

УДК 282.252.1:576.8

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА РЫБЫ РЕКИ АМУР

© 2009 г. Л.М. Чухлебова^{1,2}

1 – Хабаровский филиал ТИНРО-Центра (ХфТИНРО), Хабаровск 680028

2 – Амурское бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов (ФГУ «Амуррыбвод»), Хабаровск 680021

Уникальность водной экосистемы р. Амур и масштабы ее загрязнения обусловлены спецификой водосбора, который расположен на территории России, Китая и Монголии. Значительная антропогенная нагрузка на экосистемы Приамурья связана с интенсивным освоением новых территорий на севере Китая, включая бассейн р. Сунгари, влиянием крупных российских городов: Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре, Амурска, Николаевска-на-Амуре. В качестве биоиндикаторов были использованы организмы разного уровня организации (рыба, микроорганизмы). О характере влияния водной среды на обсемененность микроорганизмами жабр рыб судили по численности фенолрезистентных бактерий. Показано, что высокие концентрации органического вещества выявлены в водах Амура ниже устья р. Сунгари, городов Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре. Качество рыбы (конь пестрый, амурский сиг, амурский сом) из протоки Серебряная на два порядка выше, чем у этих же видов из основного русла Амура ниже впадения р. Сунгари.

ВВЕДЕНИЕ

Нарастающие масштабы загрязнения водоемов различными техногенными соединениями являются причиной поиска критериев в оценке их состояния. Особое место в потоке поступающих в водные экосистемы аллохтонных веществ занимают органические соединения, которые наряду с автохтонным органическим веществом, образующимся непосредственно в водоеме, определяют уровень евтрофирования водных экосистем и оказывают существенное влияние на органолептические свойства воды (Сакевич, 1985; Сиренко, Козицкая, 1988). Естественные водоемы, хотя и обладают высокой самоочищающей способностью, но при внесении большого количества органических загрязняющих веществ не в состоянии быстро переработать их (Мудрецова-Висс, 1978). Изменения, происходящие в гидросфере, наиболее сильное воздействие оказывают на водные организмы, в частности на рыб, способных за продолжительное время накапливать информацию об антропогенных влияниях на водную среду (Саввантова и др., 1995; Моисеенко, 2002).

Для выявления эффекта различных воздействий на состояние водных экосистем существуют разнообразные методы, так, например, биоиндикационные методы позволяют выявить последствия загрязнения водного объекта по экологическим характеристикам сообщества (Макрушин, 1974; Филенко, 2007).

Цель данной работы состояла в установлении взаимосвязи между уровнем загрязнения водной среды органическими веществами и характером бактериальной контаминации жабр и мышц рыб из различных мест обитания в р. Амур.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Фактический материал был собран в 1998-2007 гг. Воду отбирали с поверхностных слоев батометром, донные отложения – дночерпателем Петерсона, использовали верхний ненарушенный слой. Рыбу для анализов отбирали в количестве 3-5 экз. с использованием ставных и жаберных сетей, ручных орудий лова. Отбор проб осуществлялся сотрудниками Амуррыбвода, Хабаровского филиала ТИНРО-центра и ИВЭП ДВО РАН.

Район исследований и станции отбора проб представлены на рисунке 1.

Материалом для исследования служили пробы воды, донных отложений, а также мышечные ткани и жабры рыб, приготовление к анализу которых проводили согласно нормативным требованиям (Инструкция..., 1991). Для количественного учета в воде и донных осадках сапрофитных гетеротрофных бактерий (ГБ) использовали общепринятые в микробиологии методы (Методы..., 1989). Фенолрезистентные бактерии (ФРБ) учитывали на питательной среде минеральный фон с 1% монофенола (Каретникова, 2002).



Рис. 1. Карта-схема отбора проб для микробиологических анализов.

Fig. 1. Map-scheme of sampling sites.

Показателем общей бактериальной обсемененности мышечной ткани и жабр рыб служило количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), а также численность фенолрезистентных бактерий (ФРБ) на жабрах (Чухлебова, 2004). Для оценки качества рыбного сырья использовали нормативные требования: в сырой рыбе должно содержаться не более 5×10^4 колониеобразующих единиц на грамм массы (КОЕ/г). Результаты обрабатывали статистически и представляли в виде средних значений и их ошибок ($M \pm m$) (Лакин, 1968; программа Statistica). Численность микроорганизмов на рисунках представлена в логарифмическом виде ($\lg N$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Река Амур является одной из крупнейших рек мира, основной рыбохозяйственной рекой Дальнего Востока. Это вторая после Миссисипи по биоразнообразию река Северного полушария (Беляев, 1999). В Амуре обитает, как минимум 118 массовых видов рыб. Из ценных промысловых видов наиболее многочисленными являются карась (21,9%), белый толстолобик (19,5%), верхогляд (16,3%), сазан (10,9%), белый лещ (10,3%). Кроме этих видов рыб довольно значительную долю в уловах занимают такие виды как пестрый конь (4,0%), монгольский краснопер (3,4%), амурский сом (2,8%), амурская щука (1,1%) и другие (Семенченко, 2007). Согласно последним данным, со стоком р. Сунгари (правобережный приток Амура, Китай) в амурские воды поступают разнообразные азотсодержащие минеральные и органические соединения, фосфаты, трудноминерализуемые органические соединения ароматического ряда (Шестеркин и др., 2001; Гаретова и др., 2007).

Органическое вещество (ОВ) – неотъемлемый компонент природных вод. Его состав и содержание в природных водах определяется совокупностью многих различных по своей природе и скорости процессов. Установлено, что в водах Амура в пределах Среднеамурской низменности распределение содержания общего органического углерода в многолетней динамике имеет минимумы на участках Амура выше сел Амурзет, Нагибово, Малмыж, а максимумы – ниже устья р. Сунгари, городских очистных сооружений городов Хабаровска, Амурска, Комсомольска-на-Амуре и в оз. Петропавловском (с превышением ПДК по ХПК и БПК₅ в 1,2-5,0 раз и низкими ПО/ХПК<0,4, где ПО – перманганатная окисляемость). Пределы изменений $C_{орг}$ – 7-46 мгС/дм³. Годовая динамика содержания ОВ в воде Амура характеризуется существенным увеличением их количества после летне-осенних паводков за счет аллохтонной составляющей. В зимнее время общее содержание ОВ уменьшается за счет снижения автохтонной органики, но вклад аллохтонного ОВ остается существенным (Левшина, 2007).

Основные гидрохимические показатели воды р. Амур содержат большое количество органических веществ аллохтонного происхождения, главным образом, гумусной природы. Об этом свидетельствует цветность воды в данном водоеме. В зависимости от сезона она колеблется от 77 до 109 град. Растворенный кислород является одним из главных показателей качества речных вод. При его дефиците (<4,0 мг/дм³) возникают заморы, резко снижается качество воды. Ухудшение кислородного режима Амура в зимний период связано не только со снижением его водности, но и с поступлением в его воды больших количеств загрязняющих веществ (Шестеркин, 2007).

Качество воды р. Амур выше устья р. Сунгари в настоящее время определяется качеством вод рр. Зея и Бурея (левобережных притоков Амура), которые характеризуются меньшей степенью минерализации. Значительное ухудшение качество воды в р. Амур наблюдается ниже устья р. Сунгари и связано с неоднородностью распределения растворенных веществ по поперечному сечению (табл. 1). Наибольшее превышение отмечено для хлоридных, сульфатных и фосфатных ионов. Наблюдаются высокие уровни концентраций аммонийного, превышающие ПДК, нитратного и нитритного азота. Это свидетельствует о высокой степени загрязнения вод р. Сунгари биогенными и органическими веществами.

Таблица 1. Гидрохимические показатели качества воды р. Амур (ледостав 2000-2002 гг.), мг/дм³.
Table 1. Hydrochemical characteristics of Amur river water (winter 2000-2002), mg/dm³.

Часть русла	М	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	HPO ₄ ²⁻
Выше устья р. Сунгари (пос. Нагибово)							
Фарватер	49,4	3,1	2,7	0,42	1,90	0,012	0,011
Левобережная	49,0	2,2	2,7	0,36	1,86	0,009	0,015
Ниже устья р. Сунгари (пос. Нижнеленинское)							
Фарватер	49,3	2,5	3,2	0,47	1,59	0,006	0,019
Левобережная	153,2	11,6	16,4	2,78	3,40	0,029	0,052

Примечание: М — величина минерализации

Использование микробиологических методов также позволяет выявить локальные зоны загрязнения р. Амур. Сильно загрязненными и загрязненными признаны воды в зоне влияния р. Сунгари: общая численность гетеротрофных бактерий ниже устья (пос. Ленинское) составила 170 тыс. КОЕ/мл; выше устья (пос. Нагибово) – 70 тыс. КОЕ/мл. В нижнем течении Амура загрязненные участки были

выделены в районе пос. Сикачи-Алян (38-131 тыс. КОЕ/мл), пос. Тахта (125 тыс. КОЕ/мл) (Микроорганизмы..., 2000).

Донные отложения служат источником дополнительного поступления в водную среду биогенных веществ. Значительная доля аллохтонного, привнесенного с водосборной площадки и автохтонного ОБ не успевает разложиться в водной толще и седиментируется на поверхности грунтов. Наиболее часто взаимосвязь между грунтом и рыбой осуществляется не непосредственно, а через водную среду и кормовые объекты.

В период зимней межени 2000-2001 гг. были проведены исследования структуры микробиоценозов донных осадков возле левого берега р. Амур выше и ниже устья р. Сунгари (табл. 2).

Таблица 2. Динамика численности бактериобентоса в зоне влияния р. Сунгари (зимняя межень 2000-2001 гг.).

Table 2. The dynamics of the number of microbenthos in zone of influence the Sungary River (winter 2000-2002).

Место отбора проб, река Амур	Численность бактерий, тыс. КОЕ/г			
	ОЧГБ	АМБ	НБ	ФРБ
с. Нагибово (выше р. Сунгари), левый берег	75-300*	2,5-44,5	32,5-94,0	1-80
с. Ленинское (ниже р. Сунгари), левый берег	510-2930	52,5-1285	210-2095	6-1050
с. Нижнеспасское (ниже р. Сунгари), левый берег	525-2060	32,0-303,0	190-1370	10-43,5
с. Нижнеспасское (ниже р. Сунгари), правый берег	135-1544	6,5-72,3	80-240	6-145

Примечание: * – Варьирование численности бактериобентоса, показаны минимальные и максимальные значения в пробах, отобранных в период с января по март.

ОЧГБ – численность гетеротрофных бактерий; АМБ, НБ, ФРБ – аммонифицирующие, нитрифицирующие, фенолрезистентные бактерии.

Note: * – Change number of microbenthos, it showed minimum and maximum significant (January-March).

ОЧГБ – number of heterotrophic bacteria; АМБ, НБ, ФРБ – ammonifying, nitrifying, fenolresistance bacteria.

Общая численность бентосных гетеротрофных бактерий, участвующих в минерализации азотсодержащих органических соединений, включая аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, в донных осадках Амура ниже устья р. Сунгари, максимальная численность которых составила от 1 544 до 2 930 тыс. КОЕ/г сырого грунта и была значительно выше численности этих групп бактерий в толще воды (170 КОЕ/мл). Высокая численность бактерий в донных отложениях ниже устья р. Сунгари, с. Ленинское (1 050 тыс. КОЕ/г) свидетельствует о присутствии аллохтонных ароматических соединений, в том числе фенольного ряда, поступающих с водами р. Сунгари. Вне зоны влияния р. Сунгари (район с. Нагибово) численность бентосных фенолрезистентных бактерий была значительно ниже (80 тыс. КОЕ/г).

Одним из критериев качества воды может служить уровень бактериальной обсемененности мышечной ткани и жабр рыб. Так, например, в период ледостава 2000-2001 гг. нашими исследованиями было показано, что обсемененность бактериями мышечной ткани рыб одного вида, отловленных из различных по уровню загрязнения водоемов бассейна Амура – протоки Серебряная и основного русла Амура ниже устья р. Сунгари значительно отличаются (Кондратьева и др., 2003). Бактериальная обсемененность мышечных тканей рыб из основного русла ниже устья р.

Сунгари (с. Ленинское) была на два порядка выше, чем у этих же видов рыб из протоки Серебряная (рис. 2).

В значительной степени были обсеменены гетеротрофными и фенолрезистентными бактериями жабры рыб.

В жабрах рыбы, извлеченной из воды, которая является источником их бактериального обсеменения, процессы порчи протекают более интенсивно, что выражается в увеличении в них численности микроорганизмов. Такое явление возможно и при общем ослаблении организма вследствие преодоления многочисленных стрессовых ситуаций (Никольский, 1974; Андронников и др., 1987).

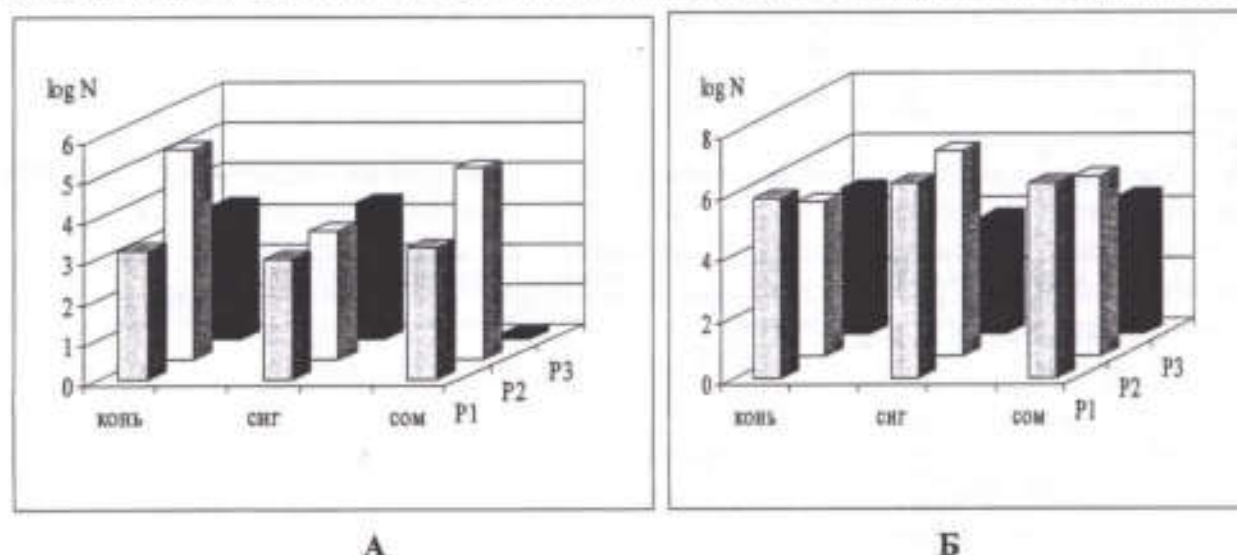


Рис. 2. Микробиологическая характеристика различных видов рыб, выловленных из пр. Серебряная (А) и р. Амур ниже устья Сунгари (Б) в период ледостава 1999 г. P1, P2 – численность (\log_{10} N КОЕ) гетеротрофных бактерий в мышцах и жабрах соответственно; P3 – численность фенолрезистентных бактерий в жабрах.

Fig. 2. Microbiological characteristics of different species of fish in the Silver river (A) and the Amur river lowers the estuary the Sungary River (B), winter 1999. P1, P2 – quantity (\log_{10} N KOE) geterothrophic bacteria in muscules and gills of fish, P2 – quantity PhR bacteria in gills of fish.

Принимая во внимание важную роль жабр в контакте с водной средой, были проведены микробиологические исследования, направленные на выявление особенностей их бактериального загрязнения при изменении уровня загрязнения воды. Исследования, проведенные на Амуре в период ледостава 2002-2006 гг. и открытой воды 2002-2007 гг. по определению зависимости обсемененности жабр рыб гетеротрофными (ГБ) и фенолрезистентными бактериями (ФРБ) и их численности в водной среде показали, что бактериальное загрязнение жабр было устойчивым при максимальном загрязнении водной среды органическими веществами (табл. 3).

Высокая степень бактериальной контаминации жабр рыб связана с увеличением численности микроорганизмов в водной среде, обусловленной поступлением органических веществ с поверхностным стоком во время летних дождей и осенних паводков, загрязняющие вещества, поступающие с водосборов, играют заметную, иногда даже определяющую роль в формировании нагрузки на реки. Микробиологические исследования качества рыбы были проведены в 1999-2002 гг. на притоках Амура (пр. Анюй, Маном), трофический статус которых соответствует олиготрофно-мезотрофному типу водотоков. Результаты анализов показали, что количество ГБ в мышцах рыб составило от $0,68 \pm 0,15$ тыс. до $1,28 \pm 0,20$ тыс. КОЕ/г, в жабрах от $2,15 \pm 1,88$ тыс. до $2,54 \pm 0,68$ тыс. КОЕ/г, а численность ФРБ в

жабрах – от $0,21 \pm 0,18$ тыс. до $0,25 \pm 0,07$ тыс. КОЕ/г (Чухлебова, 2007). Такие существенные различия в качестве рыб могут быть связаны с изменением их физиологического состояния под влиянием загрязнения среды обитания, ослаблением защитных механизмов, что увеличивает доступ к внутренним органам не только этих загрязняющих соединений, но и различных микроорганизмов из водной среды.

Таблица 3. Зависимость бактериальной обсемененности жабр рыб от качества водной среды в 2002-2007 гг.
Table 3. The dependence of quantity bacteria in gills of fish from quality of Amur river water in 2002-2007.

Год	Количество бактерий на жабрах тыс. КОЕ/г				Количество рыб, экз./виды	Количество бактерий в воде, тыс. КОЕ/мл			
	ГБ		ФРБ			ГБ		ФРБ	
	М	± m	М	± m		М	± m	М	± m
Основное русло Амура (ледостав)									
2002	15,6	7,80	0,39	0,19	21/9	12,25	6,50	0,49	0,28
2004	12,7	7,15	0,41	0,21	30/7	80,30	48,70	0,29	0,14
2005	63,85	18,63	0,21	0,06	21/8	130,24	63,21	0,31	0,09
2006	148,0	19,3	0,16	0,03	32/8	148,0	33,5	1,30	0,60
Основное русло (открытая вода)									
2002	18,2	9,6	1,97	0,92	33/10	20,80	10,40	1,50	0,75
2004	46,3	22,3	0,65	0,32	36/7	34,70	16,50	0,53	0,26
2005	179,7	55,9	0,33	0,11	53/12	100,24	34,03	0,44	0,12
2006	183,8	23,4	0,57	0,10	91/16	132,3	52,50	0,39	0,20
2007	17,2	5,48	0,29	0,08	48/10	9,43	3,68	0,08	0,04

Примечание: ГБ, ФРБ – гетеротрофные, фенолрезистентные бактерии; М – средние значения, m – ошибка средней арифметической на малых выборках.

Note: ГБ, ФРБ – heterotrophic, fenolresistance bacteria; М – average values, m – error arithmetic mean on the small samples.

Несмотря на то, что на притоках Амура расположено множество крупных (в Китае – Сунхуаху, Муданьцзянское, в России – Зейское, Бурейское) и мелких гидроэнергетических объектов, увеличивающих его водность, поступление загрязняющих биогенных и органических веществ в воды Амура как с российской (Читинской, Амурской областей, Еврейской автономной области, Хабаровского и, частично, Приморского краев), так и с ускоренным экономическим развитием северо-восточных провинций Китая (Цилинь, Хейлунцзян) обусловило хроническое загрязнение вод Амура ниже впадения р. Сунгари. Также увеличился риск загрязнений амурской воды из-за техногенных аварий на химических предприятиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что степень загрязнения окружающей среды влияет на изменение бактериальной обсемененности мышечной ткани и жабр рыб. Под влиянием различных органических соединений, находящихся в водной среде могут ослабляться защитные механизмы рыб от неблагоприятных антропогенных воздействий, нарушаться барьерные функции кожного покрова и жабр от внедрения сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов. Состояние жабр амурских рыб по микробиологическим показателям зависит от уровня загрязнения водных экосистем органическими веществами различного происхождения. Высокой бактериальной обсемененностью жабр характеризовалась рыба, выловленная в низовьях основного русла р. Амур и ведущая придонный образ жизни (сом, конь пестрый, налим).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андронников С.Б., Иванов Э.В., Лукина Т.М., Шестерин И.С. Способ контроля воды на токсичность по жаберному аппарату. Сб. Методы ихтиотоксикологических исследований. Л.: Наука, 1987. С. 34-43.

Беляев В.А. Рыбные ресурсы р. Амур. Сб. Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы. Мат. междунар. науч. экол. конф. Ч. 2. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 1999. С. 42-43.

Гаретова Л.А., Левшина С.И., Юрьев Д.Н. Влияние р. Сунгари на загрязнение р. Амур органическими веществами: гидрохимическая и микробиологическая оценки // Вестник ДВО РАН. 2007. №4. С. 27-34.

Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных №5319-91. Л.: Гипрорыбфлот, 1991. 94 с.

Каретникова Е.А. Оценка экологического риска фенольного загрязнения водных экосистем. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Хабаровск, 2002. 22 с.

Кондратьева Л.М., Чухлебова Л.М., Рапопорт В.Л. Экологические аспекты изменения органолептических показателей ихтиофауны р. Амур в зимний период // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 311-318.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1968. 288 с.

Левшина С.И. Содержание и динамика органического вещества поверхностных вод бассейна р. Амур и его геоэкологическое значение. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. Владивосток, 2006. 23 с.

Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 1987. 240 с.

Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Ленинград: Зоологический институт АН СССР, 1974. 58 с.

Методы изучения водных микроорганизмов: монография / С.И. Кузнецов, Г.А. Дубинина. М.: Наука, 1989. 288 с.

Микроорганизмы в экосистемах Приамурья: монография / Л.М. Кондратьева, Л.А. Гаретова, Е.Л. Имранова, О.А. Кириенко, Л.М. Чухлебова, Е.А. Каретникова. Владивосток: Дальнаука, 2000. 198 с.

Моисеенко Т.И. Концепция биологической оценки качества вод: экотоксикологический подход. Сб. Вода: экология и технология. М.: Экватек, 2002. С. 80.

Мудрецова-Висс К.А. Микробиология. М.: Экономика, 1978. 240 с.

Никольский Г.В. Экология рыб. М.: Высшая школа, 1974. 367 с.

Савваитова К.А., Чеботарев Ю.В., Пичугин М.Ю., Максимов С.В. Аномалии в строении рыб как показатель состояния природной среды // Вопросы ихтиологии. 1995. Т. 35. Вып. 2. С. 182-188.

Сакевич А.И. Экзометаболиты пресноводных водорослей. Киев: Наукова думка, 1985. 197 с.

Семенченко Н.Н. Состояние запасов жилых промысловых рыб реки Амур // Экология и безопасность водных ресурсов. Мат. регион. науч.-практ. конф. Хабаровск: ДВГГУ, 2007. С. 151-160.

Сиренко Л.А., Козицкая В.И. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев: Наукова думка, 1988. 256 с.

Филленко О.Ф. Место биологических методов в контроле качества окружающей среды по загрязнению. Сб. мат. междунар. конф. «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем». СПб.: ЛЕМА, 2007. С. 8-12.

Чухлебова Л.М. Экотоксикологическая оценка состояния рыб экосистемы реки Амур. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Владивосток, 2004. 22 с.

Чухлебова Л.М. Оценка качества лососевидных рыб из различных водотоков реки Амур по микробиологическим показателям // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 148. С. 314-318.

Шестеркин В.П. Зимний гидрохимический режим Амура // Вестник ДВО РАН. 2007. №4. С. 35-43.

Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Трансграничное загрязнение Амура биогенными веществами. Сб. География Азиатской России на рубеже веков. Иркутск: ИГ СО РАН, 2001. С. 184.

ECOLOGICAL ASPECTS OF AMUR RIVER FISHES QUALITY

© 2009 y. L.M. Chukhlebova^{1,2}

1 – Khabarovsk Branch Pacific Scientific Research Fisheries Centre, Khabarovsk

2 – The Amur State Regional Department for reproduction of water biological resources and fisheries management (FSD «Amurrybvod»), Khabarovsk

The ecological situation of the Amur River provokes a serious apprehensions last years, especially in winter is characterized by a tendency to deterioration. Organisms different level of organizations (fish, microorganism) were used as bioindication. The microbiological researches of water and bottom sediments, were carried out according to the standard procedure, were studying structure and activity of microbial communities. As an index of general microorganism's occupancy of fish muscular tissues, there was used the method of determining a number of mesophilic aerobic and optional-anaerobic microorganisms. The influences of water environment on seeding of microorganisms in gills of fish were defined on number PhR bacteria. It showed that high concentrations of organic substance were discovered in the Amur River lowers the estuary the Sungary River, Khabarovsk, Komsomolsk cities.