

10. Гаряев П. П. Волновой генетический код. М.: Ин-т проблем управления РАН, 1997. 108 с.
11. Пиккарди Дж. Химические основы медицинской климатологии. Л.: Гидрометеоздат, 1967. 96 с.
12. Марков М. С. Изменения структуры воды и ее биологической активности под влиянием постоянных магнитных полей // Тр.Междунар.симпоз. «Взаимодействие между водой и живым веществом». М.: Наука, 1979. С. 9-12.
13. Капель-Боут К. Факторы окружающей среды, ответственные за флуктуационные явления. Трудности восприятия соответствующих фактов научным сообществом // Биофизика. 1995. Т.40. Вып. 4. С. 732-735.
14. Пичугин В. А., Солодилов А. И., Энговатов В. В. Влияние слабых импульсных магнитных полей на радиационные нарушения в организме // Матер.конф. «Проблемы противолучевой защиты». Москва, 1998. С. 57-58.
15. Пичугин В. А., Солодилов А. И., Энговатов В. В. Модифицирующее влияние слабых импульсных магнитных полей на свойства питьевой воды // Матер. конф. «Проблемы противолучевой защиты». Москва, 1998. С. 59.
16. Захарова Н. И. Морфофункциональные закономерности раннего гаметогенеза радужной форели при различном температурном режиме и рентгеновском облучении: Автореф. дис. ... канд.биол.наук. Л.,1984. 17 с.
17. Захарова Н. И., Чмилевский Д. А. Влияние пониженной температуры на развитие половых желез в раннем онтогенезе радужной форели (*Salmo gairdneri* Rich.). II. Воздействие на рыб в возрасте 5,5 месяца // Сб.научн.трудов ГосНИОРХ. 1985. Вып. 206. С. 38-45.
18. Широкова М. Я., Плюхин Г. В. Сезонные изменения в пополнении резервного фонда ооцитов у молоди радужной форели // Сб. научн.трудов ГосНИОРХ. 1986. Вып.253. С. 94-98.

*Александр Германович СЕЛЮКОВ –  
доцент кафедры зоологии и ихтиологии  
биологического факультета, кандидат  
биологических наук,  
Максим Николаевич ВТОРУШИН –  
аспирант кафедры зоологии и  
ихтиологии биологического факультета,  
Оксана Михайловна БОНДАРЕНКО –  
ассистент кафедры зоологии и  
ихтиологии биологического факультета*

УДК 591.3;597.4

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ  
В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ  
ИРТЫШСКОЙ СТЕРЛЯДИ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

*АННОТАЦИЯ. Влияние слабых импульсных магнитных полей на ранний онтогенез иртышской стерляди проявилось в высокой степени сбалансированности морфологических параметров, интенсивном развитии репродуктивной системы — более быстром прохождении дифференцировки пола, формировании фонда половых клеток у молоди и сеголеток опытной партии.*

*The influence of weak impulse magnetic fields upon the early ontogenesis of Irtysh sterlet proved to have a high degree of morphological parameter balance and a more intensive development of the fish reproductive system revealed in a shorter period of sex differentiation and early development of gonocytes in the experimental fish young.*

Сокращение численности, изменение видовой структуры ценных рыб Обь-Иртышского бассейна под влиянием техногенного пресса сопровождается устойчивым сужением репродуктивной стратегии, ведет к неизбежному снижению биоразнообразия. Последнее вызывает серьезные сомнения относительно их реабилитации в будущем даже при гипотетическом улучшении экологической обстановки. Необходимость восстановления численности этих видов, и в первую очередь сибирского осетра *Acipenser baeri baeri* (Brandt, 1869), занесенного в 1998 г. в Красную книгу, чрезвычайно актуальна.

Представляется целесообразным масштабное применение таких технологий, в которых сильные физические агенты были бы сведены к минимуму, химические, по возможности, устранены, а производимый эффект не только не снижался, но возрастал в соответствии с кратностью и адресностью применяемого воздействия. При этом в качестве конечного результата ожидается получение устойчивой к неблагоприятным экологическим факторам, пато-, токсикорезистентной группировки особей с повышенными преадаптационными возможностями и высоким репродукционным потенциалом.

Высокоэффективные, мобильные технологии нового поколения «Телос», разработанные в коллективе «Телос-Сибирь» [1], прошли испытания в производственных масштабах [2,3], и уже найденные технологические решения могут служить основой для их применения в осетроводстве. Однако на первом этапе необходимы рекогносцировочные работы для установления наиболее восприимчивых стадий эмбриогенеза и спецрежимов, отработать которые удобнее всего на сибирской стерляди *Acipenser ruthenus marsiglii* (Brandt, 1833), используемой в качестве модельного объекта. А при получении значимых результатов — рекомендовать данный подход для восстановления численности сибирского осетра.

Нами поставлены задачи изучения характера развития основных морфометрических признаков, особенностей формирования репродуктивной системы у личинок, мальков и сеголеток стерляди, модифицируемой в раннем онтогенезе слабыми магнитными полями.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В июне-июле 1999 г. на Абалакском экспериментальном осетровом рыбозаводе, по договору с СибрыбНИИпроектом, рабочая группа Западно-Сибирского фонда психофизических исследований и кафедры зоологии Тюменского университета проводила спецобработку\* икры и молоди стерляди по технологии «Телос» [1]. Некоторые технические характеристики системы приведены в предыдущей статье.

Спецобработку оплодотворенной икры, эмбрионов, личинок и молоди стерляди проводили: в эмбриогенезе (стадии бластуляции, гастрюляции, нейруляции), при вылуплении и в возрасте 30 суток, в период ее интенсивного развития. Продолжительность каждой экспозиции составляла 60-80 мин.

Для оценки влияния слабых импульсных магнитных полей на динамику морфофункциональных процессов в раннем онтогенезе стерляди осуществляли фиксацию эмбрионов, личинок, молоди и сеголеток на Абалакском ЭОРЗ (с 5 июня по 20 августа) и в Тюменском сиговом питомнике (куда перевезли стерлядь 27 августа) — 24 сентября и 10 ноября 1999г. Сборы контрольных и подопытных особей проводили непосредственно перед спецобработками.

В смеси Буэна фиксировали по 10 зародышей из опытной и контрольной партий, предварительно удалив оболочки в смеси Гольтфретера. Для морфометрического

\* Под общим руководством А. И. Солодилова работы проводили П. А. Кочетков, Н. Н. Штихлиц, А. Г. Селюков и М. Н. Вторушин.

анализа из контроля и опыта отбирали по 20 предличинок стерляди на этапе вылупления, молодь — в возрасте 30, 65, сеголеток — 147 суток и фиксировали в 4% формалине. 20 августа (в 65 суток), 24 сентября (в 100 суток) и 10 ноября (в 147 суток) в смеси Буэна или в 4% формалине фиксировали гонады от 15-20 особей.

Подопытных и контрольных предличинок стерляди на этапе вылупления (16 июня) измеряли по 16, молодь и сеголеток — по 30 нижеприведенным морфометрическим параметрам 16 июля, 20 августа и 10 ноября.

L — общая длина тела. L1 — длина тела без хвостового плавника. AD — антедорсальное расстояние. AA — антеанальное расстояние. PV — пектоцентрального расстояния. VA — вентроанальное расстояние. Н — наибольшая высота тела. НМ — наименьшая высота тела. CL — длина хвостового стебля. BS — наибольшая толщина тела. С — длина головы. R — длина рыла. ОС — горизонтальный диаметр глаза. ОР — заглазничное расстояние. ОО — межглазничное расстояние. НС — наибольшая высота головы. ВС — наибольшая ширина головы. RCR — расстояние от конца рыла до основания передней пары усиков. CR — длина наибольшего усика. RS — расстояние от конца рыла до хрящевого свода рта. SO — ширина рта. DL — длина основания спинного плавника. DH — высота спинного плавника. AL — длина основания анального плавника. PL — длина грудного плавника. VL — длина брюшного плавника. BF — ширина лба. LVS — длина желточного мешка. HVS — высота желточного мешка. SD — число спинных жучек. SL — число боковых жучек. SV — число брюшных жучек. P — общий вес тела.

Оценку степени согласованности развития морфометрических параметров у молоди обеих партий осуществляли с применением кластерного анализа: в метрике «1 — г» (коэффициент корреляции Пирсона) использовали взвешенный метод «средней связи» пакета STATISTICA (StatSoft, Inc.).

Для изучения половых клеток на завершающих этапах эмбриогенеза в период анатомической и цитологической дифференцировок пола у контрольных и подопытных экземпляров стерляди применяли гистологический анализ. Гистологические препараты изготавливали по стандартным методикам [4]. Эмбрионов вместе с желточным мешком, гонады молоди и сеголеток проводили через спирты возрастающей концентрации, хлороформ-парафин и заливали в парафин. Срезы толщиной 5-6 мкм окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну.

Гистологические препараты анализировали с использованием микроскопа KRI 2 при увеличениях: окуляра — 8<sup>x</sup>, объективов — 10<sup>x</sup>, 20<sup>x</sup>, 40<sup>x</sup>, 100<sup>x</sup>. Срезы фотографировали «Зенитом-Е» на микрофотонасадке МФН-10У4.2.

Общее количество гистологически изученных эмбрионов составило 17, мальков — 40, сеголеток — 97 экземпляров, для морфометрии было использовано 40 предличинок, 77 мальков и 38 сеголеток стерляди.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Морфодинамические корреляции в раннем онтогенезе стерляди

В течение всего эмбриогенеза температура воды не выходила за пределы 16,4 — 17,6°С.

На этапе вылупления основное различие интактных и подопытных предличинок стерляди заключалось в параметрах желточного мешка. У контрольных он имел несколько меньшие размеры (HVS — 1,7±0,04мм, LVS — 2,4±0,04 мм), чем у подопытных: HVS — 1,9±0,07мм, LVS — 2,5±0,05 мм. А это косвенно свидетельствовало о пониженном метаболизме (правильнее — ином характере его протекания) подопытных эмбрионов и соответствующем замедлении их развития. Так, некоторые морфометрические параметры (L, L1, AD, AA, С и пр.) у подопытных предличинок характеризовались несколько меньшими значениями. В течение летнего периода развитие признаков у рыб в опыте постепенно выравнивалось с кон-

трольными, а, начиная с сентября, после перевода сеголеток в геотермальную воду Тюменского рыбопитомника, установилась отчетливая тенденция превышения по анализируемым показателям интактных особей.

Динамика становления морфологических корреляций, степень согласованности развития морфометрических параметров у молоди стерляди иллюстрируются на приведенных дендрограммах (рис. 1,2). Хорошо видно, что при вылуплении скоррелированность признаков у предличинок крайне низка (рис. 1 А,Б). Если по тесноте связи линейных параметров тела (L-L1) различий у предличинок обеих партий не было, то у контрольных особей высокая корреляция проявлялась в размерностях головы (С-ОР), а в опыте — высоты тела и хвостового стебля (Н-НМ). В целом можно выделить несколько суперкластеров, в которых параметры контрольных особей распределялись более согласованно: группировка параметров туловищного отдела дистанцирована от головного. У подопытных на данном этапе отмечалась повышенная хаотичность в распределении признаков головного и туловищного отделов, но и в пределах каждого из них степень скоррелированности параметров была крайне низка. Подобное явление мы можем квалифицировать как своеобразную поисковую реакцию: в ходе проводимого воздействия организмам предъявлялся выбор индивидуального пути, стимулировавший их на своеобразный перебор вариантов развития, проявлявшийся в большей степени рассогласованности морфометрических характеристик, а точнее — в еще не оформившейся согласованности.

Спустя месяц, в возрасте 30 суток, напротив: параметры головного, туловищного отдела и плавников у интактной молоди являют картину смещения, обычную для ростовых процессов рыб в этот период жизненного цикла. Развивающемуся организму необходимо быстро выйти из-под пресса хищников, конвертировав все ресурсы на пластический обмен, что проявляется в ускорении линейно-весового роста [5], некотором возрастании уровня аллопатрии. Отмеченное просматривается в корреляции веса с основными линейными параметрами тела и головы — P-L-AD-AA-C-L1 (рис. 1 В). Иной характер межпараметрических связей у подопытной молоди. Хорошо заметна высокая корреляция между признаками, отчетливо дифференцировавшимися по отделам (рис. 1 Г). Более того, если у контрольной молоди вес коррелировал с линейными параметрами, то у подопытных он был тесно связан с толщиной, высотой тела и размерами брюшка — P-BS-H-PV, что свидетельствовало более о функциональном характере таких отношений. Как если бы эта молодежь «обрела» гарантию защиты от негативных факторов среды и направила свои усилия преимущественно на массонакопление и генеративный обмен — формообразование осуществлялось преимущественно не по «дикому» типу, свойственному контрольным особям. Наиболее наглядно такая особенность в развитии отмечена в характере связи размеров ротового отверстия (SO): у контрольных оно тесно скоррелировано с параметрами головного отдела (квазиморфологический тип связи), у подопытных — в первую очередь с длиной тела, параметрами плавников и веса (квазифункциональный тип). Напротив, такие меристические признаки, как количество жучек в боковом и брюшном рядах у интактной молоди, коррелировали с соответствующими пластическими (SL-L1-C-L-AA, SV-RS-BS-H), а у подопытной — друг с другом (рис. 1 В, Г). При этом в обеих партиях связь спинных жучек с остальными морфологическими параметрами была или обратной — в контроле, или слабой — в опыте.

Таким образом, морфологический аспект связей между параметрами у контрольных особей замещался преимущественно функциональным у подопытных. Можно предположить выбор подопытной молодежью направления развития не по «дикому», но по domestikативному типу. Возможно, мы являемся свидетелями переходного этапа через функциональный характер отношений к морфологическому, но уже другого уровня.

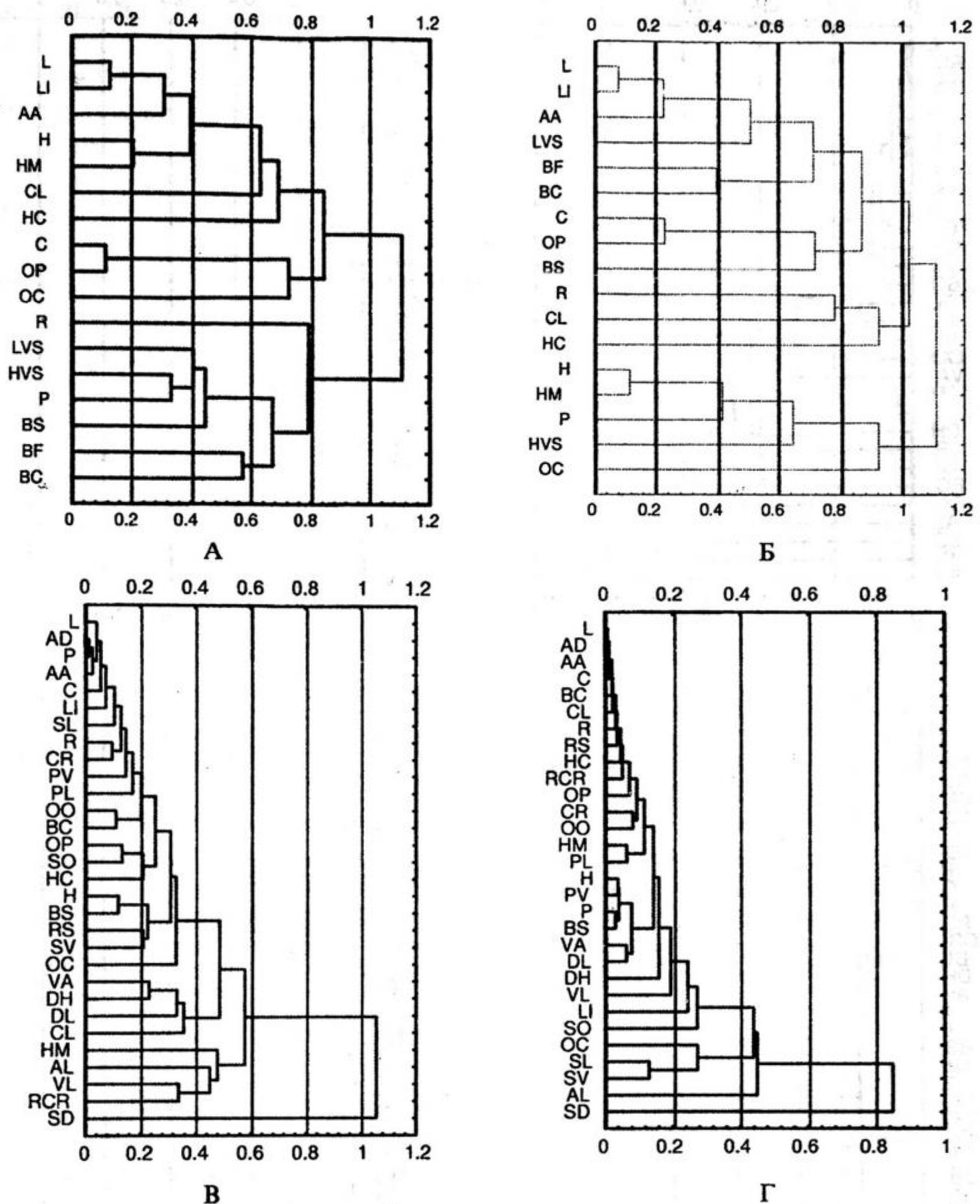


Рис. 1. Дендрограмма связи морфометрических параметров у предличинок и молоди стерляди

- По оси ординат: морфометрические параметры; по оси абсцисс: «1 — г».
- А — предличинки контрольной партии на этапе вылупления (16.06.99).
  - Б — предличинки опытной партии (16.06.99).
  - В — молодь контрольной партии в возрасте 30 суток (16.07.99).
  - Г — молодь опытной партии в том же возрасте (16.07.99).

В конце летнего периода, в возрасте 65 суток, общая тенденция характера связи линейных параметров у контрольной молоди почти не изменилась, между ними лишь возросла корреляция (рис. 2А). Некоторые характеристики головы — R-RCR-CR — оказались более скоррелированы между собой и высотой спинного плавника (DH), сохранив средний уровень связи с параметрами головного, туловищного отдела и плавников. Между жучками связь по-прежнему оставалась слабой, хотя они переместились в один кластер. У подопытных особей в том же возрасте степень скоррелированности основных параметров возросла настолько, что исчезает смысл рассматривать характер связи между отдельными параметрами или вклю-

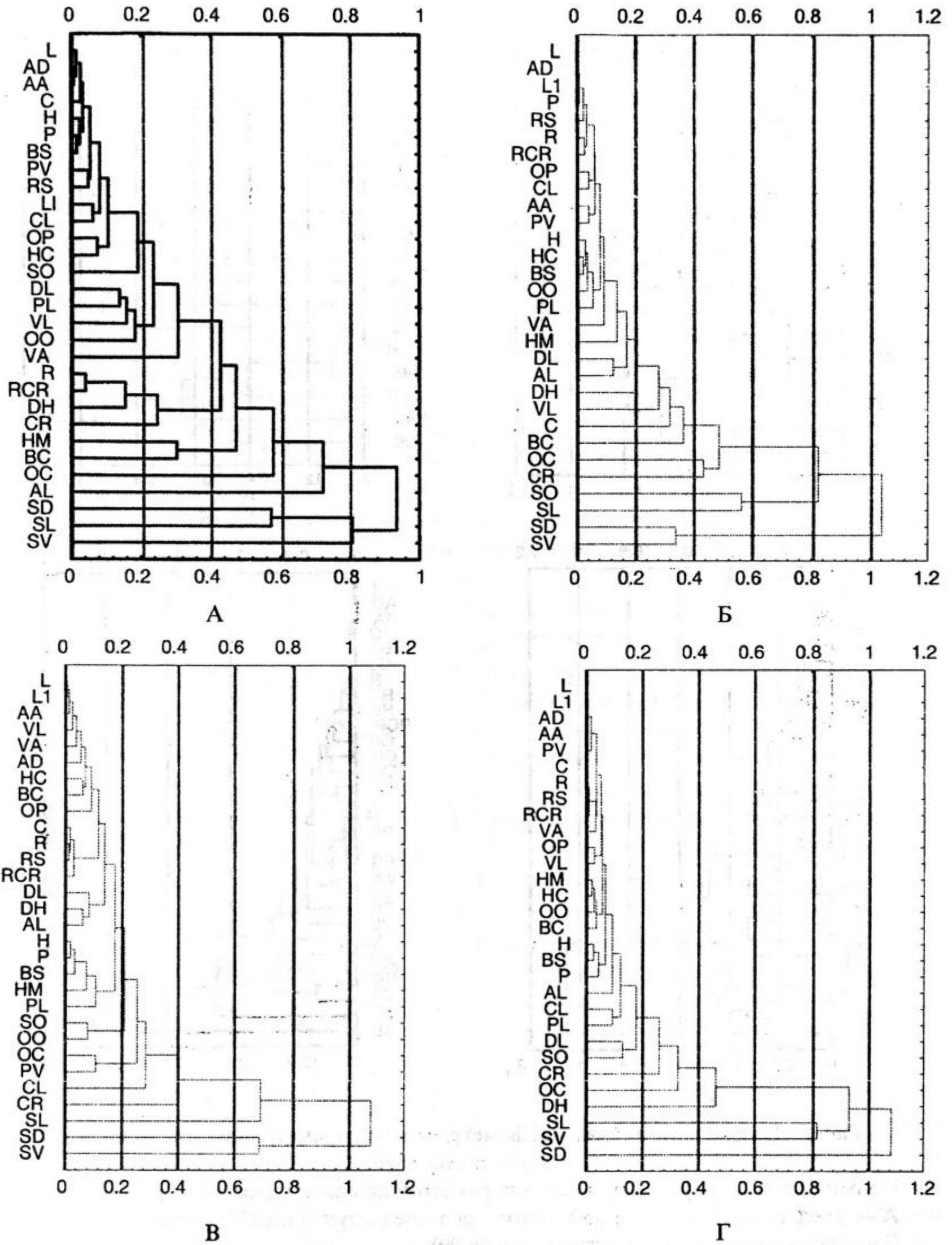


Рис. 2. Дендрограмма связи морфометрических параметров у сеголеток

По оси ординат: морфометрические параметры; по оси абсцисс: «1 — r».

А — контрольная молодежь в возрасте 65 суток (20.08.99).

Б — подопытная стерлядь (20.08.99).

В — контрольная стерлядь в возрасте 147 суток (10.11.99).

Г — подопытная стерлядь в том же возрасте (10.11.99).

чавшими их кластерами, ибо между большинством признаков в туловищном, отчасти головном отделах и параметрами плавников коэффициент корреляции ( $r$ ) составлял  $+0,84 - +0,98$  (рис. 2 Б). Между отдельными признаками головного отдела и числом жучек связь не превышала  $+0,5 - +0,7$ . Следует отметить наличие слабой корреляции ( $+0,46$ ) между размерами ротового отверстия и числом боко-



вых жучек SO-SL при том, что с другими параметрами она была еще ниже. Очевидно, это обусловлено относительным замедлением развития ротового аппарата, а также стабилизацией числа жучек у стерляди при продолжавшемся пропорциональном возрастании остальных показателей, проявлявшемся в высокой степени их скоррелированности у подопытных рыб.

В конце периода исследований, в возрасте 147 суток, еще более отчетливая дивергенция соотношения морфометрических параметров у сеголеток обеих партий (рис. 2 В, Г). Если у контрольных уровень высокоррелированного развития отчасти достигал соответствующего уровня подопытных в августе, различаясь только по характеру связи между отдельными показателями (рис. 2 В), то у рыб опытной партии подавляющее большинство параметров всех отделов оказывалось связанным друг с другом на уровне  $+0.90$  —  $+0.99$ , что свидетельствовало о высокой степени изометрического роста (рис. 2 Г). Анализ группировки признаков по отдельным кластерам не имеет существенного смысла, ибо межкластерная дистанция ничтожна. Тем не менее к этому сроку в обеих партиях установился относительно стабильный внутрикластерный состав. По-прежнему у интактных и подопытных особей была наименьшая или обратная связь между жучками и остальными параметрами, так как количество первых не изменялось, а высокие температуры воды (около  $24^{\circ}\text{C}$ ) и постоянное 8-разовое кормление способствовали быстрому росту и развитию сеголеток.

Оценивая в целом динамические трансформации стерляди в течение первого вегетационного сезона, в качестве наиболее существенных следует выделить определенную рассогласованность подопытной молодежи в начале постэмбрионального развития, выбор пути не «дикого» типа и в дальнейшем резко возросшую степень сбалансированного развития, более быстрое вступление на путь изометрического роста.

Описание развития молодежи характеризовало внешние проявления проведенной спецобработки. Ниже рассматривается становление репродуктивной функции у стерляди с момента вылупления.

#### Формирование линии половых клеток

У предличинок на этапе вылупления в контроле и опыте количество первичных половых клеток различалось незначительно. У контрольных количество первичных гоноцитов составляло  $7,2 \pm 1,66$  (3-12), у подопытных —  $9,8 \pm 2,65$  (2-18). Основные морфометрические показатели ППК приведены в таблице. У контрольных предличинок некоторые гоноциты еще находились в состоянии миграции, хотя большая их часть достигла места формирования гонад (рис. 3 а,б). Напротив, все учтенные ППК подопытных локализовались в районе половых складок. Кроме того, практически у всех подопытных предличинок обязательно встречались 1-2 полиморфноядерные первичные половые клетки и даже отмечались в постмитотическом состоянии (рис. 3 в,г). В целом уровень функциональной активности ППК предличинок в опыте был выше, чем у интактных: меньшее количество желтка в цитоплазме, наличие ядерного полиморфизма и у отдельных особей — постмитотических картин гоноцитов.

Таким образом, на этапе вылупления у контрольных и подопытных эмбрионов стерляди отмечались некоторые расхождения в количественном и морфофункциональном состоянии клеток зародышевого пути — первичных гоноцитов. Большого различия нами не выявлено, что обусловлено сравнительно краткими сроками эмбриогенеза, за которые проводимое воздействие еще не успело проявиться в достаточной степени.

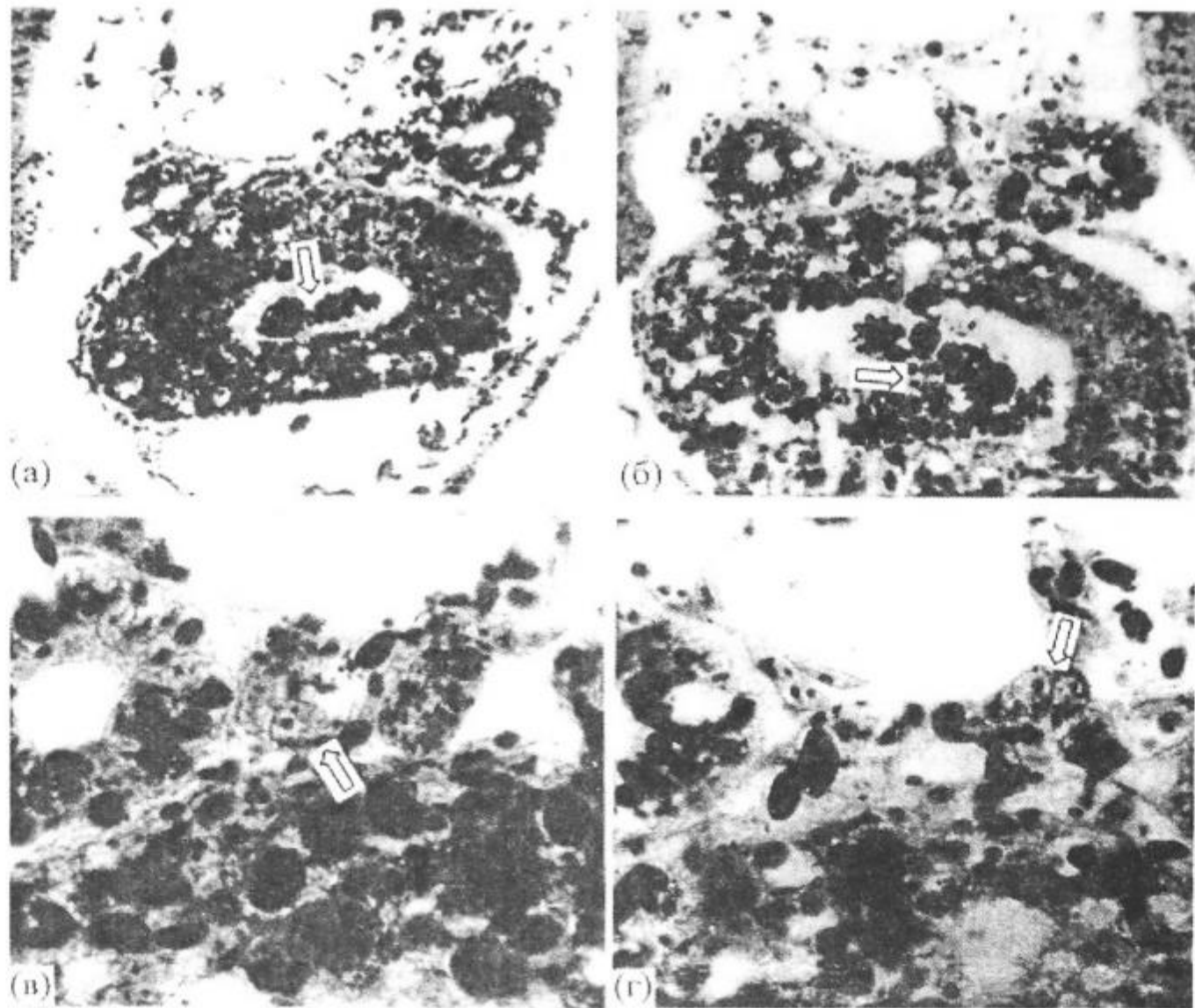


Рис. 3. Локализация первичных гоноцитов у предличинок стерляди

На фронтальных срезах предличинок контрольной (а) и опытной (б) партий хорошо просматривается кишечник с «желточной пробкой» (стрелка), дорзолатеральнее кишки располагаются правый и левый вольфовы протоки; цитоплазма клеток заполнена желточными включениями. Увел.: ок.5<sup>x</sup>, об.10<sup>x</sup>. АЭОРЗ. 16 июня 1999г.

У контрольной предличинки (в) вблизи вольфова протока, в области зачатка гонад лежит ППК, глыбки желтка в цитоплазме сместили ядро (стрелка) к оболочке. Под плавающим пузырьком подопытной предличинки (г) хорошо виден гоноцит в постмитотическом состоянии (стрелка). Увел.: ок.5<sup>x</sup>, об.100<sup>x</sup>. АЭОРЗ. 16 июня 1999 г.

Таблица

Морфометрические характеристики первичных гоноцитов у предличинок стерляди на этапе вылупления

Вариант	Параметры	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	$\sigma$	CV, %
Контроль	D <sub>ппк</sub> , мкм	15.5 ± 1.00	2.24	14.5
	D <sub>ядра</sub> , мкм	7.78 ± 0.2	0.45	5.8
	V <sub>я</sub> /(V <sub>ппк</sub> -V <sub>я</sub> ), %	16.7 ± 2.8	6.27	37.5
	Колич.ППК	7.2 ± 1.66	3.72	51.7
Опыт	D <sub>ппк</sub> , мкм	15.7 ± 1.06	2.37	15.1
	D <sub>ядра</sub> , мкм	7.94 ± 0.48	1.08	13.6
	V <sub>я</sub> /(V <sub>ппк</sub> -V <sub>я</sub> ), %	16.7 ± 2.6	5,82	34,9
	Колич.ППК	9.8 ± 2.65	5.94	60.6



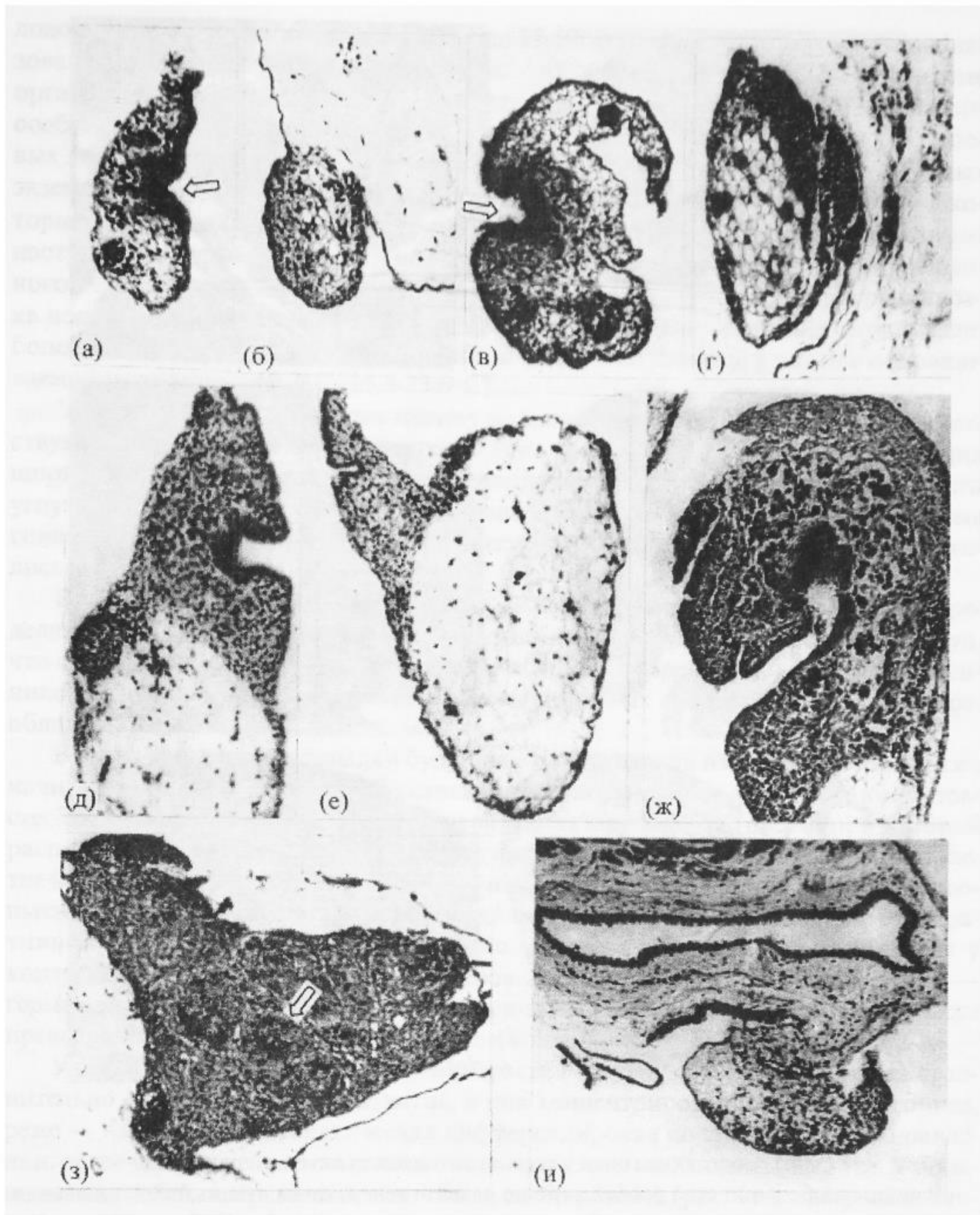


Рис. 4. Дифференцировка пола и формирование гонад у молодежи и сеголеток

У контрольной (а,б) и подопытной (в,г) молодежи стерляди дифференцировка гонад по типу яичников начинается формированием инвагинации (а,в), вблизи которой локализуются оогонии; будущие семенники еще индифферентны — редкие гонии разбросаны в строме (б,г). В более крупных гонадах подопытных особей накапливается жир; половые железы интенсивно васкуляризованы. Увел.: ок.5<sup>x</sup>, об.20<sup>x</sup>. АЭОРЗ. 20 авг. 1999 г.

Анатомическая дифференцировка гонад по типу яичников у контрольных сеголеток протекает на фоне накопления жира (д,е); уровень развития половых желез у подопытных (ж) существенно выше контрольных. Увел.: ок.5<sup>x</sup>, об.20<sup>x</sup>. Тюменский питомник. 24 сент. 1999 г.

В яичниках большинства контрольных особей накапливаются гнезда оогоний, продолжает нарастать жировая ткань (з); яичники некоторых особей еще слабо развиты, гониальные клетки встречаются редко (и). Увел.: ок.5<sup>x</sup>, об.20<sup>x</sup>. Тюменский питомник. 10 нояб. 1999 г.

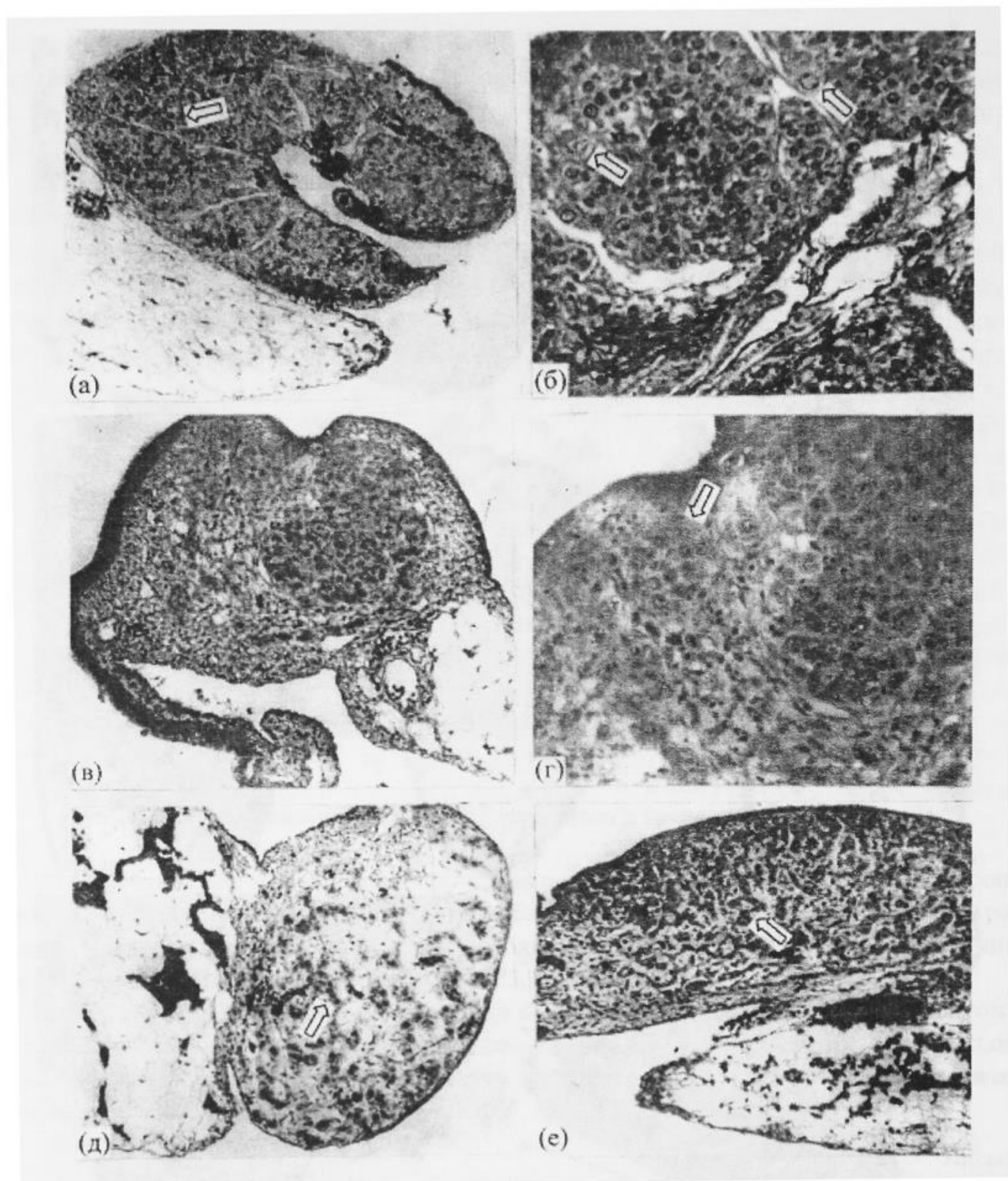


Рис. 5. Состояние гонад у сеголеток стерляди опытной партии

В яичниках большинства особей хорошо развита генеративная ткань, представленная многочисленными гнездами оогоний, среди которых присутствуют ооциты ранней профазы мейоза и начала диплотены (а, б). У части самок вблизи герминативного эпителия, выступающего «борозду», образуются тяжи клеток, трансформирующиеся в гониальные (в, г). Генеративная ткань семенников заполнена цистами сперматогониев, но также хорошо развита жировая ткань, местами васкуляризованная (д, е). Рис. а, в, д, е — увел.: ок.5<sup>х</sup>, об.20<sup>х</sup>; рис. б, г — увел.: ок.5<sup>х</sup>, об.40<sup>х</sup>. Тюменский питомник. 10 нояб. 1999 г.

#### Дифференцировка пола и формирование гонад

Для установления характера и сроков формирования репродуктивной системы у контрольной и подопытной стерляди гистологический анализ половых желез проводили начиная с возраста 65 суток (20 августа).

В это время у отдельных особей контрольной партии только начиналась анатомическая дифференцировка гонад по типу яичников. В латеральной части по-

ловой железы отмечалось впячивание (до 13-19 мкм), в области которого локализовались единичные половые клетки (рис. 4 а). У остальной молодежи генеративные органы были развиты очень слабо, определение по ним половой принадлежности особей допускалось лишь с некоторой вероятностью — по расположению половых клеток и локализации крупного кровеносного сосуда [6]. Гонады отдельных экземпляров начинали формироваться по типу семенников (рис. 4 б), гонии в которых распределялись по всей строме. При этом следует отметить более быстрое наступление дифференцировки пола у иртышской стерляди, в отличие от указанного Г. М. Персовым [7] для стерляди р.Оби, согласно которому дифференцировка пола у самок начинается в возрасте 7-12 месяцев. Данное явление обусловлено более высокими температурами прудовой воды, поступавшей в лотки с подращиваемой молодью, —  $19.7^{\circ}\text{C}$  ( $15.3\text{-}23.6^{\circ}\text{C}$ ).

Уровень развития половых желез у подопытной стерляди превышал соответствующий показатель контрольной. В гонадах некоторых особей инвагинация шириной 32 мкм углублялась в генеративную часть на 83 мкм (рис. 4 в). В области углубления локализовались многочисленные мелкие гониальные клетки, крупные гонии в строме лежали одиночно. Клетки герминативного эпителия располагались несколькими слоями.

В гонадах других рыб многочисленные гониальные клетки диффузно распределялись в строме; дорзомедиальную часть занимал крупный кровеносный сосуд, что свидетельствовало о начале анатомической дифференцировки по типу семенников (рис. 4 г). В половых железах всех подопытных особей жировая ткань преобладала над соматической.

В возрасте 100 суток гонадки будущих самок стерляди из контрольной партии начинали заполняться жировой тканью, чего не отмечалось в 65-суточном возрасте. Также хорошо развивалась и генеративная компонента (рис. 4 д), в которой располагались многочисленные гнезда гониальных клеток. В генеративном участке гонады большинства особей только намечалось впячивание (рис. 4 е). У подопытных сеголеток общие размеры гонад на фронтальных срезах, объем генеративной и жировой ткани существенно превосходили данные параметры у контрольных экземпляров (рис. 4 ж). Развитие элементов генеративной ткани — герминативный эпителий, количество половых клеток, их концентрация — также превышало соответствующие показатели контрольных особей.

У части контрольных сеголеток в возрасте 147 суток яичники отличались сравнительно высоким уровнем развития, в них концентрировались гнезда оогониев, реже — начиналась цитологическая дифференцировка пола в женском направлении: встречались гнезда с ооцитами стадий зиготены и пахитены (рис. 4 з). У большинства особей генеративная ткань была слабо развита (рис. 4 и), а жировая занимала от 30 до 70% общей площади среза. В целом уровень развития гонад не превышал соответствующие показатели у сеголеток в 100-суточном возрасте.

Начинавшие дифференцировку в направлении семенников половые железы у части изученных особей характеризовались большим количеством соединительнотканых клеток в гонадах, слабым развитием герминативного эпителия, мозаичностью редко разбросанных гониев.

Таким образом, к возрасту 147 суток для большей части контрольных рыб характер и степень развития половых желез не отличались от уровня их развития у сеголеток в сентябре, и лишь у единичных особей стерляди проходила цитологическая дифференцировка гонад по типу яичников.

У половины сеголеток стерляди из опытной партии, развивавшихся в направлении самок, произошла не только анатомическая и цитологическая дифференцировка (рис. 5 а), но старшая генерация половых клеток была представлена ооцитами стадии диплотены (рис. 5 б). В формирующихся гонадах остальных самок

осуществлялась анатомическая дифференцировка, а у трех особей в области инвагинации выявлялись отчетливые трансформации соматических клеток в гонии (рис. 5 в,г), что прежде нами не отмечалось. Хотя сама возможность репродуктивной метаплазии некоторыми авторами совершенно не воспринимается [8], она, тем не менее, существует. Ранее такое явление было продемонстрировано Г. М. Персовым [9] на половозрелой стерляди, В.В.Семеновым — на карасе [10]. Совсем недавно оно было экспериментально подтверждено на 6-месячных сеголетках русского осетра в индифферентный период развития гонад [11]. Очевидно, что инициация используемыми технологиями подобных процессов в яичниках подопытной молодежи позволяет рассчитывать на сравнительно более высокую индивидуальную плодовитость, ускорять сроки полового созревания.

Гонады половины исследованных особей включали мозаично распределявшиеся гониальные клетки, что позволяло идентифицировать половые железы как формирующиеся семенники. В них, как правило, отмечались крупные, покоящиеся одноядрышковые гонии, но также встречались мелкие, многоядрышковые, функционально активные клетки (рис. 5 д). Семенники у всех сеголеток на 35-97% были заполнены жировой тканью, местами васкуляризованной. В генеративной части, занимавшей дорзо-медиальный участок гонады, сперматогониальные клетки начинали группироваться в цисты (рис. 5 е).

Лишь у отдельных сеголеток половые железы находились в индифферентном состоянии, по которому невозможно было определить их будущую половую принадлежность.

Таким образом, в данной партии отчетливо выделилась группа самок, половые железы которых вступили в I стадию зрелости, что значительно опережало развитие контрольных и в еще большей степени — состояние гонад у рыб в природных условиях. Остальные особи дифференцировались в самцов, а у части сеголеток произошло замедление дифференцировки пола.

Констатируем отчетливую половую дифференцировку, более высокий уровень гонадогенеза самок и самцов подопытной стерляди и меньшую степень дифференциации по полу контрольных особей к возрасту 147 суток.

Проведенное исследование подтвердило целесообразность применения технологий «Телос» в раннем онтогенезе осетровых рыб — для стимуляции эмбрионального и постэмбрионального развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солодин А. И. Жизнь как онтологическая игра и путь спасения (Очерки телософии). СПб.: Новый журнал, 1997. 128 с.
2. Солодилов А. И., Селюков А. Г., Елькин В. П., Кочетков П. А. Опыт внедрения технологий нового поколения в рыбоводный процесс для формирования маточного стада пеляди с улучшенными репродукционными характеристиками // Тр. БелНИИрыбпроекта. Минск. 1998.
3. Selyukov A. G., Solodilov A. I., Kochetkov P. A., El'kin V. P., Bondarenko O. M., Vtorushin M.N. An application of new technologies for the formation of the reproductive stock of *Coregonus peled* (Gmelin) beyond the limits of the native areas // VII Intern. Sympos. on the Biol. & Manag. of Coregonid Fishes. Michigan, USA. 1999. P. 82.
4. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М.: Иностранная литература, 1953. 719 с.
5. Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб. М.: Пищев. пром. 1974. 447с.
6. Персов Г. М. Дифференцировка пола у стерляди // Проблемы современной эмбриологии. М.: МГУ, 1964. С. 298-301.
7. Персов Г. М. Дифференцировка пола у рыб. Л.: ЛГУ, 1975. 148 с.
8. Айзенштадт Т. Б. Цитология оогенеза. М.: Наука. 1984. 247 с.
9. Персов Г. М. К вопросу об источниках пополнения фонда половых клеток (на примере стерляди и других осетровых) // Архив анат., гистол. и эмбриол. 1958. Т. 35. № 3. С.51-57.

10. Семенов В. В. Действие гонадотропинов на герминативный эпителий карася // Мат. VII Всес. совещ. эмбриол. М.: Наука, 1986. Ч. II. С. 93.

11. Семенов В. В., Федоров К. Е. Экспериментальное доказательство происхождения гоний из клеток герминативного эпителия у молоди русского осетра // Тез. докл. IV Всер. конф. по нейроэндокринол. СПб.: Наука, 1995. С. 112.

*Татьяна Александровна ШАРАПОВА –  
старший научный сотрудник  
лаборатории устойчивости  
биогеоценозов Института проблем  
освоения Севера СО РАН,  
кандидат биологических наук*

УДК 574.586: 597-113

## **РОЛЬ ЗООПЕРИФИТОНА В ПИТАНИИ РЫБ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА**

*АННОТАЦИЯ. На основе анализа собственных и литературных данных показана значительная роль, которую играют организмы зооперифитона в питании многих рыб Обь-Иртышского бассейна.*

*The author, using the data of her own observation as well as of other sources, demonstrates that the organisms of zooperiphyton play a significant role in the feeding of fish in the Ob-Irtysh river basin.*

Изучение пищевых взаимоотношений гидробионтов, роли отдельных видов и экологических групп в потоке энергии водных экосистем имеет огромное значение как в организации рыбного хозяйства, так и в прогнозировании изменений, происходящих в водной среде под влиянием хозяйственной деятельности человека.

По-видимому, парадокс, выявленный рядом авторов (Методы..., 1968) и связанный со значительным превышением рациона рыб над продуктивностью известной кормовой базы, порожден недоучетом кормовых организмов в водоемах. Одним из таких компонентов кормовой базы, не учитывавшихся ранее, является фауна обрастаний. Зооперифитон водоемов Западной Сибири изучался нами на протяжении более десяти лет. На ряде водоемов он исследовался параллельно с другими экологическими группировками гидробионтов и питанием рыб. Целью данной работы было выяснение на основании анализа литературы и данных, полученных в результате собственных исследований, роли зооперифитона в питании рыб Обь-Иртышского бассейна.

Проведенное нами изучение зооперифитона водоемов различного типа показало, что наиболее массовыми видами хирономид в обрастаниях озер являются представители родов *Glyptotendipes*, *Endochironomus*, *Cricotopus*, *Psectrocladius*, в реках — *Eukiefferiella*, *Cricotopus*, *Orthocladius*, ручейники преобладают в реках — наиболее многочисленными являются виды *Hydropsyche ornatula* McL., *Neureclipsis bimaculata* (L.) и *Brachycentrus subnubilus* Curt. В зооперифитоне проток наибольшей плотности достигают личинки мошек. Мшанки наиболее часто встречаются в озерах и протоках.