

**БАКТЕРИОПЛАНКТОН ВОДОТОКОВ
ГОРНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

Л.А. Гаретова

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена, 65,
Хабаровск 680063 Россия. E-mail microb@ivep.as.khb.ru*

В работе приводятся результаты многолетних наблюдений динамики численности гетеротрофного бактериопланктона в притоках рек Амур и Тумнин. Показано влияние абиотических (морфометрия, гидрологический режим, температура воды, состояние водосборной площади), биотических (мортмасса фитопланктона и лососей) и антропогенных (разработка грунта при строительстве дорог и золотодобыче) факторов на численность и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в составе бактериопланктона. Для проверки микробиоиндикационных закономерностей процессов деструкции азотсодержащих биогенных веществ использованы данные гидрохимических исследований малых водотоков.

**BACTERIOPLANKTON OF STREAMS AND CREEKS
IN MOUNTAIN-TAIGA ZONE OF KHABAROVSKY KRAI**

L.A. Garetova

*Institute of Water and Ecological Problems, Russian Academy of Sciences, Far East Branch,
Kim-Y-Chen st., 65, Khabarovsk 680063, Russia, E-mail micro@ivep.as.khb.ru*

In this paper there are listed results of many-years observations on dynamics in the number of heterotrophic bacterioplankton in tributaries of the Amur and Tumnin Rivers. It is shown the impact of abiotic (morphometry, hydrological regime, water temperature, state of a catchment area), biotic (mortal mass of phytoplankton and salmon) and anthropogenic (ground displacement when building roads and gold output) factors on the number and ratio of ecological-trophic groups of microorganisms being the members of bacterioplankton. For testing microbial indicative conformities to processes of destructing nitrogen-bearing biogenic substances, data on hydrochemical research of small streams and creeks are used.

Микроорганизмы играют важную роль в трансформации вещества и переносе энергии в речных экосистемах. Актуальность исследования структурно-функциональной организации бактериопланктонных сообществ определяется их вкладом в биопродуктивность водотоков, значением микроорганизмов как начала трофической цепи, их решающей ролью в процессах самоочищения вод, в трансформации биогенных элементов в водной среде. Однако изучению деятельности микробных сообществ в речных экосистемах Дальнего Востока уделялось мало внимания. Особенно малоизученными являются реки горно-таежной зоны. Известно, что в горных реках, характеризующихся быстрым течением и низкими температурами, слабо развиты фито- и зоопланктонные сообщества, поэтому доля микробных сообществ в суммарной биомассе планктона возрастает до 98 % (Копылов и др., 2004), что указывает на важную роль микробных сообществ в функционировании трофической сети малых рек. Кроме того, микроорганизмы вследствие своих физиологических особенностей гораздо быстрее по сравнению с другими компонентами водных биоценозов реагируют на изменение физико-химических условий

в водотоках, поступление органических веществ автохтонной и аллохтонной природы изменением численности определенных эколого-трофических групп. Преимущество микробиологической индикации степени трофии водотоков по сравнению с другими методами биотестирования состоит в том, что численность микроорганизмов не изменяется так существенно в течение сезона как фито- и зообентоса.

Изучение малых водотоков занимает важное место в проблеме оценки экологического состояния крупных рек, поскольку их состояние в значительной степени определяет гидрологический и гидрохимический режимы крупных водотоков, оказывает заметное влияние на формирование их биоты. Водотоки горно-таежной зоны участвуют в формировании качества воды в равнинных реках, снижая негативные последствия антропогенного влияния за счет разбавления. Они являются поставщиками легкоокисляемых (листовой опад, отмерший перифитон) и трудноминерализуемых органических веществ (гумус, лигносодержащие растительные остатки), а также растворенных минеральных веществ и взвесей. Многие из притоков Нижнего Амура и р. Тумнин сохранили свое значение для нереста тихоокеанских лососей и являются местами обитания ценных пород рыб (ленок, хариус, таймень, молодь проходных лососей), убежищем для некоторых гидробионтов при неблагоприятных условиях.

Цель настоящей работы – исследование динамики структуры гетеротрофного бактериопланктона водотоков горно-таежной зоны принадлежащих бассейнам рек Амур и Тумнин под влиянием природных и антропогенных факторов.

Характеристика района работ

Исследуемые водотоки находятся в горных и предгорных районах, истоки всех рек – в горных районах. Среди водотоков, принадлежащих бассейну р. Амур, обследовались 6 притоков 1-го порядка: реки Анюй, Писуй, Малый Ады, Большая Тучка, Ухта, 3 притока 2-го порядка: реки Гобилли, Манома, Куптурку и 6 притоков 3-го порядка: реки Большой Эртукули, Малые Эртукули, Таунга, ручьи Забытый и Горелый-2. В бассейне Тумнина обследованы притоки 2-го порядка: реки Бута и Хича, 3-го порядка – р. Аджаломи, 4-го порядка – р. Большой Икчу. В бассейне р. Амур самыми малыми водотоками являются руч. Горелый-2 (длина менее 10 км); реки Большая Тучка, Малый Ады, Таунга, Ухта, руч. Забытый (длина русла от 10 до 25 км). В группу малых водотоков (длина русла от 26 до 100 км) входят реки Малый Эртукули, Большой Эртукули, Гобилли, Куптурку, Писуй. Из средних водотоков обследованы р. Манома (длина русла 198 км и р. Анюй (длина 393 км). (Ресурсы..., 1966). Притоки р. Тумнин реки Хича, Бута, Аджаломи, Большой Икчу входят в группу малых водотоков (длина русла от 26 до 100 км) (Ресурсы..., 1972).

Бассейны рек Анюй и Тумнин находятся в зоне избыточного увлажнения, и режим выпадения осадков определяется муссонным климатом территории в сочетании с горным характером местности. Среднегодовая сумма осадков достигает 900 мм, что существенно выше, чем на равнинной части (750 мм), за 3 мес (с июля по сентябрь) выпадает 433 мм осадков, что определяет водный режим рек. Летом устойчивая длительная и низкая межень наблюдается крайне редко (Справочник..., 1968). Приустьевые участки притоков р. Амур 1-го порядка приурочены к предгорным рельефам и характеризуются более низкой скоростью течения, чем остальные водотоки, расположенные в горной местности.

Большинство исследуемых водотоков характеризуется низкой температурой воды. Даже в самый жаркий месяц – июль она не поднималась выше 12 °С. Это вызвано небольшой длиной водотоков и увеличением доли подземного питания в летний меженный период. Более высокие значения температуры воды в это время отмечаются в притоках Амура 1-го порядка Писуй и Малый Ады – до 24 °С. В р. Анюй температура воды в среднем течении в конце июля достигает 16 °С, а в нижнем – 22 °С. Низкие температуры

воды и полугорный характер рек (наличие завалов и перекатов), обуславливающий турбулентное перемешивание водных масс, приводит к насыщению их кислородом. Поэтому концентрация растворенного в воде O_2 не опускается ниже 10 мг/дм^3 (90 % насыщения) (Шестеркин, Шестеркина, 2002а).

Объекты и методы

В период открытой воды 1999–2004 гг. проводились исследования гетеротрофного бактериопланктона (ГБ) 13 водотоков бассейна Нижнего Амура и 4 водотоков бассейна р. Тумнин. Пробы воды для микробиологических анализов отбирали в стерильные емкости объемом 350 мл. Посевы проб проводили в полевых условиях не позднее чем через 1 ч после отбора по общепринятым в водной микробиологии методам. Общую численность гетеротрофного бактериопланктона (ОЧГБ), численность микроорганизмов эвтрофной группы сапрофитов (ЭГС), бактерий усваивающих минеральный азот (УМА), фенолрезистентных бактерий (ФРБ) учитывали на специальных питательных средах. Показатели численности микроорганизмов выражали в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл воды (КОЕ/мл).

Для оценки степени минерализации органического вещества в воде исследуемых водотоков рассчитывали коэффициенты микробиологической минерализации (КММ) (Никитина, 1991). Для сравнительной оценки трофического уровня водотоков использовали индексы трофии (ИТ), которые рассчитывали по соотношению численности ОЧГБ/ЭГС (Марголина, 1989).

Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены данные по динамике численности эколого-трофических групп ГБ в притоках рек Амур и Тумнин в течение 4-летнего периода исследования. Минимальные значения ОЧГБ в воде исследуемых водотоков отмечались в меженный период, а максимальные совпадали с паводками и выпадением осадков. Сравнительная оценка усредненных за период исследования показателей ОЧГБ, являющейся одной из характеристик степени трофии водных объектов, в исследуемых притоках различного порядка выявила ее зависимость от морфометрических характеристик водотоков (рис. 1). Так, среди группы притоков р. Амур 1-го порядка ОЧГБ варьирует от 1,3 тыс. КОЕ/мл в р. Большая. Тучка до 11,2 тыс. КОЕ/мл в р. Писуй. В притоках 2-го порядка от 1,9 тыс. КОЕ/мл в р. Куптурку до 7,9 тыс. КОЕ/мл в р. Манома. Наименее варьирует этот показатель в группе малых водотоков 3-го порядка со сходными морфометрическими характеристиками, где ОЧГБ не превышает 4 тыс. КОЕ/мл.

Учитывая, что автохтонная микрофлора природных вод адаптирована к невысокому содержанию лабильного органического вещества, а при поступлении дополнительного количества органики (с поверхностным стоком, притоком загрязнений) увеличивается численность сапрофитных бактерий, одновременно с определением общего количества ГБ был проведен анализ микроорганизмов эвтрофной группы сапрофитов. Показано, что доля микроорганизмов ЭГС в структуре сообщества ГБ бактериопланктона в отдельные периоды достигала 70 %, что указывает на интенсивное поступление в воду рек аллогенных органических веществ и микроорганизмов с поверхностным стоком в периоды паводков и выпадения осадков. Кроме этого, значительное увеличение численности микроорганизмов ЭГС отмечалось в малых водотоках бассейна р. Анной при разработке грунта во время дорожно-строительных работ и добыче россыпного золота, во время аварийного сброса дизельного топлива в р. Анной (Гаретова, 2003), а также в период активного нереста летней кеты в малых притоках Нижнего Амура 1-го порядка. В меженный период в большинстве исследуемых водотоков численность микроорганизмов УМА преобладает над численностью ЭГС (КММ больше 3), что указывает на достаточно вы-

Таблица 1

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в воде притоков рек Амур и Тумнин

Водоток	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/мл			
	ЭГС	ОЧГБ	УМА	ФРБ
Бассейн р. Амур				
Р. Анной	$\frac{0,30-2,90}{1,00}$	$\frac{2,80-12,00}{6,40}$	$\frac{1,00-8,20}{2,70}$	$\frac{0,0-0,70}{0,12}$
Р. Малый Ады	$\frac{0,26-1,40}{0,94}$	$\frac{4,40-15,0}{8,10}$	$\frac{1,70-7,50}{3,70}$	$\frac{0,01-0,03}{0,15}$
Р. Писуй	$\frac{0,48-1,90}{1,10}$	$\frac{5,20-20,30}{11,20}$	$\frac{2,10-4,60}{3,40}$	$\frac{0,02-0,12}{0,06}$
Р. Большая Тучка	$\frac{0,24-0,59}{0,41}$	$\frac{1,00-1,60}{1,30}$	$\frac{0,40-1,00}{0,70}$	$\frac{0,01-0,05}{0,03}$
Р. Ухта	$\frac{0,31-1,80}{1,10}$	$\frac{1,30-3,60}{2,40}$	$\frac{1,00-3,00}{2,10}$	$\frac{0,02-0,10}{0,06}$
Р. Манома	$\frac{0,53-3,40}{2,20}$	$\frac{2,60-13,10}{7,90}$	$\frac{1,20-9,00}{6,00}$	$\frac{0,0-0,26}{0,13}$
Р. Гобилли	$\frac{0,17-3,70}{0,78}$	$\frac{0,65-9,50}{3,20}$	$\frac{0,50-6,60}{1,96}$	$\frac{0,0-0,25}{0,036}$
Р. Куптурку	$\frac{0,14-2,20}{0,80}$	$\frac{0,60-3,20}{1,90}$	$\frac{0,60-3,00}{1,50}$	$\frac{0,0-0,07}{0,02}$
Р. Малый Эртукули	$\frac{0,25-1,20}{0,71}$	$\frac{0,60-3,20}{2,00}$	$\frac{0,80-3,10}{1,50}$	$\frac{0,0-0,47}{0,12}$
Р. Большой Эртукули	$\frac{0,25-2,30}{0,85}$	$\frac{1,30-4,30}{2,90}$	$\frac{0,50-2,30}{1,20}$	$\frac{0,0-0,06}{0,02}$
Руч. Горелый-2	$\frac{0,17-7,20}{1,50}$	$\frac{0,90-16,0}{3,96}$	$\frac{0,65-11,00}{2,90}$	$\frac{0,10-3,80}{1,00}$
Руч. Забытый	$\frac{0,13-3,90}{1,23}$	$\frac{0,60-8,00}{3,54}$	$\frac{0,65-4,00}{2,00}$	$\frac{0,10-2,00}{0,80}$
Р. Таунга	$\frac{0,34-4,60}{2,70}$	$\frac{4,00-15,60}{10,90}$	$\frac{2,30-5,60}{3,90}$	$\frac{0,01-0,69}{0,66}$
Бассейн р. Тумнин				
Р. Хича	$\frac{0,55-3,30}{1,90}$	$\frac{1,20-16,70}{8,90}$	$\frac{0,80-1,15}{6,10}$	$\frac{0,01-0,03}{0,02}$
Р. Бута	$\frac{0,52-4,40}{2,45}$	$\frac{1,90-16,70}{9,30}$	$\frac{0,84-1,90}{1,34}$	$\frac{0,00-0,01}{0,010}$
Р. Аджаломи	$\frac{0,44-3,40}{1,90}$	$\frac{2,70-14,80}{8,73}$	$\frac{0,62-8,20}{4,38}$	$\frac{0,00-0,030}{0,025}$
Р. Большой Икчу	$\frac{0,53-5,00}{2,80}$	$\frac{1,30-14,20}{7,70}$	$\frac{1,00-13,80}{7,40}$	$\frac{0,00-0,03}{0,025}$

Примечание. В знаменателе приведены средние значения за период исследования.

сокую степень минерализации органического вещества в воде рек горно-таежной зоны в их естественном состоянии при отсутствии возмущающих факторов (поводки, антропогенное воздействие). Численность ФРБ-индикаторов содержания в воде исследуемых водотоков соединений фенольной природы в течение периода исследования была невелика. Максимальные показатели численности этой группы микроорганизмов отмечены в притоках р. Амур 3-го порядка (ручьях Горелый-2 и Забытый) в 1-2-й годы после лесных пожаров 1998 г., что связано с поступлением в их воды продуктов пирогенной деструкции лигнина с территории выгоревших водосборов.

В водотоках горно-таежной зоны синтез автохтонного органического вещества осуществляется за счет эпилимнитных водорослей, их отмирание происходит в осенний

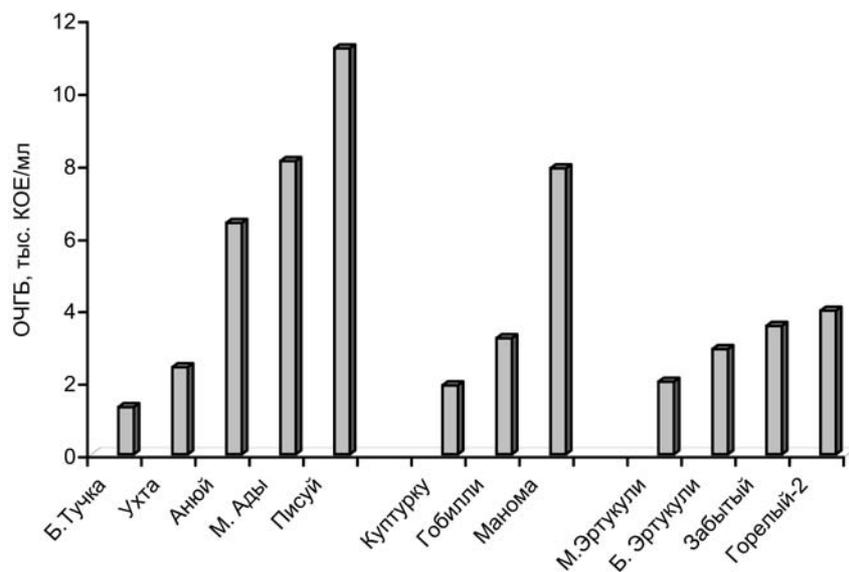


Рис. 1. Общая численность гетеротрофного бактериопланктона в притоках р. Амур.

период. На рис. 2 представлены данные по оценке сезонной динамики численности различных эколого-трофических групп ГБ в притоках р. Тумнин 2, 3 и 4-го порядков. Показано, что в осенний период в воде исследуемых водотоков численность всех групп микроорганизмов пропорционально увеличивается (около 10 раз), что указывает на присутствие в воде легкодоступного органического вещества. Аналогичное увеличение численности эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона наблюдалось нами в течение 4-летнее-осенних периодов и в притоках р. Амур.

Известно, что в водотоках олиготрофного типа, которыми является большинство малых рек горно-таежной зоны, бактериями расходуется 95–100 % суммарного потребления кислорода, что связано с их активным рециклином биогенных элементов (Stone, Weisburd, 1992). Для проверки микробиоиндикационных закономерностей интенсивности процессов деструкции азотсодержащих органических соединений и биогенных веществ

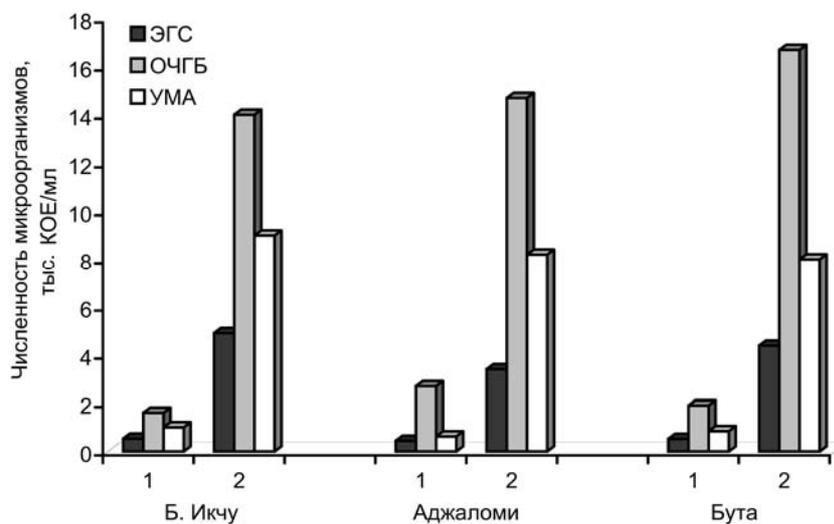


Рис. 2. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в водотоках бассейна р. Тумнин: 1 – июнь; 2 – октябрь

были использованы данные химического состава воды исследуемых водотоков (Шестеркин, Шестеркина, 2002а). Сравнительная оценка динамики численности микроорганизмов цикла азота (аммонифицирующие (АБ) и нитрифицирующие (НБ) бактерии) в притоках рек Амур и Тумнин выявила положительную взаимосвязь их численности и содержания в воде соответствующих биогенных элементов. Установлено, что в межлетний период в большинстве исследуемых водотоков численность НБ преобладает над численностью АБ, что указывает на преобладание процесса нитрификации над аммонификацией. Начальные этапы деструкции отмершего перифитона и листового опада осуществляются сапротрофными организмами, поставляющими в воду растворимые азотсодержащие органические вещества, которые в процессе микробиологической аммонификации, а затем нитрификации превращаются в ионы аммония и нитраты. Биомасса водорослей в водотоках горно-таежной зоны невелика и бедна органическим азотом, поэтому в воде исследуемых водотоков содержание ионов аммония – продукта микробиологической аммонификации белков значительно ниже, чем в водотоках мезотрофного и эвтрофного типов (Шестеркин, Шестеркина, 2002б). Относительно высокое по сравнению с ионами аммония содержание нитратных ионов в малых водотоках в большей степени, чем в крупных реках, обусловлено химическим составом грунтовых вод и поверхностным стоком, которые определяются особенностями растительности и состоянием почв территории водосбора.

Так, стабильно высокие показатели численности НБ в воде ручьев Забытый и Горелый-2, находящихся в центре зоны сильных лесных пожаров 1998 г. по сравнению с другими притоками бассейна р. Амур наблюдались в 1-й и 2-й послепожарные годы. При этом значения содержания иона аммония в большинстве притоков р. Амур в 1999–2000 гг. были в среднем несколько выше (около $0,12 \text{ мг/дм}^3$), чем в воде вышеуказанных водотоков зоны пожаров ($0,08 \text{ мг/дм}^3$), что свидетельствует о том, что в них протекает интенсивный процесс микробиологической нитрификации поступающих с пирогенно-измененной водосборной площади соединений аммонийного азота. В малых водотоках с пирогенно-измененными водосборами концентрация ионов аммония в воде за два послепожарных года уменьшилась на порядок, однако уровень содержания нитратного азота оставался высоким спустя 2 года после пожаров. Численность НБ в последующие 2001 и 2002 гг. в воде ручьев зоны пожаров снижалась, что связано с постепенным восстановлением почвенного покрова на их водосборах. Как отмечают многие исследователи, быстрое увеличение концентрации ионов аммония в почве после пожаров на следующий год быстро снижается в связи с процессами нитрификации и другими потерями, в результате чего концентрация аммонийного азота в воде большинства ручьев сокращается после первого послепожарного увеличения их стока (Hauer, Spenser, 1998; Chorover et al., 1994). Самый высокий уровень концентрации нитратов ($6,9 \text{ мг/дм}^3$) отмечен в воде руч. Горелый-2 в летний сезон 1999 г. Такое повышенное содержание нитратов в воде водотоков зоны пожаров может быть обусловлено интенсификацией процесса микробиологической нитрификации и связано с изменением рН водных потоков пирогенно-измененных водосборов. Повышенное количество гидрокарбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов в воде ручьев с горельников ($15,5\text{--}46,4 \text{ мг/дм}^3$) по сравнению с другими водотоками бассейна р. Анной ($13,5\text{--}19,9 \text{ мг/дм}^3$) снижает в ней концентрацию водородных ионов, т. е. сдвигает значение рН в слабощелочную сторону. При отсутствии поверхностного стока, вызывающего поступление гумусовых кислот из почв и лесной подстилки, воды малых водотоков имеют слабощелочную реакцию, но меньшие значения рН. В длительный засушливый период различия в величинах рН между водами ручьев с горельников и других притоков р. Амур становятся менее резкими, так как все водотоки в период летней межени переходят на грунтовое питание. В период паводков в водотоках зоны пожаров за счет вымывания гидрокарбонатов из золы повышается значение рН воды, что способствует стимулированию процесса микробиологической нитрификации, который в обычных условиях ингибируется при низком значении рН.

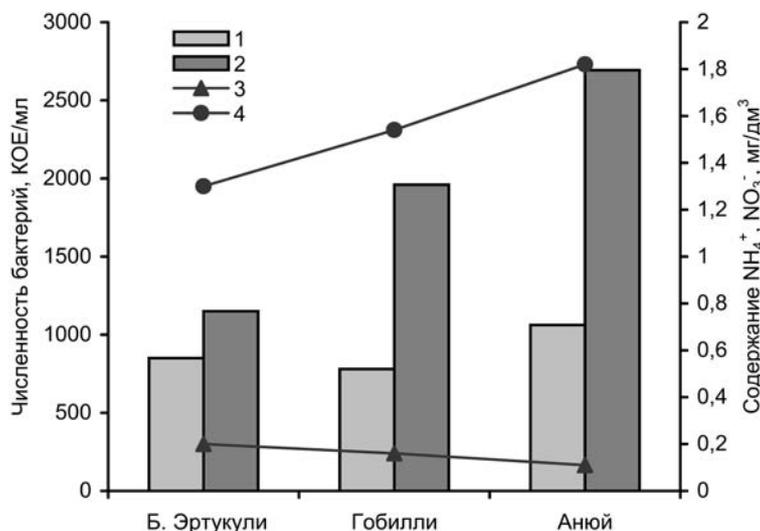


Рис. 3. Численность аммонифицирующих бактерий (1); нитрифицирующих бактерий (2); и содержание ионов аммония (3) и нитратных ионов (4) в воде притоков р. Амур

Сравнительная оценка показателей численности АБ, НБ, содержания в воде ионов аммония и нитратов в притоках р. Амур 1,2 и 3 порядков показала (рис. 3), что численность АБ и содержание ионов аммония в них существенно не различаются, а численность НБ и содержание в воде нитратных ионов увеличиваются, что указывает на интенсификацию процесса нитрификации при проходе водных масс от мелких притоков к более крупным.

Результаты наблюдения за динамикой численности микроорганизмов цикла азота и соответствующих биогенных элементов в водах притоков р. Амур в зависимости от уровня водности показали, что максимальные среднесезонные показатели численности НБ и нитратных ионов совпадали с богатыми паводками годами (рис. 4), что подтверждает взаимосвязь химического состава, а также интенсивности процессов микробиологической деструкции биогенных веществ с гидрологическим режимом водотоков горно-таежной зоны.

Среди притоков р. Амур 3-го порядка самые высокие показатели численности исследуемых эколого-трофических групп ГБ были выявлены в воде р. Таунга (табл. 1).

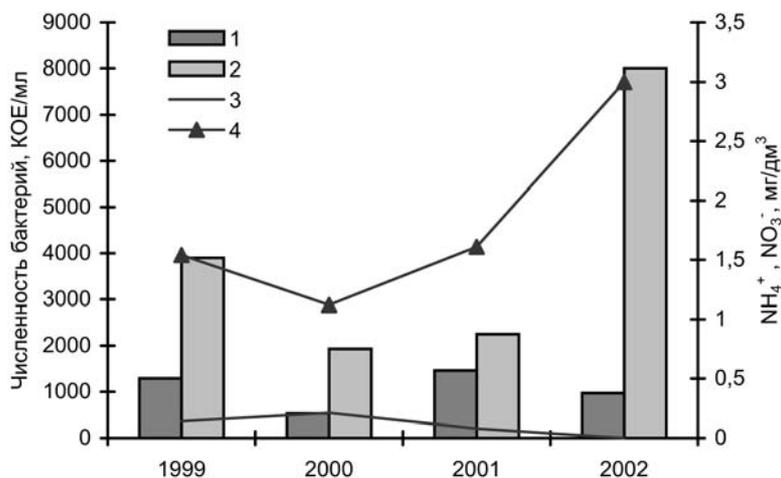


Рис. 4. Численность АБ (1); НБ (2) и содержания ионов аммония (3) и нитратных ионов (4) в воде р. Аной

Этот водоток испытывает хроническое загрязнение в результате добычи в его верховьях россыпного золота. После отработки россыпей гидравлическим способом небольшие площадные нарушения приводят к значительным экологическим последствиям: нарушаются все компоненты ландшафта; трансформируются природные комплексы в пределах всего бассейна обрабатываемого водотока. Наиболее существенным воздействием золотодобычи на водотоки является загрязнение вод вследствие физического и химического выветривания горных пород и выноса в речную сеть взвешенных и растворенных минеральных компонентов, аллохтонного органического вещества. Химический состав воды р. Таунга определяется, по-видимому, физико-химическими свойствами обрабатываемых пород и существенно отличается от других исследуемых водотоков. Минерализация воды в ней за период наблюдения 2001–2004 гг. достигала 84,5 мг/дм³, гидрокарбонатных ионов – 53,1 мг/дм³, Са – 14,6 мг/дм³, сульфат-ионов – 11,4 мг/дм³, нитратов – 3,22 мг/дм³, что значительно выше, чем в других притоках р. Амур. Из-за постоянно высокой мутности воды перифитонные сообщества реки слабо выражены. Хроническое загрязнение воды р. Таунга привело к обеднению состава гидробионтов, в том числе и ихтиофауны. Высокие показатели численности исследуемых эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона в р. Таунга обусловлены аллогенной природой микроорганизмов и не отражают естественных процессов деструкции и минерализации, характерных для незагрязненных водотоков горно-таежной зоны. В отношении трофического статуса р. Таунга следует говорить о его деградации, а не о процессе эвтрофикации, поскольку эвтрофикация ассоциируется с увеличением трофического статуса водотока, его биопродуктивности.

Приустьевые участки притоков Нижнего Амура 1-го порядка Малый Ады, Писуй, Большая Тучка, Ухта обследовались в период нереста летней кеты (конец июля–начало августа 2001–2004 гг.) в условиях различной водности. Установлено, что максимальные показатели численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп в исследуемых малых водотоках соответствовали высоким уровненным режимам. Так, в августе 2003 г. ОЧГБ в этой группе притоков увеличивалась по сравнению с этим же временем маловодного 2001 г. в 2–4 раза, микроорганизмов ЭГС – в 2–6 раз, УМА – в 2–4 раза, ФРБ – в 3–6 раз. Нерестовый ход в 2003 г. протекал активнее, чем в 2001 и 2004 гг., в руслах рек отмечалось обилие мертвых отнерестившихся производителей. Поступление анаэробного органического вещества в виде биомассы летней кеты в первую очередь отразилось на структуре микробных сообществ водотоков имеющих малую глубину и низкую температуру воды (табл. 2). В притоках Амура Большая Тучка и Ухта значения ИТ, характеризующего трофический уровень водотоков, было ниже 4, что свойственно эвтрофируемым водотокам и в 8 раз ниже, чем в 2 других нерестовых притоках (Малый Ады и Писуй). Низкие значения КММ (меньше 3) в вышеуказанных водотоках свидетельствуют о низкой степени минерализации органического вещества, которая обусловлена слабой активностью микробного сообщества при низких температурах воды.

По мере увеличения средних за период исследования показателей ОЧГБ, являющихся одной из характеристик уровня трофии водных экосистем, приустьевые участки

Таблица 2

Численность эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона притоков Нижнего Амура в период нереста летней кеты (02–08.08.2003г.)

Водоток	t °С	Глубина, м	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/мл				ИТ	КММ
			ЭГС	ОЧГБ	УМА	ФРБ		
Р. Большая Тучка	10,2	0,5	0,6	1,6	0,7	0,01	0,37	1,4
Р. Ухта	10,2	0,5	1,8	3,6	2,1	0,02	0,5	1,1
Р. Малый Ады	23,2	1,5	0,3	4,9	1,7	0,01	0,04	6,6
Р. Писуй	21,2	3,5	0,48	8,0	3,5	0,02	0,06	7,3

исследуемых водотоков располагаются в следующей последовательности: Большая Тучка, Ухта, Малый Ады, Писуй, что соответствует их морфометрическим характеристикам (длина русла, глубина).

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что структура бактериопланктонных сообществ водотоков горно-таежной зоны находится в тесной взаимосвязи с абиотическими (морфометрия водотоков, гидрологический режим, температура воды, состояние водосборной площади), биотическими (биомасса отмершего перифитона, лососей) и антропогенными (разработка грунта на водосборной площади) факторами. Динамика численности эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона адекватно отражает интенсивность и направленность микробиологических процессов, протекающих в водной экосистеме малых и средних водотоков, и ее исследование является неотъемлемым звеном при оценке трофического статуса и экологического состояния водных объектов различного трофического уровня. Сравнительная оценка содержания биогенных элементов и микроорганизмов цикла азота в воде исследуемых водотоков показала значительные биоиндикационные возможности водных микроорганизмов для оценки качества вод горно-таежных рек. Особое внимание при планировании хозяйственной деятельности на территории Хабаровского края необходимо уделять сохранению малых водотоков с их уникальной водной системой и значительной уязвимостью при антропогенном воздействии.

Литература

- Гаретова Л.А. Микробиологическая деструкция органического вещества в малых водотоках северного Сихотэ-Алиня // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 304–310.
- Копылов А.И., Косолапов Д.Б., Романенко А.В., Мыльникова З.М., Косолапова Н.Г., Минеева Н.М., Крылов А.В. Микробная «петля» как компонент планктонных сообществ малых рек // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, биология, охрана: тез. докл. всерос. конф. 16–19 ноября 2004 г. Борок, 2004. С. 40.
- Марголина Г.Л. Микробиологические процессы продукции и деструкции в пресных водоемах. М.: Наука, 1989. 120 с.
- Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. Новосибирск: Наука. 1991. 222 с.
- Справочник по климату СССР. Вып. 25. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 274 с.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние крупных пожаров на гидрохимический режим таежных рек Приамурья // География и природ. ресурсы. 2002а. № 2. С. 47–51.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Максимальный ионный сток Среднего Амура // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. Вып. 12. Владивосток: Дальнаука, 2002б. С. 105–115.
- Chorover J., Vitousek P.M., Everson L.A. et al. Solution chemistry profiles of mixedconifer forests before and after fire // Biogeochemistry. 1994. N 26. P. 120–128.
- Hauer F.R., Spenser C.N. Phosphorus and nitrogen dynamics in streams associated with wildfire: A study of immediate and longterm effects // Int. J. Wildland Fire. 1998. V. 8, N 4. P. 183–198.
- Stone L., Weisburd R. Positive feedback in aquatic ecosystem // Trend Ecol. and Ecol. 1992. V. 7. № 8. P. 263–267.