

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

© Л.А. ШУМАН, И.С. НЕКРАСОВ, А.Г. СЕЛЮКОВ

leonidshuman@yandex.ru, innok373@mail.ru, ags-bios@yandex.ru

УДК 597:551:574.24

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ ОКУНЯ *PERCA FLUVIATILIS* В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОЗЕРАХ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

АННОТАЦИЯ. В работе проведено исследование морфофункционального и гистопатологического состояния популяции окуня *Perca fluviatilis* в озерах Среднего Приобья, находящихся в районах интенсивной добычи углеводородов. Отбор материала проводили летом 2012 г. в загрязненных озерах таежной зоны Ханты-Мансийского автономного округа (оз. Польштур), в озерах правобережья Среднего течения Оби: Ентльор и Белое. У рыб изучены размерно-весовые показатели, концентрация гемоглобина в крови, проведен гистологический анализ печени, жабр и репродуктивной системы. Для оценки гистологических препаратов использовали методику полуколичественного анализа с присвоением каждой аномалии определенного коэффициента значимости. Обнаружено, что в наибольшей степени соотношение линейного и весового роста изменяется у окуня из оз. Ентльор, в наименьшей — из оз. Белое. Эти результаты свидетельствуют о различиях в качестве водной среды данных водоемов. Наибольшее содержание гемоглобина в крови свойственны окуню из озера Белое, при этом во всех изученных озерах концентрация гемоглобина у самок превышала его концентрацию у самцов, что обусловлено более интенсивными репарационными процессами после нереста. У большинства рыб были отклонения в печени: жировая дистрофия гепатоцитов, у части — гиперемия, деструкция печеночной паренхимы. При гистологическом анализе жабр обнаруживаются патологические изменения: цитоллиз жаберного эпителия, утолщение, слипание и разрушение жаберных ламелл. В репродуктивной системе как на макроскопическом, так и на микроскопическом уровнях у всех изученных особей патоморфологические изменения не обнаружены. Слабая корреляция патологических изменений жаберного аппарата и печени с состоянием репродуктивной системы свидетельствует о ее высокой защищенности от экстремальных факторов. Обнаружена отчетливая тенденция возрастания патоморфологических изменений в направлении: гонады — печень — жаберный аппарат, и ухудшения качества водной среды в следующем ряду озер: Ентльор — Польштур — Белое.

SUMMARY. The morphofunctional and histopathological state of the perch *Percafluviatilis* population in the lakes of the Middle Ob region located in intensive hydrocarbon production areas has been investigated. The collection of ichthyological material was held in the summer of 2012 in polluted lakes of the taiga zone of Khanty-Mansi Autonomous Okrug (Polyntur lake) and the Middle Ob right riverside lakes

(the Entllor and the Belaye). The size and weight parameters of fish and the concentration of hemoglobin in its blood were studied, also a histological analysis of the liver, gills and reproductive system was carried out. The technique of semi-quantitative analysis by assigning a significance factor to each specific abnormality was used to evaluate the histological preparations. It was found that the strongest linear and weight growth during development correlation changes were observed in the perch from lake Entllor, the least correlation changes in the perch from lake Belaye. These results indicate differences of the water quality of these lakes. The highest concentration of hemoglobin in the blood is typical of the perch from lake Belaye. In addition, the hemoglobin concentration in females was greater than its concentration in males in all the studied lakes, due to a more intense reparation processes after spawning. Most of the fish had abnormalities in the liver: fat degeneration of hepatocytes, some fish had hyperemia, destruction of hepatic parenchyma. The histological analysis of the gills revealed pathological changes: cytolysis of gill epithelium, thickening, adhesion and destruction of the gill lamellae. In the reproductive system of both the macroscopic and microscopic levels in all studied specimens, no pathomorphological changes were revealed. The weak correlation of pathological changes of the liver and gill apparatus with the state of the reproductive system indicates its high immunity to extreme factors. A clear tendency was revealed: the increase of pathological changes in the direction: gonads — liver — gill apparatus, and the deterioration of water quality of the following lakes: Entllor — Polyntur — Belaye.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Озера Среднего Приобья, окунь, загрязнения, гемоглобин, гонады, жабры, печень.

KEY WORDS. Middle Ob region lakes, perch, pollution, hemoglobin, gonads, gills, liver.

Водные системы северных широт, в силу специфических природных особенностей, весьма чувствительны к техногенному загрязнению. Низкая интенсивность биогеохимических процессов в этих водоемах приводит к замедлению процессов самоочищения и самовосстановления, а повышенный техногенный пресс снижает качество среды обитания. Активная разработка нефтегазовых месторождений, сопровождающаяся разливами нефти, ее попаданием в водоемы, изменяет гидрохимический режим и ухудшает качество среды, что проявляется в деграционных процессах водных экосистем. В этих условиях становятся актуальными гистофизиологические исследования рыб, обитающих в водоемах, соседствующих с районами интенсивной добычи углеводородов. Типичным представителем ихтиофауны зоны Средней тайги является окунь, который по характеру питания занимает ниши бентофага и хищника (в старших возрастных группах). Обитая в загрязненных водоемах, он может аккумулировать большое количество токсикантов, что делает его удобным объектом биоиндикации.

Цель работы состояла в оценке морфофизиологического и гистопатологического состояния окуня *Perca fluviatilis* в озерах среднетаежной зоны Тюменского региона.

Материал и методы. Ихтиологический материал собирали в загрязненных озерах таежной зоны Советского района ХМАО (Полынтур) и Среднего Приобья — озера Ентльор (Сургутский р-он) и Белое (Нижневартовский р-он).

В этих озерах, продолжительное время подвергавшихся техногенному воздействию в процессе эксплуатации нефтяных месторождений, отмечены определенные характеристики гидрохимического режима (табл. 1). Так, в воде оз. Полынтур выявлено превышение нормы по железу (7 ПДК), меди, что указывает

на усиление процессов разложения органических веществ в (3.7 ПДК) и нитритам (10 ПДК). Превышение содержания нитритов в условиях медленного окисления NO^{2-} в NO^{3-} . В оз. Ентльлор на фоне низкого рН (5.2) зафиксировано превышение содержания железа (6.2 ПДК) и меди (1.5 ПДК). Наибольшие отклонения среди 50 показателей выявлены в озере Белое (Нижневартовский р-он), окруженном развитой нефтепромысловой инфраструктурой. Воды озера имеют пониженный рН (6.3), а содержание железа повышено до 2.4 ПДК_{рбхз}, стронция — до 2.3 ПДК_{рбхз}. Последний может попадать в воду за счет природных гипсоносных отложений, а также из промышленных сточных вод вследствие его широкого применения в аккумуляторном производстве и в производстве радиоизотопных источников тока [2]. До 24.3 ПДК_{рбхз} увеличено содержание аммония NH_4^+ , которое также указывает на ухудшение санитарного состояния данного водного объекта. Ионами аммония обогащены воды нефтяных месторождений, он может поступать с бытовыми сточными водами. Продолжительное воздействие на гидробионтов таких вод угнетает организм, нарушает его иммуно- и токсикорезистентность, поражает такие жизненно важные органы как жаберный аппарат, печень, гонады, почки и др.

Таблица 1

Химический состав воды в озерах среднетаежной зоны (2012 г.) [1]

Показатель	Полынтур	Ентльлор	Белое	ПДК _{рбхз}
рН. Ед. рН	6.83	5.214	6.3	6.5-8.5
УЭП. мкСм/см	80.1	21.4	921.0	не норм.
HCO_3^- . мг/л	42.65	6.12	7.95	не норм.
Fe общ. мг/л	0.734	0.627	0.244	0.1
Си. мкг/л	3.784	1.511	0.795	1
Сг. мкг/л	0.086	0.307	0.015	70
Мп. мкг/л	2.72	2.34	0.72	10
Al. мкг/л	38.0	22.1	5.4	40
Zn. мкг/л	1.45	0.698	3.13	10
Сг. мкг/л	66.6	4.5	922	400
Pb. мкг/л	<0.1	<0.1	0.121	6
Ni. мкг/л	0.30	0.74	1.0	10
Na ⁺ . мг/л	4.75	3.71	155.7	120
NH_4^+ . мг/л	0.25	0.50	12.17	0.5
K ⁺ . мг/л	0.34	0.32	1.01	10
Mg^{2+} . мг/л	1.85	0.29	3.63	40
Ca^{2+} . мг/л	7.9	0.98	16.2	180

Окончание табл. 2

F ⁻ . мг/л	<0.01	0.051	0.166	0.05
Cl ⁻ . Мг/л	0.55	2.67	256.2	300
NO ₂ ⁻ . мг/л	0.871	0.011	0.880	0.08
Br ⁻ . Мг/л	<0.01	<0.010	1.26	1.35
NO ₃ ⁻ . мг/л	1.82	0.01	0.14	40
SO ₄ ²⁻ . мг/л	0.76	1.27	6.61	100
Si. мг/л	0.45	<0.10	<0.1	не норм.

Сбор материала был проведен на озере Ентльор в июле 2012г., на озерах Польштур и Белое — в августе 2012 г. Во время сбора для дальнейшего изучения из озера Ентльор было отловлено 25 экземпляров окуня обоего пола, из озера Польштур — 29, из озера Белое — 47 особей.

В процессе сбора ихтиологического материала проводилось общее патоморфологическое обследование рыб в соответствии с методикой [3]. Измеряли размерно-весовые показатели, массу гонад, концентрацию гемоглобина в крови, стадию зрелости гонад, жирность и наполнение кишечника. Для гистологического анализа у всех отловленных особей проводили фиксацию участков печени, жабр и гонад. Фиксированные органы подвергали дальнейшей гистологической обработке по стандартным методикам. Готовые срезы окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну [4], [5], [6].

Для анализа гистологических препаратов применяли полуколичественные методы, с введением коэффициентов значимости для каждой патологии [7]. Количественный анализ состояния *жаберного аппарата* осуществляли следующим образом: на гистологическом срезе при увеличении 1000× выбирали 5 участков филаментов с 6 респираторными ламеллами. Измеряли площадь участка, линейные параметры респираторного эпителия, учитывали количество слоев вставочного эпителия и количество слизистых клеток на 1 мм² площади среза. Находили площади жаберных патологий различного типа. Вычисляли индекс патологии органа, который рассчитывается из суммы долей каждой патологии, умноженной на т.н. коэффициент значимости. Коэффициент значимости присваивался каждой патологии в зависимости от ее опасности для здоровья рыбы и респираторной функции жабр.

$$I_{pat} = \sum_{pat\ i} \left(\frac{S_{pat\ i}}{S_{org}} \times C_{зн} \right), \quad (1)$$

где I_{pat} — индекс патологии жабр, $S_{pat\ i}$ — площадь патологии, S_{org} — площадь исследованной зоны, $C_{зн}$ — коэффициент значимости $1 \leq C_{зн} \leq 3$.

По результатам анализа отдельных участков респираторного эпителия были рассчитаны средние значения морфометрических и гистопатологических показателей для каждой особи, на основании которых вычислялись выборочные средние отдельных параметров.

Анализ состояния печени проводили на пяти участках исследуемого среза. Измеряли площадь гепатоцитов и их ядер. При учете патологических изменений в печени рассчитывали выборочные средние относительных площадей участков с различными типами нарушений структуры органа.

На гистологических препаратах почек были измерены почечные канальцы (диаметр, ширина просвета, высота эпителия) и различные патологии.

При гистологическом анализе репродуктивной системы производили подсчет и измерения половых клеток. В гонадах каждого самца учитывали 5-7 срезов, и на каждом выбирали 7 участков размером 80×80 мкм.

Для статистического анализа использовали программный пакет STATISTICA Statsoft, Inc. (v.6) и MS Excel (2007). Корреляции между гистопатологическими и морфофизиологическими показателями были выражены через непараметрический коэффициент корреляции рангов Спирмана. Различия между выборками определяли с 95% доверительной вероятностью.

Результаты и обсуждение. В исследуемых озерах окуни имели различные размерно-весовые параметры. Особи из оз. Полынтур отличались небольшими размерами, средняя длина тела составила 143.7±8.8 мм, а средняя масса — 57.1±13.6 г. Окунь в уловах из оз. Ентльор встречались в очень широком размерно-весовом диапазоне: от 160 до 380 мм и от 50 до 900 г, средние длина и масса тела этих особей составили 217±12.6 мм и 180.3±46.7 г, соответственно. Размерно-весовой диапазон рыб в оз. Белое характеризовался относительно невысокой вариабельностью: средняя длина тела составила 235±3.2 мм, средняя масса — 158.8±6.2 г (рис. 1).

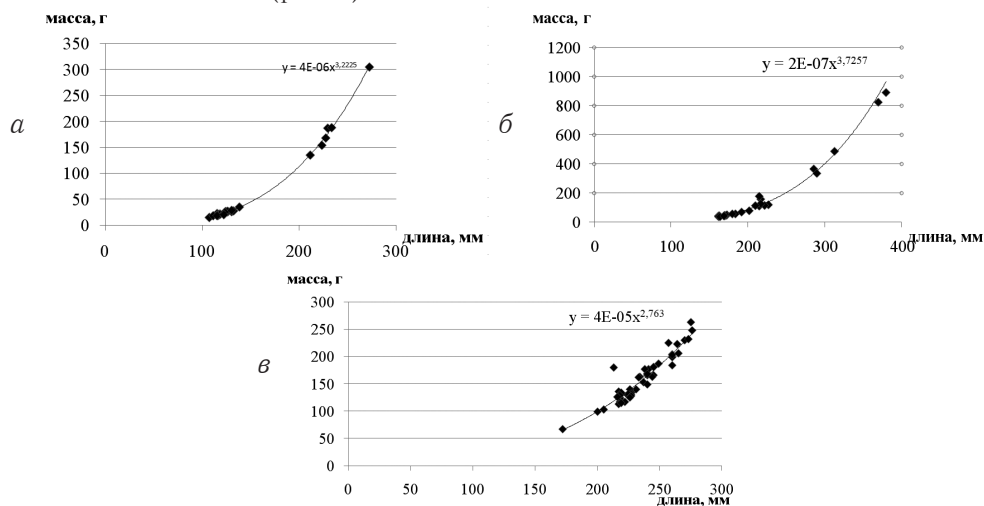


Рис. 1. Размерно-весовые показатели окуня из оз. Полынтур (а), Ентльор (б) и Белое (в).

Функциональная зависимость «масса—длина» рыбы описывается степенной функцией:

$$P = aL^b, \quad (2)$$

где P — масса рыбы, L — длина, a и b — некоторые коэффициенты [8].

Изменения в этих коэффициентах могут отражать изменение физиологического состояния организмов, связанные с половым созреванием или внешними факторами [9]. Можно видеть (рис. 1), что сильнее всего соотношение линейного и весового роста в процессе развития изменяется у окуня из оз. Ентльор (коэффициенты a и b равны соответственно 0.7 и 3.725), меньше всего — у окуня из оз. Белое ($a = 0,5$; $b = 2,763$). Это может свидетельствовать о различиях в качестве водной среды данных водоемов.

Различия в концентрации гемоглобина обусловлены разной кислородной потребностью при развитии репродуктивной системы, т.к. большинство особей неполовозрелы или готовятся к первому нересту, а для созревания ооцитов требуются большие энергетические ресурсы и, соответственно, повышенная потребность в кислороде. На диаграммах можно видеть, что концентрация гемоглобина у самок и самцов в оз. Полынтур существенно различается (рис. 2 а).

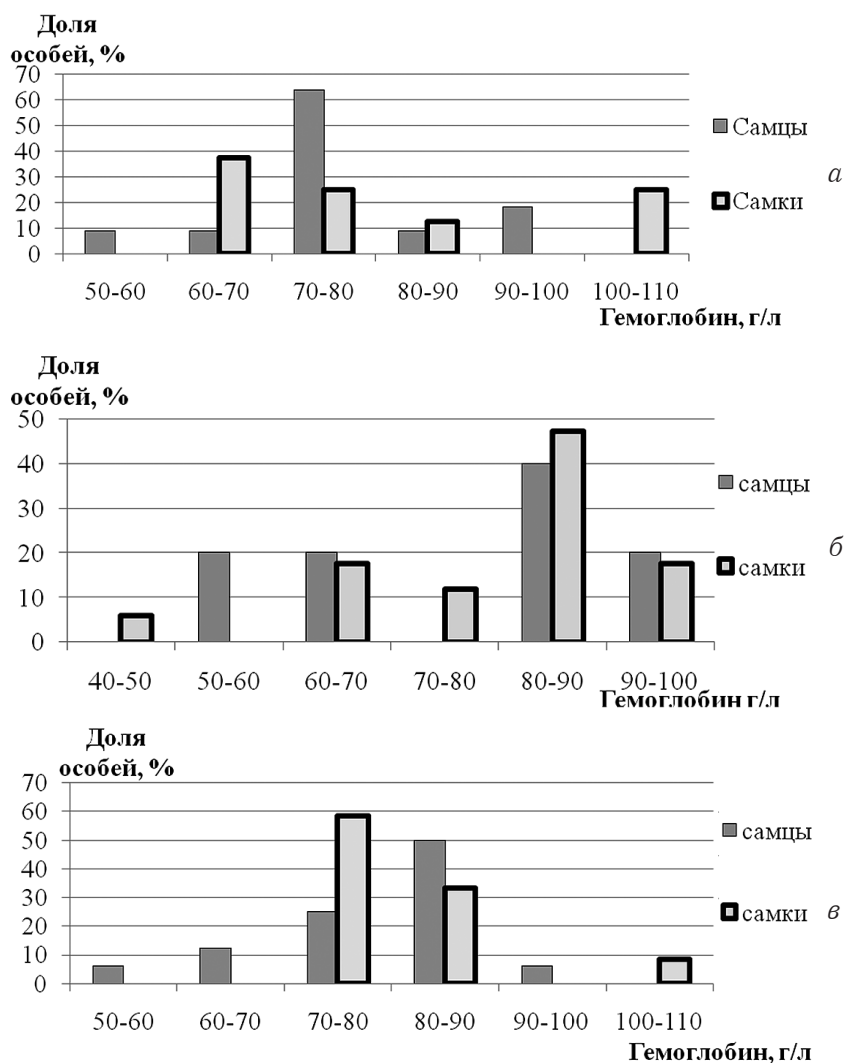


Рис. 2. Концентрация гемоглобина у самок и самцов окуня в озерах Полынтур (а), Ентльор (б) и оз. Белое (в)

У большинства самок и самцов в оз. Ентльор концентрация гемоглобина составила от 80 до 90 г/л (рис. 2 б), хотя среднее значение этого параметра у самцов значительно ниже, чем у самок, что отражает повышенную потребность в кислороде для резорбции опустевших фолликулов и невыметанных икринок после нереста. Самые высокие показатели гемоглобина были зафик-

сированы у рыб из оз. Белое (рис. 2 в). У обоих полов концентрация гемоглобина практически одинакова (80.8 ± 1.8 г/л), при этом у большинства самок (58%) изменяется от 70 до 80 г/л, у части самцов (50%) — от 80 до 90 г/л. Посленерестовые восстановительные процессы в яичниках к августу оказались завершены, и организм самок перешел в экономный режим функционирования. Несколько большая потребность к кислороду мужских особей отражает их повышенную чувствительность к загрязнению среды.

Печень. У окуня из исследованных озер выявлялись некоторые макроскопические изменения печени (рис. 3), вызванные различными факторами абиотической и биотической природы, которые проявлялись в виде изменения консистенции и окраски; в органе присутствовали паразиты.

По сравнению с неповрежденными участками печени (рис. 3 а), в гепатоцитах окуня обоих полов отмечались жировые включения. Клетки претерпевали жировую дистрофию и дегенерировали (рис. 3 б), что вело к образованию каверн (рис. 3 в, г).

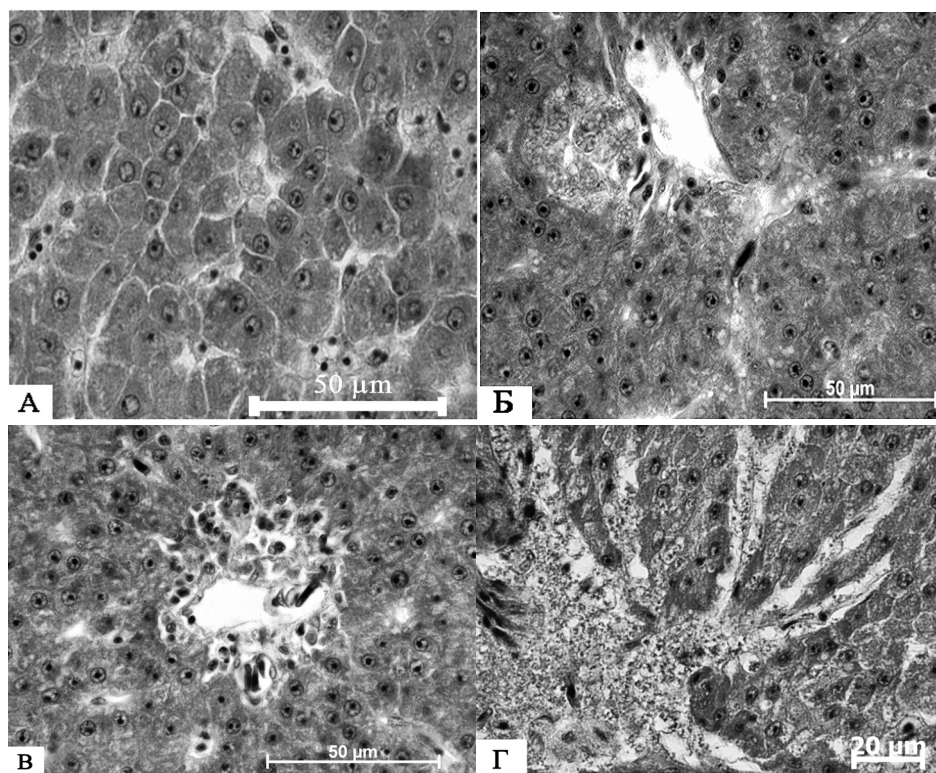


Рис. 3. Микрофотографии печени окуня из загрязненных озер Среднего Приобья: а) нормальное состояние ткани печени; б) жировая дегенерация гепатоцитов; в) единичные «пустоты» печеночной ткани; г) жировая каверна.

При сравнении гистологических показателей печени окуня из исследованных озер (табл. 2) видно, что наибольшее количество аномалий встречается у особей из озер Польштур и Белое.

Таблица 2

**Цитометрические и гистопатологические показатели
печени окуня из исследованных озер**

Показатели	Оз. Польштур	Оз. Ентльор	Оз. Белое
Площадь клетки, мкм ²	90.9 ± 3.6	80.5 ± 3.58	89.9 ± 3.2
Средняя площадь ядра, мкм ²	20.4 ± 0.4	18.7 ± 0.5	21.0 ± 0.4
Доля липидных включений, %	5.1 ± 1.25	2.1 ± 0.9	4.4 ± 1.7
Ядерно-цитоплазматическое отношение, %	22.7	23.9	24.2
Гиперемия, %	80	25	68
Васкуляризация, %	60	33	81
Базофилия, %	70	58	93
Жировая дистрофия, %	80	16	25
Наличие каверн, %	—	8	56

Жабры. При гистологическом анализе жабр, по сравнению с нормальными участками (рис. 4 а), обнаруживаются патологические изменения: цитоллиз жаберного эпителия (рис. 4 б), утолщение слияния и разрушение жаберных ламелл (рис. 4 в). Отмечалось много гипертрофированных слизистых клеток, у некоторых особей они находились.

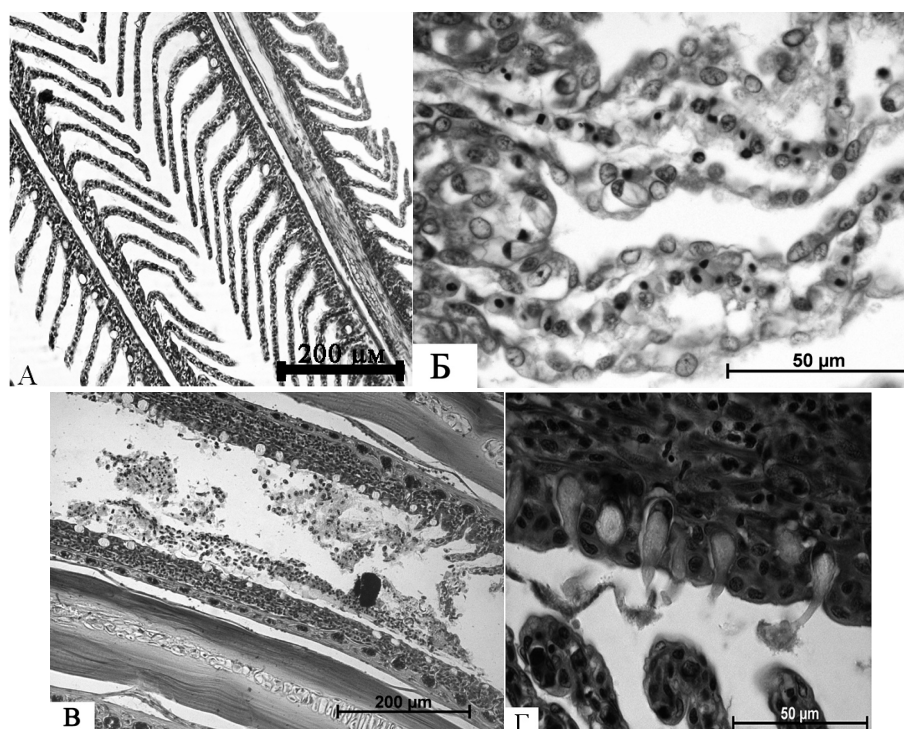


Рис. 4. Микрофотографии жабр окуня загрязненных озер Среднего Приобья: а) нормальное состояние жаберных ламелл; б) цитоллиз клеток респираторного эпителия; в) разрушение респираторных ламелл; г) секреция слизи.

При количественном анализе гистопатологий жаберного аппарата выявлено, что наибольшей патологичностью обладают жабры окуня из озер Польштур и Белое (табл. 3).

Яичники. У исследованных особей не было отмечено никаких макроскопических изменений яичника, патологические изменения не выявлялись и на гистологических препаратах, лишь у небольшого количества особей были обнаружены единичные случаи резорбции ооцитов фазы вакуолизации цитоплазмы.

Таблица 3

Гистологические показатели жабр окуня из исследованных озер

Показатель	Оз. Польштур	Оз. Ентльор	Оз. Белое
Толщина ламелл, мкм	19.0 ± 0.8	20.9 ± 6.2	19.0 ± 0.9
Число слоев вставочного эпителия	6.4 ± 0.2	5.1 ± 0.2	5.0 ± 0.2
Количество слизистых клеток на 1 мм ²	62.6 ± 9.2	98.7 ± 16.3	67 ± 11.3
Наличие патологий, %	0.165	0.065	0.08

В озере Польштур присутствовали преимущественно неполовозрелые самки. Их яичники IIIа стадии зрелости представлены в виде прозрачных, почти бесцветных тяжей с незначительным числом более крупных ооцитов, оогонии и превителлогенные ооциты расположены плотно. Никаких патологических изменений не отмечали. Старшей генерацией клеток были ооциты фазы вакуолизации цитоплазмы (рис. 5 а). Основная масса половых клеток представлена превителлогенными ооцитами, отмечались также группы оогоний, составляющих резервный фонд половых клеток, предназначенных для последующих нерестов.

В озере Ентльор самки находились преимущественно на IIIа стадии зрелости (рис. 5 б). Половые клетки расположены рыхло, между ними много свободного пространства, в строме яичника видны следы дегенерации опустевших фолликулов от предыдущего нереста, присутствуют атретические тела — остатки резорбирующихся ооцитов, также возможно оставшиеся после предыдущего нереста. У самок в этом водоеме, как и у рыб из озера Польштур, старшей генерацией стали ооциты фазы вакуолизации.

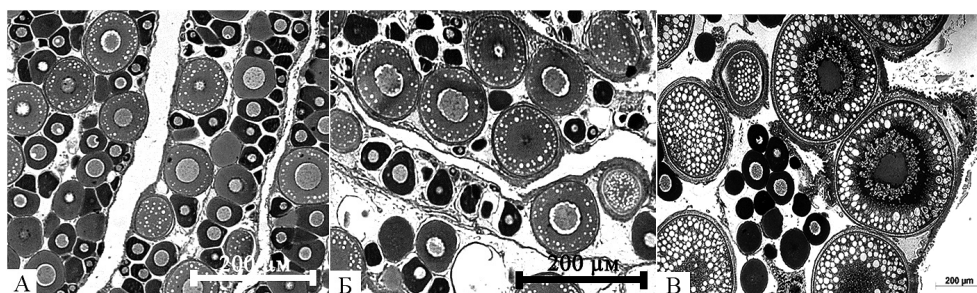


Рис. 5. Участки яичников окуня из оз. Польштур (а), Ентльор (б) и Белое (в).
Между вителлогенными ооцитами у самок окуня в (б) и (в) видны следы резорбирующихся фолликулов

В озере Белое самки отличаются высокими генеративными характеристиками. Яичники исследованных рыб были хорошо развиты, не несли патологических изменений и находились преимущественно в IIIб стадии зрелости (рис. 5 в). Хорошо просматривались более крупные и ярко окрашенные ооциты трофоплазматического роста. В структуре яичника в ходе гистологического анализа выявлялись следы предыдущих нерестов. Оогонии и превителлогенные ооциты занимают меньшую часть гонады и сдавлены со всех сторон крупными вителлогенными ооцитами.

Семенники. Макроскопическое обследование семенников не выявило никаких патоморфологических изменений. На гистологических срезах обнаруживались клетки разных генераций: сперматогонии А- и Б-типа, сперматоциты I и II порядка, сперматиды и спермии (рис. 6). Каких-либо отклонений в сперматогенезе не выявлено.

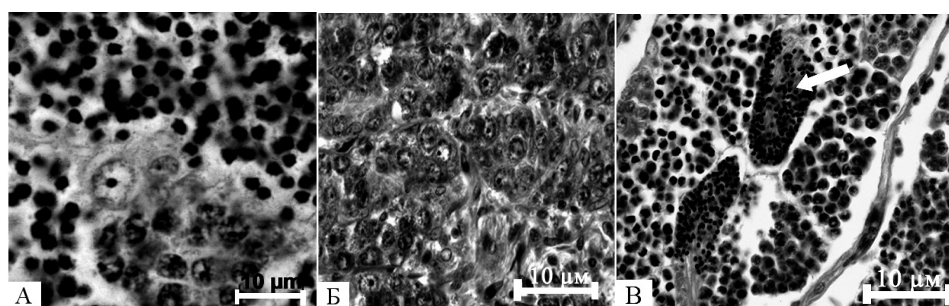


Рис. 6. Участки семенников окуня озер Среднего Приобья: а) оз. Польштур; б) оз. Ентльлор; в) оз. Белое; видны цисты со зрелыми спермиями (стрелка)

В считающихся загрязненными озерах среднетаежной зоны (Польштур, Ентльлор, Белое), населенных преимущественно плотвой и окунем, оценка состояния качества водной среды по их органам — индикаторам продемонстрировала высокий разброс состояний с отчетливой тенденцией возрастания патоморфологических изменений в направлении: гонады — печень — жаберный аппарат. При этом практически все рыбы имеют малые, незначительные, значительные или обширные патологии жаберного эпителия как респираторной, так и афферентной зон при почти полном отсутствии анатомо-морфологических девиаций жаберных дуг или тычинок. Выявленные гистологические патологии жабр сходны с патологиями, возникающими при нефтяной интоксикации [10], [11], [12].

Отметим, что у большинства рыб имеются отклонения в печени (жировая дистрофия гепатоцитов, у части — гиперемия, кавернизация печеночной паренхимы), а нарушения генеративной ткани в половых железах практически не отмечены. Наибольшее содержание гемоглобина в крови свойственны окуню из наиболее загрязненного озера (Белое), при этом во всех изученных озерах концентрация гемоглобина у самок превышала таковую у самцов, что обусловлено более интенсивным протеканием оогенеза.

Отсутствие патологических проявлений в репродуктивной системе как на макроскопическом, так и на гистологическом уровнях у всех изученных особей, слабая связь патологических изменений жаберного аппарата и печени с состоянием репродуктивной системы свидетельствует о ее высокой защищенности от внешних факторов.

Полученные данные по оценке состояния таких значимых для нормального функционирования организма рыб органов как печень и жаберный аппарат, позволяют утверждать, что качество водной среды для окуня ухудшается в ряду озер Ентльор — Польштур — Белое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А.М. Гидрохимия. Второе издание, переработанное и дополненное. Санкт-Петербург. 2001. 444 с.
2. Отчет о научном исследовании № 11.G34.31.0036 от «25» ноября 2010 г. (заключительный — 3 этап) «Качество вод в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в регионах Западной Сибири». Тюмень, 2012. 281 с.
3. Комплексное гидрохимическое и биологическое исследование качества вод и состояния водных и околоводных экосистем: методическое руководство. Часть 2 / Под общ. ред. Т.И. Моисеенко. Тюмень, 2012. 301 с.
4. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М., 1953. 83 с.
5. Лилли Р. Патогистологическая техника и практическая гистохимия. М.: Мир, 1969. 167 с.
6. Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А., Микулин А.Е., Пьянова С.В., Полуэктова О.Г. Гистология для ихтиологов: Опыт и советы. М., 2009. 112 с.
7. Agamy E. Histopathological Changes in the Livers of Rabbit Fish (*Siganus canaliculatus*) Following Exposure to Crude Oil and Dispersed Oil // Toxicologic Pathology. 2012. № 40. Pp. 1128-1140.
8. Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. Москва. 1979. 408 с.
9. Мельникова Е.Б. Возможности использования математических моделей роста рыб для оперативной оценки состояния популяции / М-лы III всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова. Часть 2. Борок, 2008. С. 96-97.
10. Santos, T. Histopathological alterations in gills of juvenile Florida pompano *Trachinotus carolinus* (Perciformes, Carangidae) following sublethal acute and chronic exposure to naphthalene / T. Santos [et al] // Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 2011. V. 6(2). Pp. 109-120.
11. Сафиханова Х.М., Оруджева А.М., Рустамов Э.К. Гистопатологические изменения жаберной ткани у сазана в результате воздействия сырой нефти высоких концентраций / Вестник Московского государственного областного университета. 2012. Серия «Естественные науки». № 4. С. 62-67.
12. Исаков П.В. Влияние загрязненных нефтью донных грунтов на структуру органов и тканей карпа *Cyprinus carpio* (Linnaeus) // Биология внутренних вод: проблемы экологии биоразнообразия. Борок, 2002. С. 124-125.

REFERENCES

1. Nikanorov, A.M. *Gidrohimiya. Vtoroe izd., pererab. i dop.* [Hydrochemistry. Second ed., revised and enlarged]. St.-Petersburg, 2001.444 p. (in Russian).
2. *Otchet o nauchnom issledovanii № 11.G34.31.0036 ot «25» nojabrja 2010 g. (zakljuchitel'nyj — 3 jetap) «Kachestvo vod v uslovijah antropogennyh nagruzok i izmenenija klimata v regionah Zapadnoj Sibiri»* [Academic research report №. 11. G34.31.0036 dated November 25, 2010 (final — 3rd stage) «The quality of water in the conditions of anthropogenic stresses and climate changes in the regions of West Siberia»]. Tyumen, 2012. 281 p. (in Russian).
3. *Kompleksnoe gidrohimicheskoe i biologicheskoe issledovanie kachestva vod i sostojanija vodnyh i okolovodnyh jekosistem: metodicheskoe rukovodstvo. Chast' 2*

[Complex hydrochemical and biological study of the water quality and the state of aquatic and semi-aquatic ecosystems: methodological guidelines. Part 2] / Ed by T.I. Moiseenko. Tyumen, 2012. 301 p. (in Russian).

4. Romejs, B. *Mikroskopicheskaja tehnika* [Microscopic technology]. Moscow, 1953. 83 p. (in Russian).

5. Lilli, R. *Patogistologicheskaja tehnika i prakticheskaja gistohimija* [Histopathologic technic and practical histochemistry]. Moscow, 1969. 167 p. (in Russian).

6. Mikodina, E.V., Sedova, M.A., Chmylevskij, D.A., Mikulin, A.E., P'janova, S.V., Polujektova, O.G. *Gistologija dlja ihtiologov: Opyt i sovety* [Histology for ichthyologists: Experience and advice]. Moscow, 2009. 112 p. (in Russian).

7. Agamy, E. Histopathological Changes in the Livers of Rabbit Fish (*Siganus canaliculatus*) Following Exposure to Crude Oil and Dispersed Oil. *Toxicologic Pathology*. 2012. № 40. Pp. 1128-1140.

8. Riker, U.E. *Metody ocenki i interpretacii biologicheskikh pokazatelej populjacij ryb* [Computation and interpretation of biological statistics of fish populations]. Moscow, 1979. 408 p. (in Russian).

9. Mel'nikova, E.B. Possibilities for using mathematical models of fish growth for quick assessment of the state of populations [Vozmozhnosti ispol'zovanija matematicheskikh modelej rosta ryb dlja operativnoj ocenki sostojanija populjacji]. *M-ly III vseross. konf. po vodnoj toksikologii, posvjashhennoj pamjati B.A. Flerova. Chast' 2* (Materials of the 3rd national conf. on aquatic toxicology, dedicated to the memory of B.A. Flyorov. Part 2]. Borok. 2008. Pp. 96-97. (in Russian).

10. Santos, T. Histopathological alterations in gills of juvenile Florida pompano *Trachinotus carolinus* (Perciformes, Carangidae) following sublethal acute and chronic exposure to naphthalene / T. Santos [et al.]. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 2011. V. 6(2). Pp. 109-120.

11. Safihanova, H.M., Orudzheva, A.M., Rustamov, Je.K. Histopathological changes in the gill tissue of carp as a result of exposure to high concentrations of crude oil. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta — Bulletin of Moscow State Regional University*. 2012. № 4. Series «Natural sciences». Pp. 62-67. (in Russian).

12. Isakov, P.V. Effect of oil-contaminated bottom sediments on the structure of organs and tissues of carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus) // *Biologija vnutrennih vod: problemy jekologii bioraznoobrazija* [Biology of inland waters: problems of environmental biodiversity]. Borok, 2002. Pp. 124-125. (in Russian).