б., Близнюк Е.В.</b> ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ТКАНЯХ КАРПА	70
<b>Зайченко Е.Ю., Севериновская Е.В., Дворецкий А.И., Григорова М.А.</b> НАРУШЕНИЕ ПРО-/АНТИ-ОКСИДАНТНОГО БАЛАНСА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ СОЛЯМИ МЕДИ И КОБАЛЬТА	72
<b>Замалетдинов Р.И., Беляевский В.И., Михайлова Р.И.</b> ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ И СКОРОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ У ПРУДОВОЙ ЛЯГУШКИ <i>RANA LESSONAE</i>	73

<b>Запруднова Р.А.</b> ДИАГНОСТИКА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ОТ НОРМЫ К ПАТОЛОГИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СИСТЕМЫ ВОДНО-СОЛЕВОГО РАВНОВЕСИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ	78
<b>Засыпкина М.О.</b> ВОЗДЕЙСТВИЕ ОСТАТКОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА НА ФАУНУ ВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ	79
<b>Зданович В.В., Пушкарь В.Я., Речинский В.В.</b> ЭНЕРГОБЮДЖЕТ МОЛОДЫХ СТЕРЛЯДИ <i>ACIPENSER RUTHENUS</i> ПРИ СТАТИЧНЫХ И АСТАТИЧНЫХ ТЕРМОРЕЖИМАХ	80
<b>Зиновьевева С.В., Удалова Ж.В.</b> АНАЛИЗ АДАПТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЯДА МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ <i>MELOIDOGYNE INCognita</i> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ	81
<b>Золотарева Н.Н.</b> ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДЛИННОХВОСТОГО СУСЛИКА ( <i>CITELLUS UROCITELLUS UNDULATUS</i> )	83
<b>Исаков П.В., Селюков А.Г.</b> МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ ПЕЧЕНИ И ЖАБЕРНОГО АППАРАТА СИГОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБСКОЙ ГУБЫ	88
<b>Кайбелева Э.И., Завьялов Е.В., Табачишин В.Г.</b> ОСОБЕННОСТИ КАРИОТИПА ОЗЕРНЫХ ЛЯГУШЕК НА СЕВЕРЕ САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ	91
<b>Калинникова Т.Б., Гайнутдинов Т.М., Тимошенко А.Х., Токинова Р.П., Гайнутдинов М.Х.</b> О МЕХАНИЗМАХ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ ОРГАНИЗМА НЕМАТОДЫ <i>CAENORHABDITIS ELEGANS</i>	93
<b>Калистратова Е.Н., Попов Д.В., Бурлакова О.В., Голиченков В.А.</b> НАРУШЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПИГМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ЛИЧИНОК АМФИБИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ ТОКСИКАНТАМИ	95
<b>Капранов Ю.С., Перминов С.В., Бурлаков А.Б.</b> К ВОПРОСУ О НАРУШЕНИЯХ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ ЗА СЧЕТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА	96
<b>Карабанов Д.П.</b> ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ И АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ИЗОФЕРМЕНТОВ ЧЕРНОМОРСКО-КАСПИЙСКОЙ ТЮЛЬКИ ( <i>CLUPEONELLA CULTRIVENTRIS NORDMANN, 1840</i> )	101
<b>Кодухова Ю.В.</b> НАСЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЛЕЩА ( <i>ABRAMIS BRAMA L.</i> ) И ПЛОТВЫ ( <i>RUTILUS RUTILUS L.</i> )	104
<b>Козлова Н.И.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ПОСТЭМБРИОГЕНЕЗ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ	108
<b>Королев Ю.Н., Супруненко Е.А., Бурлаков А.Б., Бурлакова О.В., Голиченков В.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЕРЕСТРОЕК БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	109
<b>Косарев М.Н., Шарипов А.Я., Юмагужин Ф.Г.</b> ВЛИЯНИЕ МЕТИЗАЦИИ НА ПОРОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОРТЕВЫХ ПЧЁЛ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ШУЛЬГАН-ТАШ» (ЮЖНЫЙ УРАЛ)	112
<b>Крапивко Т.П.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОЭКОЛОГИИ ПОПУЛЯЦИЙ ГРЫЗУНОВ	114
<b>Кузнецов В.А., Лобачёв Е.А.</b> ВЛИЯНИЕ СОЛЕНОСТИ НА ЭМБРИОНАЛЬНО-ЛИЧИНОЧНОЕ РАЗВИТИЕ ЩУКИ <i>ESOX LUCIUS L.</i>	115
<b>Кузьминова Н.С.</b> ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ НА ИНДЕКС ПЕЧЕНИ ЧЕРНОМОРСКОЙ СУЛТАНКИ	119
<b>Кушнерова Н.Ф., Кушнерова Т.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ЭТИЛОВЫМ СПИРТОМ И ЕЕ КОРРЕКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ПОЛИФЕНОЛАМИ	122
<b>Кушнерова Н.Ф., Чижова Т.Л.</b> ВЛИЯНИЕ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ НА МЕТАБОЛИЗМ ЛИПИДОВ В ПЕЧЕНИ КРЫС	123

<b>Лавриненко И.А., Лавриненко В.А.</b> СОЗДАНИЕ БИОСЕНСОРНОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК	124
<b>Левина И.Л., Гвозденко Е.С., Зинчук О.А., Москвичев Д.В., Щербакова Н.И.</b> ДЕЙСТВИЕ ТИАЗОЛОВЫХ ПЕСТИЦИДОВ НА ПРОЦЕССЫ ДЕТОКСИКАЦИИ И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РЫБ	126
<b>Лепская Е.В., Бонк Т.В., Носова И.А.</b> К ВОПРОСУ О ПИЩЕВОМ ПОВЕДЕНИИ ПЛАНКТОННОГО РАЧКА <i>CYCLOPS SCUTIFER</i> SARS ОЗЕРА КУРИЛЬСКОЕ (КАМЧАТКА)	132
<b>Лесникова Л.Н., Кушнерова Н.Ф., Кириллов О.И.</b> ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО СТРЕССА НА ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПРЕПАРАТОВ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ	133
<b>Литвинов Н.А.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА РЕПТИЛИЙ	134
<b>Литвинчук С.Н., Пашкова И.М., Розанов Ю.М., Боркин Л.Я.</b> ВЛИЯНИЕ ГИБРИДИЗАЦИИ И ПОЛИПЛОИДИИ НА ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЁНЫХ ЛЯГУШЕК КОМПЛЕКСА <i>RANA ESCULENTA</i> (ANURA, AMPHIBIA)	136
<b>Ложниченко О.В.</b> ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ОРГАНОВ КРОВЕТВОРЕНИЯ МОЛОДИ РУССКОГО ОСЕТРА	138
<b>Любаев В.Я., Князева К.А., Дубровская В.Е., Федорова Л.К., Микулин А.Е.</b> ВЛИЯНИЕ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДИ ГОРБУШИ В ПРЕСНОЙ ВОДЕ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА В МОРСКОЙ СРЕДЕ	141
<b>Мадонова Ю.Б., Трофимов В.А., Салмина М.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	143
<b>Макрушин А.В.</b> ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАННИХ ЗАРОДЫШЕЙ ПОЗВОНОЧНЫХ	146
<b>Макрушин А.В.</b> СОСТОЯНИЕ UNIONIDAE (BIVALVIA, MOLLUSCA) В ВЕРХНЕЙ ВОЛГЕ	149
<b>Матасова Л.В., Волоскова А.В., Попова Т.Н., Пестлякова А.Д.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛУТАТИОНОВОГО ЗВЕНА АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ В ПЕЧЕНИ КРЫС ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТИОКТОВОЙ И АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТ	150
<b>Мелащенко О.Б.</b> ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭМБРИОГЕНЕЗ <i>LYMNAEA STAGNALIS</i> L. И <i>RANA TEMPORARIA</i> L.	151
<b>Микулин А.Е., Коуржил Я., Микулина Ю.А., Микодина Е.В.</b> РОЛЬ АНЕСТЕТИКОВ КАК ДИАБЕТОГЕННОГО ФАКТОРА У РЫБ	152
<b>Микулин А.Е., Кочергина Е.С.</b> ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ГЕПАРИНА И ИНСУЛИНА НА СОДЕРЖАНИЕ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ МОЛОДИ КИЖУЧА	154
<b>Микулин А.Е., Любаев В.Я.</b> ОСОБЕННОСТИ ОСМОРЕГУЛЯЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОРБУШИ ПРИ ИХ ПЕРЕХОДЕ ИЗ МОРСКОЙ СРЕДЫ В ПРЕСНУЮ	156
<b>Микулин А.Е., Микулина Ю.А., Любаев В.Я., Князева К.А., Мартыненко А.А.</b> РОЛЬ КОРМЛЕНИЯ В СМОЛТИФИКАЦИИ МОЛОДИ ГОРБУШИ <i>ONCORHYNCHUS GORBUSCHA</i> (WALBAUM)	158
<b>Минасян С.М., Адамян Ц.И., Геворкян Э.С., Калантарян В.П., Киракосян К.А.</b> ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ КРОЛИКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ	160
<b>Минеев А.К.</b> ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ	161
<b>Михайлова Е.В., Цветикова Л.Н., Попова Т.Н., Матасова Л.В.</b> ОЧИСТКА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА НАД-ЗАВИСИМОЙ МАЛАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ ИЗ ПЕЧЕНИ КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ТОКСИЧЕСКИМ ГЕПАТИТОМ	163
<b>Мкртчан О.З., Антонова Е.И., Чернявская Т.С.</b> МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЕЧЕНИ ПТИЦ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ОСТРОГО ОДНОКРАТНОГО ПЕРЕГРЕВАНИЯ	163

<b>Муранова Л.Н., Залалетдинова Г.М., Гайнутдинов Х.Л.</b> ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ НЕЙРОТОКСИЧЕСКОГО АНАЛОГА ДОФАМИНА 6-ГИДРОКСИДОФАМИНА И ЕГО ПРЕДШЕСТВЕНИКА L-DOPA НА ОБОРОНИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЛОКОМОЦИЮ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ	165
<b>Мышляков Г.М., Трофимов В.А., Кудряшова В.И., Гудошникова Т.Н., Салмина М.В.</b> МОНИТОРИНГ СТОЧНОЙ ВОДЫ ОАО "РУЗХИММАШ" НА ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ	166
<b>Оганисян А.О., Калантарян В.П., Ахумян А.А., Оганесян К.Р.</b> ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ КРОВИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕТЕПЛОВОГО КОГЕРЕНТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА	168
<b>Оганисян А.О., Унанян Н.Г., Оганесян К.Р., Сакоян Г.Г.</b> РОЛЬ КОРНЕЙ СОЛОДКИ В ИЗМЕНЕНИИ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТА КАТАЛАЗЫ КРОВИ ЖИВОТНЫХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ШУМОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ	169
<b>Павлюченко О.В.</b> РИТМ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРЛОВИЦЕВЫХ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА	169
<b>Пашков А.Н., Попов С.С., Семенихина А.В., Плетнев М.Ю.</b> МЕЛАТОНИН – КАК ФАКТОР АДАПТАЦИИ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕЧЕНИ	170
<b>Перепада К.А., Худойберганова Г.М., Мирзаев У.Т.</b> ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ОЗЕРА ТУЗКАН УЗБЕКИСТАНА	171
<b>Петрова Н.А., Винокурова Н.В., Маслова В.В., Данилова М.В.</b> НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРИОТИПА ПОПУЛЯЦИИ <i>CAMPTOCHIRONOMUS TENTANS</i> СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ г. КАЛИНИНГРАДА	173
<b>Петрова Н.А., Винокурова Н.В., Маслова В.В., Данилова М.В.</b> ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА <i>CHIRONOMUS PLUMOSUS</i> (L.) ИЗ ОЗ. ШКОЛЬНОЕ г. КАЛИНИНГРАДА	175
<b>Петрова О.А.</b> РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ДЕГРАДАЦИИ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ	179
<b>Пинкина Т.В., Корбут О.И., Лысюк Т.Ф.</b> ВЛИЯНИЕ ИНТОКСИКАЦИИ ХЛОРИДОМ КАДМИЯ НА ЭТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРУДОВИКА ОЗЕРНОГО В РЕПРОДУКЦИОННЫЙ ПЕРИОД	180
<b>Плаксен Н.В., Хильченко Н.С.</b> ВЛИЯНИЕ ВЫСУШЕННЫХ ВНУТРЕННОСТЕЙ КУКУМАРИИ ЯПОНСКОЙ НА РАЗВИТИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС	181
<b>Полторак Н.П., Петрашов В.В.</b> СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ПЯТНИСТОГО ОЛЕНЯ НА ТЕРРИТОРИИ БРОННИЦКОГО ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА	182
<b>Полуян А.Я., Гвозденко С.И., Щербакова Н.И., Катаскова С.И.</b> ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕСТИЦИДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАННИЙ ОНТОГЕНЕЗ РЫБ И АМФИБИЙ	185
<b>Пятышкина Н.А., Юшков Б.Г., Брыкина И.А., Шишенина А.В., Володарская А.В.</b> АДАПТАЦИЯ ПЛАЦЕНТЫ И ПУПОВИНЫ БЕРЕМЕННЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ	187
<b>Рогожин В.В.</b> ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКОГОЛЬДЕГИДРОЕНАЗ ПЕЧЕНИ ЧЕЛОВЕКА И ЛОШАДИ	189
<b>Ручин А.Б.</b> ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК БЕСХВОСТЫХ ЗЕМНОВОДНЫХ	191
<b>Рыжко И.Л., Кучеров В.А., Андриевский А.М.</b> ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i>	193
<b>Саварин А.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРЕПЕ БЕЛОГРУДЫХ ЕЖЕЙ ( <i>ERINACEUS CONCOLOR</i> MARTIN, 1838) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	196

<b>Савельева Е.С. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГО-ЭТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСТРОВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ОДИЧАВШИХ ЛОШАДЕЙ (ЗАПОВЕДНИК «РОСТОВСКИЙ»)</b>	200
<b>Салтыкова Е.С., Гайфуллина Л.Р., Беньковская Г.В., Николенко А.Г. ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО ОТВЕТА <i>MUSCA DOMESTICA</i> L.</b>	203
<b>Самарский В.Г., Любаев В.Я. ВЛИЯНИЕ ГОЛОДАНИЯ ЛИЧИНОК НА ФОРМИРОВАНИЕ ЧИСЛА СКЛЕРИТОВ НА ЧЕШУЕ</b>	206
<b>Саркисян С.Г., Минасян С.М., Егиазарян М.Л., Маркарян И.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОНОВОЙ ИМПУЛЬСНОЙ АКТИВНОСТИ ПРАВО- И ЛЕВОСТОРОННИХ НЕЙРОНОВ НИЖНЕГО ВЕСТИБУЛЯРНОГО ЯДРА В ПОСТВИБРАЦИОННЫЙ ПЕРИОД</b>	208
<b>Седалищев В.Т. СИБИРСКАЯ ЛЯГУШКА (<i>RANA AMURENSIS</i>) КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ</b>	209
<b>Селюков А.Г., Беспоместных Г.Н. АКТИВАЦИЯ СЛАБЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ АДАПТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ МОЛОДИ СИГОВ-ПЛАНКТОФАГОВ К НЕФТЯНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ</b>	211
<b>Селюков А.Г., Беспоместных Г.Н., Солодилов А.И. ПОВЫШЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К НЕФТЯНОМУ ПОРАЖЕНИЮ МОЛОДИ СИГОВ-БЕНТОФАГОВ СЛАБЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ</b>	215
<b>Сергеева И.В. ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КАРИОТИПА TANYPODINAE (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) ОТ РЯДА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ</b>	217
<b>Силантьева Д.И., Салахова Г.Р., Андрианов В.В., Гайнутдинова Т.Х., Гайнутдинов Х.Л. ЭФФЕКТЫ КОФЕИНА И ВЕЩЕСТВ – БЛОКАТОРОВ ИОННЫХ КАНАЛОВ НА АССОЦИАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ У ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ</b>	223
<b>Смирнов А.К., Голованов В.К., Свирский А.М. ВЕРХНИЕ ЛЕТАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕЩА, ПЛОТВЫ И ОКУНЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ОНТОГЕНЕЗА</b>	224
<b>Солововникова О.Г., Хицова Л.Н. УЧАСТИЕ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА В РЕАКЦИЯХ АДАПТАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ К ХОЛОДУ</b>	229
<b>Соломонов Н.М. ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ НА ФАУНУ РЫБ В БАССЕЙНЕ р. ВИЛЮЙ</b>	230
<b>Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф., Фоменко С.Е., Гордейчук Т.Н., Солодова Е.Е. ПРОФИЛАКТИКА РАСТИТЕЛЬНЫМИ ПОЛИФЕНОЛАМИ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА ЛИПИДОВ В ПЕЧЕНИ КРЫС ПРИ ХИМИЧЕСКОМ И ФИЗИЧЕСКОМ СТРЕССЕ</b>	231
<b>Супруненко Е.А., Королев Ю.Н., Бурлаков А.Б., Бурлакова О.В., Голиченков В.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЭКОМОНИТОРИНГА, ОСНОВАННОГО НА КОМПЛЕКСНОЙ РЕАКЦИИ БИОТЫ</b>	233
<b>Тагирова Р.Р., Канакотина И.Б., Гайнутдинова Т.Х., Гайнутдинов Х.Л. ЭФФЕКТЫ НЕЙРОТОКСИЧЕСКОГО АНАЛОГА СЕРОТОНИНА 5,7-ДИГИДРОСИТРИПТИМИНА И ЕГО МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ПРЕДШЕСТВЕННИКА 5-ОКСИТРИПТОФАНА НА АССОЦИАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ У ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ</b>	236
<b>Тимофеев М.А., Кириченко К.А., Чернышова К.П., Протопопова М.В. ОСОБЕННОСТИ ИНДУКЦИИ АНАЭРОБНЫХ ПРОЦЕССОВ У БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД И ПАЛЕАРКТИЧЕСКОГО GAMMARUS LACUSTRIS В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ</b>	237
<b>Тимофеев М.А., Кириченко К.А., Чернышова К.П., Протопопова М.В. СНИЖЕНИЕ ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ БАЙКАЛЬСКОЙ АМФИПОДЫ <i>EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS</i> ПРИ ГИПОКСИИ</b>	239
<b>Тимофеев М.А., Шатилина Ж.М., Колесниченко А.В., Бедулина Д.С. ИНДУКЦИЯ СИНТЕЗА нмБТШ У АМФИПОД ПРИ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ</b>	240
<b>Ткач Н.П., Никитенко Н.Н., Руоколайнен Т.Р., Высоцкая Р.У. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОСФОЛИПИДНОГО СОСТАВА ПЕЧЕНИ И МЫШЦ ОКУНЕЙ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ УСЛОВИЯМИ ОБИТАНИЯ</b>	241

<b>Удалов М.Б., Поскряков А.В., Баринов М.К., Тулаева И.А., Сухорученко Г.И., Николенко А.Г.</b> RAPD-PCR – АНАЛИЗ РЕЗИСТЕНТНЫХ К АКАРИЦИДАМ ЛИНИЙ ПАУТИННОГО КЛЕЩА <i>TETRANYCHUS URTICAE</i> КОСН	244
<b>Фаразманд Х.</b> ВЛИЯНИЕ ПРЕКОЦЕНА I – ИНГИБИТОРА СИНТЕЗА ЮВЕНИЛЬНОГО ГОРМОНА НА РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК КОЛОРАДСКОГО ЖУКА <i>LEPTINOTARSA DECEMLINEATA</i> SAY. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)	247
<b>Фаразманд Х., Чайка С.Ю.</b> ВЛИЯНИЕ ДИМИЛИНА НА ХЕМОРЕЦЕПТОРНЫЙ АППАРАТ ЛИЧИНОК КОЛОРАДСКОГО ЖУКА <i>LEPTINOTARSA DECEMLINEATA</i> SAY. (COLEOPTERA)	247
<b>Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г., Гордейчук Т.Н., Кушнерова Н.Ф.</b> ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО СТРЕССА НА СОСТОЯНИЕ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА ПЕЧЕНИ И ЕГО КОРРЕКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ ОЛИГОМЕРНЫХ ПРОАНТОЦИАНИДИНОВ	250
<b>Ходулов В.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ ХАРИУСА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	251
<b>Цветкова Л.И., Мелехова О.П., Докина О.Б., Коссова Г.В., Пронина Н.Д., Падалка С.М.</b> ОЦЕНКА УРОВНЯ КРИОПОВРЕЖДЕНИЙ СПЕРМАТОЗОИДОВ РЫБ	253
<b>Цыбульский И.Е., Клёнкин А.А., Виноградов А.Ю., Павленко Л.Ф., Зипельт Л.И., Купрюшкина О.П., Цыбульская М.А., Корпакова И.Г.</b> ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ БАРАБУЛИ ( <i>MULLUS BARBATUS</i> L.) В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	255
<b>Цой Е.М., Коваленко Р.И., Кузьмин Д.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ТКАНЯХ ОНДАТР И КРЫС ПРИ НИТРИТНОЙ ГИПОКСИИ	256
<b>Чумаченко А.Г., Муха Д.В.</b> ДЕНСОВИРУС РЫЖЕГО ТАРАКАНА: ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРУС / ХОЗЯИН	261
<b>Шварева О.А., Шестопалова Л.В., Виноградова М.С.</b> ЭПИТЕЛИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ДВЕНАДЦАТИПЕРСТОЙ КИШКИ ЛЕТУЧЕЙ МЫШИ В ПЕРИОДЫ НОРМО- И ГИПОТЕРМИИ	263
<b>Шепелева И.П.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ В СТРУКТУРЕ ГЛАЗА НАЗЕМНОГО СЛИЗНЯ <i>ARION RUFUS</i> L. К ПОВЫШЕНИЮ СВЕТОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ	266
<b>Шерешков В.И., Шумилова Т.Е., Январева И.Н.</b> ВЛИЯНИЕ НИТРИТОВ НА ХРОНОТРОПНУЮ ФУНКЦИЮ СЕРДЦА ГРЫЗУНОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ	267
<b>Шестопалова Л.В., Лавриненко В.А., Виноградова М.С.</b> АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КЛЕТОЧНЫХ СТРУКТУР ПОЧКИ КРАСНОЩЕКИХ СУСЛИКОВ В УСЛОВИЯХ ГИПОТЕРМИИ	269
<b>Шивокене Я., Мицкенене Л., Восилене З.</b> ВЛИЯНИЕ СЫРОЙ НЕФТИ НА БАКТЕРИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ	273
<b>Шилова Е.Н., Донник И.М.</b> ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНОЙ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ	275
<b>Шляхтин Г.В., Терновой А.П.</b> ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В МОНИТОРИНГЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	278
<b>Шумилова Т.Е., Вайнштейн Г.Б., Семерня В.Н., Шерешков В.И., Январева И.Н., Панов А.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ КИСЛОРОДА И ЛОКАЛЬНОГО КРОВОТОКА В КОРЕ МОЗГА ПРИ ОСТРОЙ НИТРИТНОЙ ГИПОКСИИ У ГРЫЗУНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ	280
<b>Юданов М.А.</b> ВЛИЯНИЕ ЛАМИНИНА НА ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА КРЫСЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ	283
<b>Якименко Л.В., Карташцева И.В., Коробицына К.В.</b> ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ДАЛЬНЕГОРСКОЙ ЗОНЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)	284
<b>Список учреждений, сотрудники которых приняли участие в конференции</b>	287

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ,  
БИОХИМИИ И ГЕНЕТИКИ ЖИВОТНЫХ**

Материалы Международной научной конференции

*Печатается без редакторской обработки  
в соответствии с представленным оригинал-макетом*

Подписано в печать 25.02.2005. Формат 60 x 84 1 / 16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. .....

Уч.-изд. л. .... Тираж 200 экз. Заказ № ....

Издательство Мордовского университета  
Типография Издательства Мордовского университета  
430000, г. Саранск, ул. Советская, 24