

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЯ  
ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХТИОФАУНЫ  
Р. АМУР В ЗИМНИЙ ПЕРИОД**

**Л.М. Кондратьева, Л.М. Чухлебова, В.Л. Рапопорт**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена, 65,  
Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: kondr @ fe.ru*

Представлены результаты комплексного исследования состояния ихтиофауны р. Амур в период ледостава микробиологическими и химическими методами. Приведены данные по содержанию в мышечных тканях летучих веществ, влияющих на органолептические и токсикологические свойства рыбы.

**ECOLOGICAL ASPECTS OF ICHTHYOFAUNA ORGANOLEPTIC INDEX  
CHANGES IN FROZEN UP OF AMUR RIVER**

**L.M. Kondratiyeva, L.M. Chukhlebova and V.L. Rapoport**

*Institute of Water and Ecological Problems, Far East Branch RAS, 65 Kim Yu Chen str.,  
Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: kondr @ fe.ru*

Results of complex microbiological and chemical studies of ichthyofauna in frozen up Amur river have been presented. Data on volatile material content in muscular tissue affecting organoleptic and toxicological properties of fish have been given.

Одной из актуальных экологических проблем Хабаровского края является ухудшение качества природных вод и рыбы на Нижнем Амуре, особенно в период ледостава. Так, зимой 1996/97 г. было отмечено резкое изменение органолептических свойств у частиковых, осетровых и лососевых (корюшка) рыб. Из 43 образцов рыбы, выловленной в Нанайском и Ульчском районе (калуга, осетр, сиг, корюшка, щука, налим), 29 образцов имели неприятные посторонние запахи и привкусы. Администрации Нанайского и Николаевского районов и Комиссия по чрезвычайным ситуациям края вынуждены были принять решение "О запрещении использования свежельвленной рыбы и воды из реки Амур". Запретные меры породили комплекс социально-экономических проблем в Приамурье. Одна из них – экологическая безопасность использования воды и рыбы из р. Амур, употребление которых стало представлять реальную угрозу для здоровья человека.

На фоне сложившейся экологической ситуации была сформулирована гипотеза "фенольного" загрязнения, согласно которой появление неспецифических запахов у воды и рыбы связывалось со сбросом в реку токсичного фенола, или "карболки". В качестве критерия фенольного загрязнения использовали ПДК фенола, а методику – определение суммы летучих с паром фенолов. По этой методике определяется группа фенольных соединений различного происхождения и уровня токсичности.

В ходе комплексных исследований, проведенных в период ледостава 1997-1998 гг., было установлено, что изменение органолептических свойств воды и рыбы не связано с антропогенным фенольным загрязнением (Кондратьева, 2001).

Положение с качеством рыбы не изменяется уже в течение нескольких лет. По данным Амурской рыбинспекции, значительная часть рыбы (лососевые и частичковые), выловленной на Нижнем Амуре в период с декабря по апрель 1999-2000 гг., была забракована из-за сильного постороннего химического запаха. По наблюдению Богородской рыбинспекции, в зимний период 1999-2000 гг. (декабрь–апрель) многие виды рыб (осетр, щука, сиг, налим, сазан, карась, верхогляд, корюшка малоротая и азиатская) на Нижнем Амуре имели посторонний химический запах и вкус. Начиная с декабря 2002 г. почти вся рыба, выловленная в основном русле р. Амур в Хабаровском и Нанайском районах, была с резким запахом.

Ориентация только на антропогенное загрязнение водных экосистем токсичными веществами полностью исключает все разнообразие внутриводоемных процессов, соотношение между первичным и вторичным загрязнением, вероятность образования летучих соединений из природных предшественников (Кондратьева, 2000). При этом не учитывается возможность изменения органолептических показателей рыбы при нарушении метаболизма ихтиофауны при хроническом загрязнении низкими концентрациями токсичных веществ, способных концентрироваться в мышечных тканях и внутренних органах (эффект биоаккумуляции). Более того, совершенно очевидно, что в формировании органолептических свойств рыбы принимают участие несколько соединений, которые могут быть различного генезиса. Проблема состоит в выборе приоритетных групп и методов их определения.

В этой работе впервые использован комплексный подход к выявлению причин изменения органолептических показателей ихтиофауны р. Амур в период ледостава. Микробиологический анализ состояния мышечных тканей и жабр в сочетании с физико-химическими методами определения отдельных классов летучих веществ позволяет оценить степень загрязнения водной среды органическими веществами различного происхождения, возможность интродукции сапрофитных микроорганизмов в организм рыбы и образование в ней токсичных продуктов, участвующих в формировании "химических" запахов.

### Материал и методика

Материалом для микробиологических исследований служили мышечная ткань и жабры рыб, выловленных на различных участках р. Амур в период ледостава в 1998-2002 гг. Отбор, подготовка к анализу проб рыбы, приготовление инокулята проводились согласно инструкции № 5319 от 22.03. 1991 г. по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных. При обобщении материалов учитывали последние рекомендации СанПиН 2.3.2. 1078-01 от 1 июля 2002. Для оценки качества рыбного сырья использовали нормативные требования КМАФаНМ-метода, согласно которому в сырой рыбе должно содержаться не более  $5 \cdot 10^4$  колониеобразующих единиц (КОЕ/г) мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. При исследовании мазка-отпечатка мышечной ткани рыбы, пригодной к употреблению, в поле зрения микроскопа должно быть не более 10 клеток микроорганизмов ( $\times 900$ ).

О характере влияния водной среды на обсемененность жабр рыб судили по численности гетеротрофных и фенолрезистентных бактерий. Для выявления устойчивых к фенолу бактерий культивирование проводили на агаризованной питательной среде, содержащей 1 г/л монофенола.

Определение азота летучих оснований проводили титриметрическим методом согласно ГОСТу 7636-85, п. 3.2.1 "Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа". Гистамин определяли фотометрически, с учетом дополнений к документу "Временные гигиенические нормативы и метод определения содержания гистамина в рыбопродуктах" СанПиН 42-123-4083-86. Анализ

триметиламина (ТМА) проводили спектрофотометрически (НР 8452 А) с использованием пикриновой кислоты в безводном толуоле при длине волны 415 нм. Летучие спирты, альдегиды и кетоны определяли по модифицированной методике парафазной газовой хроматографии (хроматограф М-3500) с использованием колонки с "Полисорб 1" и пламенно-ионизационного детектора.

### Результаты и обсуждение

Наблюдаемый в последнее время ихтиологами минимальный уровень численности многих видов анадромных рыб может быть обусловлен не только глобальными природными процессами, связанными с изменением климата, приводящими к чередованию циклов продукционного максимума. Не следует исключать таких важных экологических факторов, как изменение качества воды, нарушения в трофических цепях, депрессии популяций вследствие хронического загрязнения водных экосистем.

Особенности ответных реакций рыб на изменение экологических параметров среды зависят от их образа жизни и типа питания. Состояние окружающей среды влияет на разнообразие и воспроизводство ихтиоценозов, качество рыбной продукции, особенности ее порчи (появление нехарактерных запахов и привкусов), а также на длительность сохранения пищевой ценности в замороженном состоянии (Лукьяненко, 1987; Голова, Дедухина, 1986).

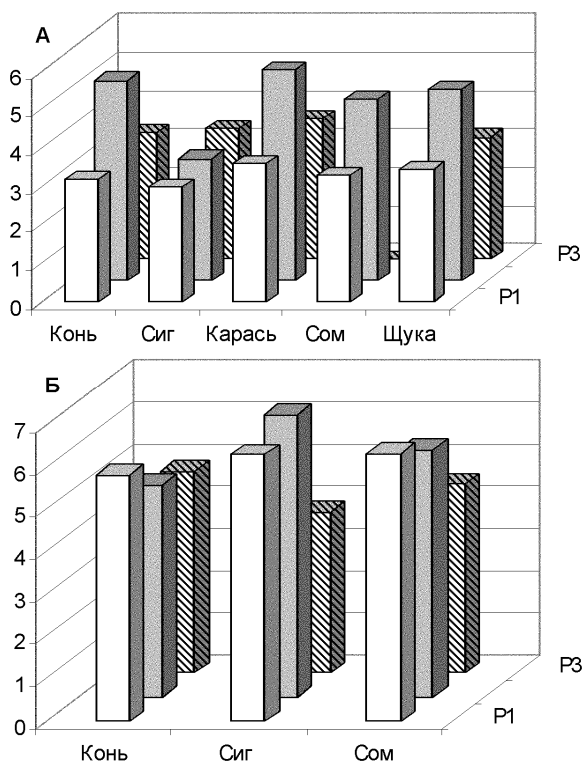
#### Микробиологическая индикация

В результате санитарно-микробиологических исследований, проведенных в 1998-2000 гг. (более 200 проб различных видов рыб), показано, что рыба, выловленная в период ледостава в основном русле Амура, довольно часто не соответствовала требованиям, предъявляемым к рыбной продукции, и не подлежала хранению даже в замороженном состоянии (Кондратьева, Чухлебова, 2002).

Несмотря на существенное различие в гидрологическом режиме водотоков бассейна р. Амур, в различные годы (2001 г. экстремально маловодный по сравнению с 1999-2000 гг.) вылавливаемая в протоках рыба отличалась меньшим бактериальным загрязнением мышц и жабр, по сравнению с рыбой, выловленной из основного русла. Высоким качеством отличалась рыба, выловленная в протоках Талга, Серебряная, Малышевская, а также в нерестовых реках Анюй и Манома. Не соответствовали требованиям, предъявляемым к рыбной продукции, сиг, сазан и корюшка из основного русла р. Амур (поселки Славянка и Тыр). Значительное загрязнение жабр гетеротрофными и фенолрезистентными бактериями было характерно для амурской рыбы, выловленной в районе пос. Славянка. Высокая степень бактериальной контаминации жабр связана с ростом численности микроорганизмов в водной среде, загрязненной органическими веществами.

Особенно интересные, на наш взгляд, данные получены при сравнительной оценке качества рыбы, выловленной в период ледостава 1999–2000 г. в протоке Серебряная и в основном русле р. Амур ниже впадения р. Сунгари (см. рисунок). Независимо от вида вся рыба (конь, сиг, карась, сом, щука) из протоки Серебряная соответствовала санитарно-гигиеническим требованиям. Численность гетеротрофных бактерий в мышцах рыб была примерно одинаковой и составляла  $1,0 \times 10^3$ – $5,0 \times 10^3$  КОЕ/г (норма  $5,0 \times 10^4$ ). Жабры были обсеменены в большей степени, что связано с пребыванием рыб в период ледостава главным образом в зимовальных ямах, где в придонном слое воды обычно наблюдается высокая численность микроорганизмов. Минимальная численность гетеротрофных бактерий на жабрах была отмечена у сига, а фенолрезистентных – у сома. У всей остальной рыбы сохранялась общая тенденция загрязнения жабр микроорганизмами, соответствующая качеству придонных слоев воды.

Рыба, выловленная ниже устья р. Сунгари, по микробиологическим показателям (МаФанМ-метод) не соответствовала нормативным требованиям. Степень бактериаль-



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, P3 – численность фенолрезистентных бактерий в жабрах

ские соединения фенольного ряда (Кондратьева и др., 2000; Шестеркин, 2000). Принимая во внимание интенсивное сельскохозяйственное и промышленное развитие правобережных районов КНР, есть полное основание говорить о трансграничном загрязнении р. Амур различными поллютантами.

Разнообразные автохтонные и аллохтонные органические вещества, токсичные микропримеси, в том числе ионы тяжелых металлов оказывают существенное влияние на состояние гидробионтов. Эти соединения способствуют общему ухудшению состояния ихтиофауны, ослаблению защитных функций против интродукции сапрофитных и патогенных микроорганизмов через жабры и кожные покровы в организм рыб. При комбинированном воздействии микробных ферментов и токсикантов различной природы могут резко ухудшаться органолептические свойства рыбы.

Проведенные в период ледостава 2001-2002 гг. комплексные исследования показали, что на качество воды в р. Амур на участке между городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре существенное влияние оказывает загрязнение органическими веществами различного генезиса, в том числе пестицидами, стойкими полиароматическими веществами и ионами тяжелых металлов. В этом районе отловлены 41 экземпляр 11 видов рыб (сом, конь пятнистый, конь губарь, чебак, налим, сазан, лещ, толстолоб, карась, верхогляд, краснопер монгольский) из 6 точек зимования: протоки Аджор, Эморон, Майка и основное русло р. Амур.

Санитарно-гигиеническая оценка мышц выловленной рыбы МаФанМ-методом показала, что вся рыба была бактериально загрязнена, что может быть связано с ослаблением защитных функций рыб и интродукцией микроорганизмов через кожные покровы

ной обсемененности мышечных тканей рыб на этом участке р. Амур была на два порядка выше по сравнению с подобными показателями у рыб из протоки Серебряная. В значительной степени были заражены гетеротрофными и фенолрезистентными бактериями жабры. Полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне содержания в окружающей водной среде многочисленных экологических групп микроорганизмов и органических веществ различного происхождения.

Такие существенные различия в качестве одних и тех же видов рыб в период ледостава могут быть связаны с изменением физиологического состояния рыб под влиянием факторов среды обитания, ослаблением защитных механизмов по отношению к интродукции микроорганизмов в мышечные ткани. Согласно последним данным, со стоком р. Сунгари в амурские воды поступают разнообразные азотсодержащие минеральные и органические соединения, фосфаты, труднорастворимые ароматические соединения фенольного ряда (Кондратьева и др., 2000; Шестеркин, 2000).

и жабры в мышечные ткани. Среди факторов, снижающих барьерные функции отдельных органов, можно назвать следующие: низкие температуры, лимит кислорода и присутствие токсичных веществ. Согласно нормативным требованиям МАФанМ-метода критический уровень бактериального загрязнения отмечен у рыб, выловленных в основном русле р. Амур в районе поселков Славянка и Троицкое ( $1,95 \times 10^3 - 2,2 \times 10^4$ ). Расслоение волокон мышечной ткани подтверждено прямым микроскопированием мазков отпечатков.

Известно, что жабры выполняют важную барьерную функцию для организма рыб. Через них осуществляется непосредственный контакт между водной средой и внутренними органами. При поражении жабр токсичными веществами увеличивается доступ к внутренним органам не только этих токсичных веществ, но и различных микроорганизмов из водной среды. У здоровой рыбы микроорганизмы на жабрах выполняют защитную функцию, они способны очищать поступающую во внутренние полости воду. Высокую степень бактериального загрязнения жабр наблюдали у рыб, выловленных в основном русле Амура. Численность гетеротрофных бактерий у рыб, выловленных в протоках Эморон и Малайка, была на порядок ниже. Как правило, в протоках не подверженных влиянию р. Амур, рыба соответствовала санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к рыбной продукции, и характеризовалась меньшей бактериальной обсемененностью мышечных тканей и жабр (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

## Микробиологическая оценка качества рыбы в экосистеме р. Амур в период ледостава (2001-2002 гг.)

Место вылова	Кол-во экз.	Количество бактерий по МАФанМ, клеток/г*			
		мышцы		жабры	
		Min	Max	Min	Max
Основное русло	22	65 (краснопер)	6 630 (чебак)	1 860 (лещ)	38 500 (чебак)
Протоки	20	43 (верхогляд)	3 100 (конь пестрый)	363 (конь губарь)	36 000 (конь пестрый)

\* На 1 г сырого веса.

Установлена взаимосвязь между уровнем загрязнения водной среды и степенью бактериального загрязнения организма рыб, влияющего на пищевые качества рыбы, расслоение мышечных тканей, их отставание от костей и появление специфических запахов. По структуре микробных комплексов жабр можно судить не только о характере загрязнения водной среды, но и о степени сопротивляемости рыбы, вероятности распространения продуктов деструкции и трансформации во внутренние органы, возможности изменения органолептических свойств рыбы. Проникновение токсичных органических веществ в организм рыбы может сдерживаться лишь при полной их деструкции на жабрах при участии микробного комплекса.

**Исследование летучих продуктов в мышечных тканях рыб**

Принимая во внимание, что при лимите кислорода и низких температурах не происходит полного окисления промежуточных продуктов разложения белков и липопротеидов, можно предположить, что кроме аммиака и углекислого газа будут накапливаться различные органические кислоты, спирты и азотсодержащие летучие вещества, в том числе амины, обладающие ядовитыми свойствами и специфическими запахами.

Изменение качества рыбы происходит при проникновении микроорганизмов в ткани, вследствие чего изменяются их консистенция и окислительно-восстановительный потенциал из-за начинающихся процессов гидролитического расщепления белков, связанных с воздействием бактериальных ферментов в рыбе (Антонов и др., 1994). Это мо-

жет быть зафиксировано путем непосредственного микрофотографирования мазков-отпечатков, а также при химическом определении летучих соединений.

В мороженой амурской рыбе с измененными органолептическими свойствами методом газовой хроматографии была выявлена группа летучих органических соединений, участвующих в формировании запаха: этанол, метанол, ацетон, уксусный альдегид, этилацетат, изопропанол, метилэтилкетон, эфиры масляной кислоты и др. (табл. 2). Аналогичные соединения обнаружены в результате экспериментального моделирования процессов, происходящих при ферментативном расщеплении белков мышечных тканей рыбы и при деструкции взвешенных органических веществ (Кондратьева, 2001). Кроме того, в смеси летучих веществ присутствовало несколько не идентифицированных продуктов.

Таблица 2

**Качественный состав летучих компонентов газовой фазы над рыбой, имеющей «химический» запах**

Время удерживания, с	Компоненты	Содержание в газовой фазе, мг/м <sup>3</sup>				
		Сиг (Ленинский р-н)	Осетр (с. Богородское)	Калуга (с. Большемихайловское)	Желтощёк (с. Нижние Халбы)	Корюшка малоротая (г. Николаевск)
100	Метанол	3	5	6	12	-
114	Уксусный альдегид	42	9	42	42	11,2
130	<b>х-1</b>	<b>3,5</b>	-	-	<b>4</b>	-
175	Этанол	4,4	24	21	23	1,8
268	Ацетон + i-пропанол	45	11	18	44	42
330	<b>х-2</b>	<b>10</b>	<b>96</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>22</b>
410	<b>х-3</b>	-	<b>14</b>	<b>0,9</b>	<b>6,7</b>	<b>3</b>
500	<b>х-4</b>	-	-	<b>1,2</b>	<b>3,7</b>	<b>3</b>
610	Метилэтилен-кетон	-	-	-	-	6,8
1200	Метилловый эфир масляной к-ты	-	-	-	-	5,8
1440	Этиловый эфир масляной к-ты	-	-	-	-	34

→

Усиление специфического запаха

Примечание. х N – не идентифицированные продукты.

Изменение состояния и качества рыбы может сопровождаться образованием комплекса летучих продуктов, в том числе разнообразных азотсодержащих соединений (летучие азотистые основания, гистамин, триметиламин). В свежей рыбе количество азота всех летучих оснований, как правило, не превышает 15-17 мг % (150-170 мг/кг).

Самые высокие концентрации азотистых летучих оснований в период ледостава 2002 г. обнаружены в рыбе, выловленной в основном русле р. Амур возле поселков Славянка, Малмыж (табл. 3). Их концентрация составляла от 193 до 410 мг / кг сырого веса. Причем максимальное количество азота летучих оснований выявлено в налиме из двух различных мест вылова в р. Амур, тогда как в налиме, выловленном в протоке Эморон, их концентрация была в 2 раза меньше. Повышенное содержание летучих соединений отмечено в крупной рыбе с жировыми отложениями, выловленной в основном русле р. Амур.

Гистамин является причиной резкого острого вкуса и запаха. Согласно гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности рыбных продуктов СанПиН 2.3.2.1078-01 от 1 июля 2002 г. ПДК для гистамина составляет 100 мг/кг. В обследованной рыбе независимо от сезона, ее вида и мест вылова обнаруженные концентрации гистамина не превышали ПДК, установленных для пищевой продукции. Самое высокое содержание гистамина в рыбе в период ледостава было обнаружено в карасях

(28,75 мг/кг) и лещах (20 мг/кг). Однако, несмотря на присутствие гистамина, эта рыба по органолептическим показателям не относилась к группе с "сильным" химическим запахом. По-видимому, вклад гистамина в формирование "химического" запаха амурской рыбы в определенных концентрациях не играет существенной роли.

Таблица 3

Характеристика летучих азотсодержащих веществ (мг/кг сырого веса) в мышечных тканях рыб, выловленных в р. Амур в период ледостава 2002 г.

№ п/п	Вид рыб	Место вылова	Азот летучих оснований	Триметиламин	Гистамин
1	<i>Parasilurus asotus</i>	Р. Амур, п. Троицкое	114	4,6	10,0
2	<i>Hemibarbus maculatus</i>		146	2,4	12,5
3	<i>Leuciscus waleckii</i>	Р. Амур, п. Славянка	193	4,6	15,5
4	<i>Lota lota</i>		330	6,2	15,0
5	<i>Cyprinus carpio</i>	Р. Амур, о-в Магнитный	110	1,0	10,0
6	<i>Abramis brama</i>		156	0,8	20,0
7	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		158	0,7	10,0
8	<i>Hemibarbus maculatus</i>		135	1,2	10,0
9	<i>Carassius auratus</i>	Пр. Эморон	230	0,4	28,75
10	<i>Lota lota</i>		100	1,2	10,0
11	<i>Abramis brama</i>	Пр. Малайка	200	0,3	10,0
12	<i>Hemibarbus labeo</i>		249	0,1	19,7
13	<i>Hemibarbus maculatus</i>		240	0,3	10,75
14	<i>Chanodichthys mongolicus</i>		147	0,3	10,0
15	<i>Chanodichthys erythropterus</i>	Пр. Эморон	134	0,03	10,0
16	<i>Carassius auratus</i>		70	0,3	10,0
17	<i>Lota lota</i>	Р. Амур, П. Малмыж	410	1,0	10,0
18	<i>Abramis brama</i>		295	0,5	22,0
19	<i>Chanodichthys mongolicus</i>		210	0,4	10,0
20	<i>Lota lota</i>	Р. Амур, П. Славянка	364	4,0	10,0
21	<i>Leuciscus waleckii</i>		240	0,4	10,0

Многие амины не только являются источником неприятного химического запаха, но и служат предшественниками канцерогенных нитрозоаминов (НА), особенно в присутствии нитритов. Согласно нормативным требованиям, допустимый уровень суммы нитрозоаминов в рыбной продукции не должен превышать 0,003 мг/кг. Существенное влияние на выход НА оказывает концентрация нитрита в водной среде. Содержание этих экотоксикантов зависит от соотношения их предшественников – нитрита и диметиламина (ДМА). При соотношении нитрит / ДМА = 20 / 1 выход нитрозоаминов увеличивается в 80 раз по сравнению с соотношением 1/1 (Жигунова, 2002).

Обнаруженные нами концентрации триметиламина (ТМА) в период ледостава были значительно выше, чем в летний период. Высокие концентрации (ТМА) от 2,4 до 6,2 мг/кг были характерны для всей рыбы (сом, чебак, налим, конь пестрый), выловленной в основном русле р. Амур возле поселков Славянка и Троицкое.

Таким образом, проведенные исследования показали, что рыба, выловленная из основного русла р. Амур в период ледостава, довольно часто не соответствует критериям, предъявляемым к рыбной продукции по санитарно-гигиеническим показателям. Под влиянием хлорсодержащих органических веществ, полиароматических углеводородов и ионов тяжелых металлов могут ослабляться защитные механизмы рыб от неблагоприятного воздействия природных факторов, усиливаться чувствительность рыбы по отношению даже к низким концентрациям других экотоксикантов, а также нарушаться барьерные функции кожного покрова и жабр от внедрения сапрофитных и патогенных микро-

организмов. Интродукция бактерий в мышечные ткани сопровождается изменением их консистенции и появлением неспецифических запахов.

В формировании органолептических показателей рыбы принимают участие различные группы летучих соединений: спирты, альдегиды, кетоны, амины и др. В зависимости от выбора методов исследования их разнообразие может увеличиваться. Целесообразно обратить внимание на летучие соединения, недостаточно изученные в токсикологическом плане, особенно на предшественников канцерогенных нитрозоаминов. Кроме того, необходимо продолжить исследования веществ, которые не относятся к категории летучих, но могут накапливаться в рыбе в значительных количествах, влиять на ее обмен веществ и провоцировать образование летучих токсичных соединений. Следует подчеркнуть, что комбинированный эффект от воздействия комплекса негативных факторов водной среды влияет не только на изменение органолептических показателей рыбы. Существуют экологический риск для воспроизводства рыбных ресурсов, угроза стабильному функционированию всей экосистемы р. Амур, а также здоровью населения Приамурья.

### Благодарности

Материалы 2002 г. были получены при содействии Ассоциации коренных малочисленных народов Севера Хабаровского края и финансовой поддержке благотворительной организации "Landesverband der Inneren Mission E.V." (Мюнстер, Германия) в лице Бернда Шутце. Авторы выражают им глубокую благодарность.

### Литература

- Антонов Н.А., Денисова С.А., Шевченко В.В. Экспертиза мяса убойных животных, птицы, рыбы. СПб., 1994. С. 29–42.
- Голова Ж.А., Дедюхина В.П. Микробиология рыбы и рыбных продуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 148 с.
- Жигунова Л.Н. Закономерности образования и мониторинг нитрозосоединений в окружающей среде: Дис. в виде науч. докл. ... д-ра техн. наук. Минск, 2002. 69 с.
- Кондратьева Л.М. Вторичное загрязнение водных экосистем // Водные ресурсы. 2000. Т. 27, № 2. С. 221–231.
- Кондратьева Л.М. Микробиологические исследования экологического состояния реки Амур // Вестн. ДВО РАН. 2001. № 1. С. 57–71.
- Кондратьева Л.М., Гаретова Л.А., Чухлебова Л.М. Микробиологическая оценка экологического риска трансграничного загрязнения р. Амур // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. Томск: Изд-во НТЛ, 2000. С. 332–335.
- Кондратьева Л.М., Чухлебова Л.М. Оценка качества рыбы реки Амур по микробиологическим показателям // Наука–техника–технологии. Материалы Международ. науч.-практ. конф. Находка, 2002. С. 38–39.
- Лукияненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 1987. 240 с.
- Шестеркин В.П. Влияние р. Сунгари на качество вод Амура // Переход Хабаровского края на модель устойчивого развития: экология, природопользование. Хабаровск, 2000. С.19–27.