

Растения должны быть взяты под строжайшую охрану. Следует вести полный запрет сбора лекарственного в природных популяциях, расширить интродукционные работы с последующим созданием питомников. Рекомендуется оба вида внести в новую редакцию Красной книги Республики Саха (Якутия): *R. rosea* и *R. duadrifida* со статусом редкости 2б, как имеющие ресурсное значение со статусом редкости.

Работа выполнена при поддержке проекта «VI.52.1.11. Разнообразие растительного мира таежной зоны Якутии: структура, динамика, сохранение (гос.рег. №0376–2014–0002)».

Литература

1. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. – М., 2008. – 855 с.
2. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т.1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Якутск: НИПК «Сахаполиграфиздат», 2000. – 256 с.
3. Флора Сибири. Т. 7. Berberidaceae – Grossulariaceae / Сост. Г.А. Пешкова, Л.И. Малышев, О.Д. Никифорова и др. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1994. – 312 с.
4. Разнообразие растительного мира Якутии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 328 с.
5. Конспект флоры Сибири. Сосудистые растения. – Новосибирск: Наука, 2005. – 362 с.
6. Конспект флоры Азиатской России. Сосудистые растения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 640 с.
7. Кузнецова Л.В., Захарова В.И. Конспект флоры Якутии: сосудистые растения. – Новосибирск: Наука, 2012. – 272 с.
8. Арктическая флора СССР. Вып. IX. Семейства Droseraceae – Leguminosae. Ч. 1. Семейства Droseraceae – Rosaceae / Под ред. Б.А. Юрцева. – Л.: Наука. 1984. – С. 13.
9. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
10. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7–33.
11. Егорова А.А. Сосудистые растения Юго-Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, 2013. – С. 65.
12. Кузнецова Л.В. Флористические находки на хребте Удокан // Флора и растительность криолитозоны. Ч.1. Флора криолитозоны: Материалы науч.-практ. конф. – Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2003. – С.72–73.
13. Сосина Н.К. К Изучению флоры сосудистых растений бассейна р. Муны (Северо-Западная Якутия) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Материалы научн.-практ. конф. (19–22 октября 2009 г., г. Барнаул). – Барнаул, 2009. – С. 108–111.
14. Сосина Н.К. Флора сосудистых растений ресурсных резерватов «Бэкэ» и «Муна» (р. Муна, нижнее течение р. Лена) // Геоботанические и ресурсоведческие исследования в Арктике. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2010. – С. 86–91.
15. Николин Е.Г. Конспект флоры Верхоянского хребта. – Новосибирск: Наука, 2013. – 248 с.
16. Лапишина Е.Д., Мульдьяров Е.Я. Растительность южных отрогов горной системы хребта Полоусного (Северная Якутия) // Ботан. журн. – 1997. – Т.82, №2. – С. 56–87.
17. Волотовский К.А. Новые и редкие виды для флоры Алданского нагорья и Станового хребта (Южная Якутия) // Ботан. журн. – 1991. – Т.76, №3. – С. 466–472.

Поступила в редакцию 03.12.2015

УДК 597.2/.5:591.2(282.256.86)

Оценка состояния рыбной части водного сообщества в системе реки Колыма

М.М. Тяпतिргянов

Институт естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Состояние водных гидробионтов, в том числе и рыб, может служить обобщенным показателем степени экологического благополучия водоема. Рыбы, как последнее звено в трофической цепи водоемов, в ряде случаев представляют собой хороший тест-объект. Исследовали внешний вид рыбы, от-

ТЯПТИРГЯНОВ Матвей Матвеевич – к.б.н., доцент, matyap@mail.ru.

клонение от нормы в счетных признаках, при осмотре жаберной полости фиксировали отечность и изменения формы жаберных тычинок, отмечали тургор тела, все внутренние органы. Оценивали состояние позвоночника, его просчет, срастание или разрушение позвонков. Определяли состояние мышечной ткани, зараженность паразитами. Степень поражения каждого органа оценивалась в баллах. Индекс неблагоприятного состояния определяется как сумма всех баллов исследованных органов. Систему ранжирования патологий по баллам проводили однотипно. Щука, елец и окунь взяты как рыбы, не совершающие больших миграций и остающиеся в зоне постоянной деятельности золотодобывающей промышленности и гидростроительства, с незначительными аномалиями в анатомических и экологических показателях по индексу неблагоприятного состояния и малым числом средних показателей от 0,7 до 1,4. На основании оценки состояния рыб в системе р. Колыма можно отнести данную систему к третьей зоне – сравнительного экологического благополучия.

Ключевые слова: сукцессионные изменения, токсиканты, индекс неблагоприятного состояния, тяжелые металлы, рыбы.

Welfare Assessment of Fish Part of Water Community in the Kolyma River System

M.M. Tyaptirgyanov

Institute of Natural Sciences, North-Eastern Federal University, Yakutsk

Status of water aquatic organisms, including fish, can serve as a generalized indicator of the degree of environmental well-being of the reservoir. Fish are the last link in the food chain of reservoirs and in some cases it is a good test object. We studied the appearance of the fish, the deviation from the norm in counting signs, fixed swelling or changes in the shape of gill rakers on the view of gill cavity, marked body turgor, all the internal organs. We assessed the state of the spine, its miscalculation, fusion or destruction of the vertebrae; determined the state of the muscle tissue, infection with parasites. The degree of damage of each organ was evaluated in points. Welfare status was defined as the sum of all points of the investigated bodies. For the assessment of the status of fish in the system of the Kolyma River the pike, dace and perch were taken as fish that do not commit large migrations and remaining in the area of permanent water impacts of gold mining and hydraulic engineering. The results of the study show that it is possible (with minor anomalies in the anatomical and environmental indicators, the index of unfavorable conditions and a small number of averages from 0.7 to 1.4) to assign them to the third zone - a comparative environmental well-being.

Key words: successional changes, toxicants, index of unfavorable conditions, heavy metals, fish.

Введение

В связи с усилением влияния антропогенной деятельности человека на наземные и пресноводные экосистемы насущными проблемами стали загрязнение больших территорий промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками, атмосферный перенос загрязнений на большие расстояния, выпадение «кислотных дождей», радиоактивное загрязнение, строительство и действия каскадов Колымской ГЭС и потеря биологического разнообразия [1, 2]. В начале XIX века началась добыча золота в верховьях р. Колыма. В середине XX века на ней был построен каскад гидроэлектростанций, обеспечивающих дешевой электроэнергией территорию Магаданской области. Все эти преобразования отразились на структуре рыбной части сообщества бассейна р. Колыма.

Особую тревогу вызывает состояние водоемов бассейна р.Колыма в зонах антропогенного

воздействия, где кумулятивный эффект всех видов загрязнений наиболее велик. Здесь наблюдаются большие сукцессионные изменения водных экосистем вплоть до их полного исчезновения, например такого представителя как сибирский осетр. Антропогенное загрязнение самой воды и обитателей водоемов ставит под вопрос возможность хозяйственного использования последних.

Первоочередная задача научных исследований – обнаружение зон экологического кризиса и экологического бедствия. Есть несколько методов выявления таких зон, прежде всего – химические методы определения вредных веществ в окружающей среде, расчет критических нагрузок и ПДК. Однако оценка качества среды путем определения концентрации каждого загрязнителя и его токсичности является крайне дорогостоящей и дает мало сведений для понимания патогенного влияния на популяции и со-

общества. Между тем хорошо известно, что само состояние водных гидробионтов и интегральная биологическая оценка «здоровья» экосистем могут служить обобщенным показателем степени экологического благополучия водоема [1–5]. Рыбы, как последнее звено в трофической цепи водоемов, в ряде случаев представляют собой хорошие тест-объекты [6–10, 11, 12].

На сегодняшний день назрела необходимость обобщить все эти работы и выработать такой способ оценки состояния особи, популяции или всего рыбного населения, который в виде одного числа мог бы охарактеризовать суммарный эффект воздействия отрицательных факторов среды обитания на рыб. Предварительно проведенные исследования позволяют предложить новый метод экспертной оценки и новый индекс неблагоприятного состояния (ИНС), который объединяет в себе патолого-анатомические, морфометрические, экологические и некоторые физиологические показатели рыб [2].

Цель настоящей работы – оценить состояние рыб в зоне влияния бывших промышленных комбинатов на р. Колыма (на территории Магаданской области, 400–800 км выше границы с Якутией, в зоне ниже по течению деятельности золотодобывающих артелей).

Основные задачи наших исследований:

1) обнаружение морфологических аномалий в популяциях наиболее многочисленных видов рыб;

2) проведение сравнительного анализа морфологических аномалий и степени их выраженности у рыб р. Колыма;

3) на основании предложенного нового показателя индекса неблагоприятного состояния выявление зон экологического кризиса, экологического бедствия и сравнительного экологического благополучия в бассейне р. Колыма.

Материал и методы

В основу исследования положен полевой метод визуальной оценки изменений морфологических показателей рыб, применяемый при обычных ихтиологических работах [2, 7, 13]. Исследовали внешний вид рыбы, отмечая поражение или изменение кожных покровов, различные уродства костного скелета (череп, позвонки), отклонения от нормы в счетных признаках (число лучей в плавниках, жаберных тычинок и т.д.). При осмотре жаберной полости фиксировали отечность слизистой, цвет жаберных лепестков и степень выраженности на них анемичного кольца синего цвета, нарушение формы жаберных тычинок. Отмечали тургор мышц, искривление и укорочение тела.

После вскрытия рыбы последовательно просматривали все внутренние органы: кишечник с желудком, печень и желточный пузырь, почки и мочевой пузырь, селезенку, сердце и гонады. При этом обращали внимание на цвет, размеры, форму, консистенцию (гомогенная или зернистая) всех органов, кровенаполнение снабжающих их сосудов. Оценивали состояние позвоночника, а при продольном разрезе и просчете позвонков отмечали искривление позвоночного столба, срастание или разрушение позвонков или другие их аномалии. Одновременно определяли состояние мышечной ткани, а также зараженность паразитами отдельных органов и тканей.

Степень поражения каждого органа оценивалась в баллах от 1 до 4, отсутствие патологий оценивалось как 0 баллов. ИНС определяется как сумма всех баллов по всем органам, включая зараженность паразитами и жиронакопление.

Результаты и обсуждение

Кожные покровы. Каких-либо изменений в кожном покрове у рыб не обнаружено.

Челюсти. У щуки и окуня из р. Колыма очень редко (у 2 щук, $n=48$ экз.; у 2 окуней, $n=22$ экз.) отмечались случаи укорочения челюстей, особенно верхнечелюстной кости. При сильном развитии этого уродства рыло становится мопсовидным. Можно предположить на основании данных, проведенных в работе [2], что все морфологические аномалии связаны с воздействием химических агентов на ранние стадии развития рыб.

Плавники. В норме плавники имеют плавные очертания и характерное для данного вида число лучей. При слабом токсикозе в плавниках всех исследованных видов рыб очень редко наблюдались частичное укорочение или согнутые лучи. Частичное или общее укорочение лучей в плавниках, неровный край плавника (оплавление) оценивали как результат более сильного токсикоза, а полное отсутствие плавника – как максимальное поражение [2].

У рыб р. Колыма отсутствуют нарушения в форме плавников.

Жаберные тычинки у ельца и окуня довольно четко «реагируют» на загрязнение воды. Прежде всего резко меняется форма тычинок, некоторые из них раздваиваются, другие загибаются на конце. В более загрязненных водоемах встречается неровный ряд тычинок на жаберной дуге. Некоторые из них были укорочены. При сильном поражении рыб часть тычинок редуцируется, в их ряду появляются пропуски.

В р. Колыма у ельца и окуня наблюдается раздваивание тычинок (у 9 ельцов, $n=19$ экз.; у 6 окуней, $n=22$ экз.).

Жабры у свежепойманных рыб в норме имеют равномерно темно-вишневую окраску. В начальной стадии токсикоза их цвет меняется до бледно-розового, увеличивается количество слизи. Более глубокие поражения вызывают гиперемии, ярко выраженную синюшность, ослизнение, появление голубого анемичного кольца на лепестках вдоль жаберной дуги. Ярко выраженное анемичное кольцо в дальнейшем сопровождается некрозом жабр.

У рыб р. Колыма цвет жабр меняется до бледно-розового оттенка, одновременно увеличивается количество слизи: у щук – 7 особей, у ельца – 4, у окуня – 3 экз.

Мышцы. Серьезных изменений в мышечном тургоре у рыб р. Колыма не отмечено. На первых стадиях заболевания тело становится дряблым даже у живых рыб. При более глубоком поражении организма при слабом надавливании на теле остаются вмятины, а при максимальном токсикозе мышцы легко отделяются от костей и распадаются на отдельные миосепты [2].

Позвоночник. Отмечаются довольно редкие случаи слабого бокового искривления позвоночного столба, видимо, вследствие снижения мышечного тургора. В исследованной выборке в р. Колыма: у щуки – у 1 особи, у ельца – 0, у окуня – у 1 особи.

Гонады. Слабая асимметрия гонад по размерам свойственна многим видам рыб с парными гонадами. Наряду с асимметрией и недоразвитием одной из гонад в них появлялись соединительнотканые разрастания, перетяжки и перекручивания. При сильном загрязнении перетяжки и извилины становились многочисленными, захватывали всю гонаду и она по форме напоминала поверхность человеческого мозга.

У самок аномалии в строении гонад проявлялись в недоразвитии стромы яичника, в нем отмечались полости, перетяжки; яичник становился четко видимым. В районах высокой загрязненности снижалась плодовитость и возрастала доля рыб с нарушениями оогенеза. Сходные нарушения в половой системе других видов рыб отмечены при загрязнении вод промышленными стоками [2, 8, 14, 15].

Одной из ответных реакций на загрязнение может быть необычно раннее половое созревание и появление карликовой формы сига [9].

В р. Колыма у рыб наблюдается асимметрия гонад: у щуки – в 2 случаях, у ельца – в 3, у окуня – в 2 случаях.

Печень. Печень у щуки в норме имеет розово-красный цвет, у ельца – слабо-розовый, а у

окуня – темно-вишневый с небольшими вариациями в оттенках. Аномалии печени при токсикозе (не в нашем случае) проявляются в изменении ее цвета, размера, формы и структуры. На ранних стадиях токсикоза печень у щуки бледнеет равномерно, в результате чего становится пятнистой или мозаичной. Гамма оттенков – от красного до песочного и рыжего. У щуки цвет печени при токсикозе имел широкую гамму оттенков – от красно-коричневого до серо-зеленого и ярко-зеленого, 2–3 цвета одновременно. Пятнистая окраска включала иногда сразу 4–5 оттенков (ярко-зеленый цвет печени встречался в районах сильного загрязнения). Кровеносная система печени окуня в норме почти незаметна, а у щуки вдоль всей печени тянется печеночная вена. При токсикозе сосудистая сеть печени сильно наполняется кровью и увеличивается, часты кровоизлияния и капиллярные узлы. Размер печени и ее форма также претерпевают сильные изменения. У щуки печень уменьшается, укорачивается и истончается, изредка образуются отдельные доли. У окуня печень по форме напоминает перчатку, она истончается до такой степени, что превращается в тонкую полупрозрачную пластинку с несколькими лопастями, внутри которых четко видна сеть сосудов. Часто обнаруживаются признаки цирроза печени, печень приобретает рыжий цвет и зернистую структуру. На последних стадиях поражения печень становится очень дряблой по консистенции и легко размазывается при надавливании [10]. Одновременно с этим обычно отмечается нарушение проходимости желчных протоков, в результате чего желчный пузырь увеличивается в размерах, а его содержимое становится мутным и приобретает желто-зеленый или сине-зеленый цвет [2].

В р. Колыма печень у рыб бледнеет равномерно, может иметь мозаичную окраску. У щуки отмечается в 4 случаях или 8,3%, у ельца – в 1 или 5,3%, у окуня – в 3 случаях или 13,6%.

Почки. В норме у всех исследованных видов рыб почки имеют вид тонких тяжей темно-красного цвета, расположены вдоль позвоночника от головы до анального отверстия на брюшной полости. На загрязнение среды почки, прежде всего, реагируют изменением цвета, а у окуней сначала увеличивается степень наполненности кровеносного сосуда и лишь потом меняется цвет почек. Они становятся сине-зелеными или бурыми. При слабом токсикозе почки могут быть отечными в дистальной части и кровенаполненными. У щуки и окуня на кровеносном сосуде появляются большие лакуны. Развитие заболевания увеличивает кровенапол-

нение и отечность, в почках появляются соединительнотканые разрастания, прежде всего в хвостовой части, почечная ткань приобретает зернистую структуру. В дальнейшем они теряют свою однородность, поражение охватывает весь орган. При надавливании почки под пальцами ощущаются мелкие песчинки, что свидетельствует о начальной стадии нефрокальцитоза. При развитии этой болезни в среднем и заднем отделах почки наблюдается значительное расширение протоков и в них обнаруживаются камни диаметром до 5 мм. Камней может быть много, а объем почки при этом соответственно увеличивается. При сильной закупорке протоков отмечается водянка почки. Иногда в почке обнаруживались полости, выстланные соединительноткаными разрастаниями [2, 16].

В нашем случае у рыб в р. Колыма изменений цвета почки не обнаружено.

Полостной жир у всех видов рыб при сильном токсикозе часто меняет свой обычный белый цвет на розовый или желтовато-оранжевый. У сига часто отмечалось ожирение сердца, а у щуки – селезенки и появление жира вдоль почечных проток и по краю печени.

В р. Колыма у щуки полостной жир слегка розовый – в 4 случаях или 8,3%, у ельца – 0, у окуня – в 2 случаях или 9,1%.

Паразиты в норме всегда присутствуют в организме рыб хотя бы в одном из органов. Но у ослабленных рыб степень инвазии резко возрастает, увеличивается число пораженных рыб, паразиты становятся многочисленными и встречаются более чем в двух, а иногда во всех органах. В р. Колыма у щуки встречаются паразиты в 2 органах в 14 случаях или 29,2%, более чем в 3 органах в 2 случаях или 4,2%; у ельца – в 2 органах в 7 случаях или 37,0%, более чем в 3 органах в 1 случае или 15,8%; у окуня – в 2 органах в 10 случаях или 4,5%, более чем в 3 органах в 1 случае или 4,5%.

На основании балльной оценки степени морфологических аномалий у рыб рассчитывается нормированный индекс (IN) неблагополучного состояния:

$$IN = \sum_{i=1}^{i=n} B_i / \sum_{i=1}^{i=n} B_{max} ,$$

где IN – нормированный индекс; B_i – балл по i -му признаку; B_{max} – максимальный балл по i -му признаку; n – число исследованных признаков.

У щуки ненормированный ИНС в наших условиях менялся в пределах от 0 до 18. Его можно сделать нормированным, поделив на сумму максимальных значений по всем исследованным признакам.

Нормированный индекс был равен 0,7. Были и совершенно чистые щуки без поражений – 24 экземпляра, и рыбы со слабым поражением – 14 (по 1 баллу: поражение жабр, полостного жира, печени; по 1 органу: паразиты). Поражение жабр, печени, полостного жира паразитами встречалось у 4 особей: печени, по частоте встречаемости – 8%, полостного жира – 8%, жабр – 15%, а также челюстей – 4%, гонад – 4%, позвоночника – 2%.

По частоте поражений органов у щук паразитами они располагаются в такой последовательности (по мере увеличения): скелет > гонады > печень, полостной жир > жабры. По максимальной величине: жабры > печень, полостной жир > гонады > скелет.

По доле вклада в общий IN на первом месте – паразиты – 33%, по частоте встречаемости (ЧВ) – 44%; на втором – жабры – 15%, ЧВ – 19%; на третьем – печень и полостной жир по 8%, ЧВ – по 11%; на четвертом – гонады и челюсти по 4%, ЧВ – по 5%; на пятом месте – позвоночник – 2%, ЧВ – 3%.

У ельца р. Колыма степень поражения ИНС колебалась от 0 до 9, в среднем (IN) 1,4. Но были и совершенно чистые без поражения 7 рыб, также рыбы со слабым поражением только по 1 органу: паразитами в жаберных тычинках. Поражение паразитами жаберных тычинок, жабр, гонад и печени по частоте встречаемости были соответственно: 47, 47, 21, 16 и 5%.

По частоте поражений органов паразитами они располагаются в следующей последовательности: печень > гонада > жабры > жаберные тычинки, а по максимальной величине: жаберные тычинки > жабры > гонады > печень.

По доле вклада в общий IN на первом месте – паразиты и жаберные тычинки, их доля по 35%, ЧВ – по 47%; на втором – жабры – 15%, ЧВ – 21%; гонады – 11%, ЧВ – 16%; на третьем месте – печень – 4%, ЧВ – 5%.

У окуня р. Колыма степень поражения (INС) колебалась от 0 до 12, в среднем (IN) 1,4%. Были и совершенно чистые без поражения 7 рыб, а также рыбы со слабым поражением по 1 органу: печень, жабры и челюсти. Поражение паразитами жаберных тычинок, печени, полостного жира, гонад, челюсти и позвоночника составили соответственно: 50, 27, 14, 9, 9, 9 и 4%.

По частоте поражений органов паразитами они располагаются в такой последовательности (по мере увеличения): позвоночник > полостной жир, гонады, челюсти > жабры, печень > жаберные тычинки. По максимальной величине: жаберные тычинки > жабры, печень > гонады, полостной жир, челюсти > позвоночник.

По доле вклада в общий IN на первом месте – паразиты, их доля 39%, ЧВ – 54%; на втором – жаберные тычинки – 19%, ЧВ – 27%; на третьем – жабры и печень – по 10%, ЧВ – по 14%; на четвертом – челюсти, гонады и полостной жир – по 6%, ЧВ – по 9%; на пятом месте – позвоночник – 3%, ЧВ – 4%.

Выводы

Таким образом, можно выделить следующие формы влияния антропогенного загрязнения на рыб ниже зоны действия горных комбинатов и каскадов ГЭС, расположенных на значительном расстоянии от залежей полезных ископаемых на территории Магаданской области, как:

- поражение системы детоксикации организма (жабры, кровь, печень, почки);
- аномалии в скелетных элементах (плавники, челюсти, позвонки, тычинки) и в строении внутренних органов;
- поражение воспроизводительной системы: аномалии в строении гонад (асимметрия гонад), нарушения гаметогенеза, снижение плодовитости;
- снижение биологического разнообразия на всех уровнях сообщества (сокращение числа видов, смена доминирующих видов и т.п.).

На основании оценки состояния рыб систему бассейна р. Колыма можно (с незначительными аномалиями в анатомических и экологических показателях, по индексу неблагоприятного состояния и малому числу средних показателей от 0,7 до 1,4) отнести к третьей зоне – сравнительного экологического благополучия.

Литература

1. Решетников Ю.С. Биологическое разнообразие и изменение экосистем // Биоразнообразие: Степень таксономической изученности. – М.: Наука, 1994 а. – С. 77–85.
2. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.-А., Сталдвик Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб // Успехи современной биологии. – 1999. – Т. 119, № 2. – С. 165–177.
3. Захаров В.М., Кларк Д.М. (ред.) Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. – М.: Моск. отд-ние Междунар. фонда «Биотест», 1993. – 68 с.
4. Попова О.А. Питание хищных рыб Сямозера после вселения корюшки // Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого озера. – М.: Наука, 1982. – С. 106–160.

5. Adams S.M. (ed.) Biological indicators of stress in fish. American Fisher // Soc. Symposium 8 – Bethesda, Maryland, USA, 1990. – 200 p.

6. Аршаница Н.М., Лесников Л.А. Патолого-морфологический анализ состояния рыб в полевых и экспериментальных токсикологических исследованиях // Методы ихтиологических исследований. – Л.: ГосНИОРХ НПО Промрыбвод, 1987. – С.7–9.

7. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. – М.: Пищепромиздат, 1987. – 24 с.

8. Решетников Ю.С. Изменчивость рыб и экологическое прогнозирование // Изменчивость рыб пресноводных экосистем. – М.: Наука, 1979. – С. 5–12.

9. Решетников Ю.С. Метод экспертной оценки состояния особи и популяции сиговых рыб // Биология и биотехника разведения сиговых рыб: Материалы 5-го Всерос. совещ. – СПб.: ГосНИОРХ, 1994. – С. 115.

10. Флеров Б.А. Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных. – Л.: Наука, 1989. – 138 с.

11. Савваитова К.А., Чеботарев Ю.В., Пичугина М.Ю., Максимов С.В. Аномалии в строении рыб как показатель состояния природной среды // Вопросы ихтиологии. – 1995. – № 2. – С. 182–188.

12. Решетников Ю.С., Амундсен П.-А. Сиговые рыбы системы реки Пасвик // Биология и биотехника разведения сиговых рыб: Материалы 5-го Всерос. совещ. – СПб.: ГосНИОРХ, 1994. – С. 112–115.

13. Решетников Ю.С., Попова О.А. Оценка состояния пресноводных экосистем по состоянию рыбной части сообществ // Проблемы экологии и рационального природопользования Северо-Запада России и Псковской области. – Псков: Псковс. гос. пед. ин-т, 1995. – С. 41–52.

14. Акимова Н.В., Рубан Г.И. Анализ воспроизводительной системы рыб в связи с проблемами биоиндикации на примере сибирского осетра *Acipenser baeri* // Вопросы ихтиологии. – 1992. – Т. 32, вып. 6. – С. 102–109.

15. Кошелев Б.В. Экология размножения рыб. – М.: Наука, 1984. – 307 с.

16. Моисеенко Т.И., Лукин А.А., Кашулин Н.А. Сиг как тест-объект для биоиндикации качества вод озер Крайнего Севера // Современные проблемы сиговых рыб. – Владивосток, 1991. – С. 213–224.

Поступила в редакцию 09.03.2016