

**НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ТУНАЙЧА  
(ЮЖНЫЙ САХАЛИН)**

**А.В. Полтева**

*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
(СахНИРО), ул. Комсомольская 196, Южно-Сахалинск, 693023, Россия.  
E-mail: polteva@sakhniro.ru*

Представлены результаты исследования гетеротрофного микробного сообщества оз. Тунайча в весенне-осенний период 2003 г. Приведены данные по численности отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов, осуществляющих начальные этапы разложения органического вещества и его минерализации.

**SOME CHARACTERISTICS OF MICROBIAL COMMUNITY  
OF TUNAICHA LAKE (SOUTH SAKHALIN)**

**A.V. Polteva**

*Sakhalin scientific research institute of fisheries and oceanography (SakhNIRO),  
Komsomolskaya str., 196, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia.  
E-mail: polteva@sakhniro.ru*

Results of studies geterotrophic microbial community of Tunaicha lake in spring–autumn season 2003 have been presented. Data on abundance ecological-trophic groups of microorganisms carrying out first stage of destruction and mineralization organic matter have been given.

Оз. Тунайча является крупнейшим внутренним водоемом Сахалинской области, отнесенным к памятникам природы. Это нагульный водоем для симы, кижуча, сахалинского тайменя и место обитания более 20 видов рыб (Саматов и др., 2002). Строительство автодорожного моста в 70-е годы прошлого столетия и обмеление протоки, соединявшей озеро с Охотским морем, повлияли на гидрологический режим озера, который, в свою очередь, стал причиной происходящих и по сей день изменений биоты озера. Наблюдение за происходящими изменениями были начаты вскоре после строительства моста. Однако эти исследования были нерегулярными, посвящались в основном вопросам геоэкологии, а также сбору и обработке проб фито-, зоопланктона и бентоса. Исследования по возможному изменению трофического статуса водоема ограничивались наблюдениями за процессами зарастания озера. Изучению микробного сообщества как одного из основных участников процесса изменения трофности водоема внимания не уделялось.

Микробное сообщество выполняет в водоеме важные функции. С одной стороны, оно участвует в круговороте органического вещества и рециклинге биогенных элементов, обуславливая тем самым уровень первичной продукции, с другой – в процессах самоочищения и, в конечном счете, формировании качества среды водоема. Все эти функции осуществляются в водоеме главным образом гетеротрофной частью микробного

сообщества, которое структурно представлено различными эколого-трофическими группами микроорганизмов. Получение таких характеристик микробного сообщества, как численность, сезонная динамика физиологических групп микроорганизмов, является важным инструментом для понимания и объяснения происходящих в водоеме процессов. Первые немногочисленные данные по структуре планктонного и бентосного сообщества микроорганизмов озера получены в 2001-2002 гг. (Полтева, 2003).

Приводимые в настоящей статье результаты исследования микробного сообщества являются продолжением ряда исследований, начатых в 2001 г., в составе комплексных гидробиологических экспедиций, цель которых состояла в описании условий обитания гидробионтов и общей характеристики состояния сообществ озера.

### Материал и методы

Оз. Тунайча расположено в южной части о-ва Сахалин, параллельно береговой линии зал. Мордвинова (Охотское море). Узкая и мелководная протока Красноармейская соединяет его с морем. Озеро поделено на два плеса: западный – Малая Тунайча, восточный – Большая Тунайча. Западный плес меньше и мельче восточного с максимальной глубиной 20 м у о-ва Птичий. Максимальная глубина озера отмечена южнее мыса Меньшикова – 49 м. Оз. Тунайча является солоноватоводным бассейном. Вода озера представляет собой разбавленную морскую (хлоридная магниево-натриевая по составу) (Демин, Ключанов, 1991; Микишин и др., 1995). Верхний слой имеет соленость 2,2–2,4 ‰, в интервале глубин 15–20 м возрастает до 8–9 ‰, в придонном слое (35–39 м) Большой Тунайчи достигает 15,5 ‰.

Материал для исследований отбирали в мае, сентябре, ноябре 2003 г. на семи станциях. Схема станций отбора представлена на рис. 1. Пробы воды для микробиологических исследований отбирали в стерильные стеклянные емкости объемом 1 л на глубине 50 см. Для отбора проб донных отложений пользовались дночерпателем. Количество сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов, участвующих в разложении легкодоступных органических соединений различной концентрации, определяли на рыбопептонном агаре (РПА): на РПА – сапрофитов евтрофной группы, на РПА:10 – олиготрофов. Микроорганизмов, участвующих в минерализации полимерных субстратов и усваивающих аммонийный азот, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), галотолерантных – на среде Йошимизу-Кимура, адаптированной для морских микроорганизмов (Yochimizu, Kimura, 1976). Высев на твердые питательные среды проб воды и грунта осуществляли согласно принятым в микробиологической практике методикам (Практикум..., 1976; Родина, 1965). Для приготовления сред использовалась природная озерная вода.

Об интенсивности процессов деструкции органических веществ в воде и донных отложениях судили по величине коэффициента минерализации органического вещества, который рассчитывали по формуле:  $KM = N_{КАА} / N_{РПА}$ , где N – число микроорганизмов на соответствующих питательных средах (Никитин, Никитина, 1978).

### Результаты и обсуждение

Весной 2003 г. численность и распределение отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов в исследованных точках оз. Тунайча оказались неоднородными (рис. 2). Так, евтрофная группа сапрофитных микроорганизмов (РПА) воды была представлена численностью от нескольких десятков до нескольких тысяч клеток на 1 мл. Показатели численности сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов являются общепризнанным индикатором уровня содержания легкоокисляемого органического вещества. Эта группа микроорганизмов обладает специфичностью по отношению к органическим веществам и высокой чувствительностью даже к следовым их концентрациям. Численность сапрофитных бактерий значительно выше в тех районах, где высоко содержание легкоокисляемых органических веществ (Максимов и др., 2002).

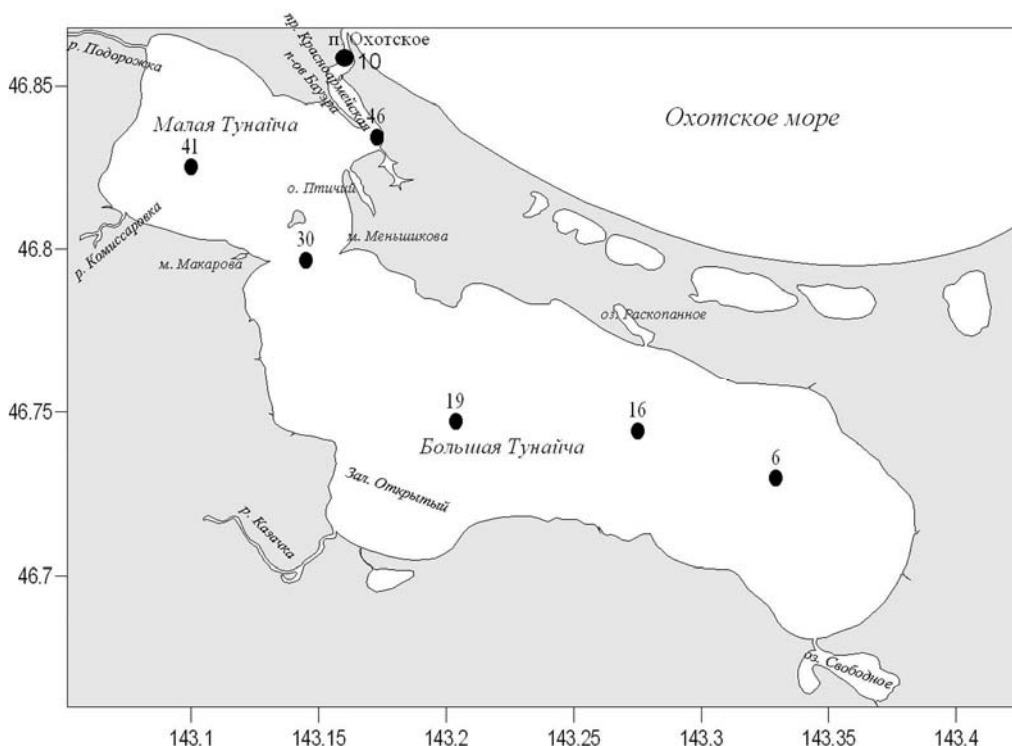


Рис. 1. Схема расположения станций отбора микробиологических проб на оз. Тунайча в 2003 г.

Минимальные значения численности сапрофитных микроорганизмов относились к пробам воды со станций 19 и 16 в центральной части Большой Тунайчи, менее подверженной влиянию терригенного стока и вдали от хозяйственно-бытовых зон, которые расположены на берегах Малой Тунайчи и в районе протоки Красноармейская. Активнее была группа олигонитрофилов, использующих низкие концентрации органического вещества (РПА:10). Средняя численность этой группы по озеру составила 15888 кл./мл, минимальная – 6330 кл./мл (ст. 19), максимальная 25600 кл./мл (ст. 30) (см. рис. 2).

Наличие в водоемах микроорганизмов аммонификаторов и нитрификаторов свидетельствует о выраженных процессах разложения и минерализации органических веществ. Интенсивность процессов минерализации органического вещества зависит от активности гетеротрофных микроорганизмов, потребляющих аммонийный азот (КАА) (Микроорганизмы, 2000). Эта группа микроорганизмов в мае в пробах воды не превышала значений 1500 кл./мл (ст. 30). Минимум численности отмечался на станции 16–60 кл./мл. Поскольку значения численности микроорганизмов, потребляющих аммоний-

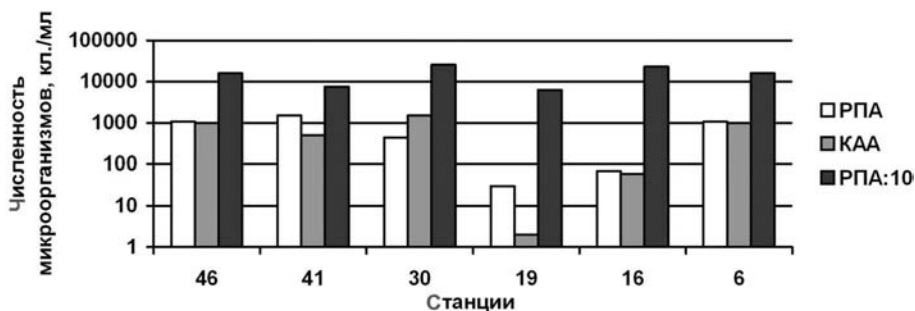


Рис. 2. Структура микробного сообщества воды оз. Тунайча в мае 2003 г.

ный азот, не превышали численность сапрофитной группы (за исключением ст. 30), коэффициент минерализации был невысоким – ниже единицы (см. таблицу), что указывало на слабую активность процессов минерализации органических веществ.

**Интенсивность микробной минерализации (КМ) органических веществ оз. Тунайча весной и осенью 2003 г.**

Станция отбора проб	Май		Сентябрь	Ноябрь	
	Вода	Грунт	Вода	Вода	Грунт
10	–	2,2	2,6	2,46	0,42
46	0,4	0,55	–	4,75	0,21
41	0,3	6,3	1,29	4,0	3,0
30	3,4	0,6	0,11	3,3	2,0
19	–	1,67	–	0,75	2,5
16	0,8	–	0,3	2,5	0,2
6	0,9	0,39	1,08	1,3	1,25

В грунте весной микробное сообщество было более многочисленным. Значения численности гетеротрофных групп были на один–два порядка выше таковых воды: от нескольких десятков до сотен тысяч клеток в 1 мл. Средняя численность сапрофитов евтрофной группы составила 244750 кл./мл, олиготрофов – 706300 кл./мл, нитрифицирующих – 515167 кл./мл (рис. 3).

Высокими показателями численности всех изученных гетеротрофных групп характеризовались пробы грунта со ст. 10. Здесь были отмечены максимумы численности евтрофной и олиготрофной групп, нитрифицирующих микроорганизмов. Высокие концентрации этих групп микроорганизмов скорее всего были обусловлены поступлением органического вещества автохтонной природы с хозяйственно-бытовой зоны пос. Охотское, в районе которого расположена ст. 10. Высокие показатели численности сапрофитных микроорганизмов указывали на присутствие легкодоступного органического вещества в больших количествах. Группа нитрифицирующих бактерий превышала по численности сапрофитную более чем в 2 раза, обеспечивая тем самым более активную минерализацию органического вещества: коэффициент минерализации составил здесь 2,2. На ст. 46 преобладали процессы окисления легкодоступной органики: численность евтрофной группы преобладала над численностью нитрификаторов. Процесс нитрификации шел менее интенсивно: коэффициент минерализации составил 0,55 (см. таблицу). Аналогично протекали процессы минерализации на ст. 30 с коэффициентом минерализации 0,6 и ст. 6 – 0,39. Более активно процесс разложения и минерализации органических веществ шел на ст. 41 и 19, коэффициент минерализации соответственно 6,3; 1,67.

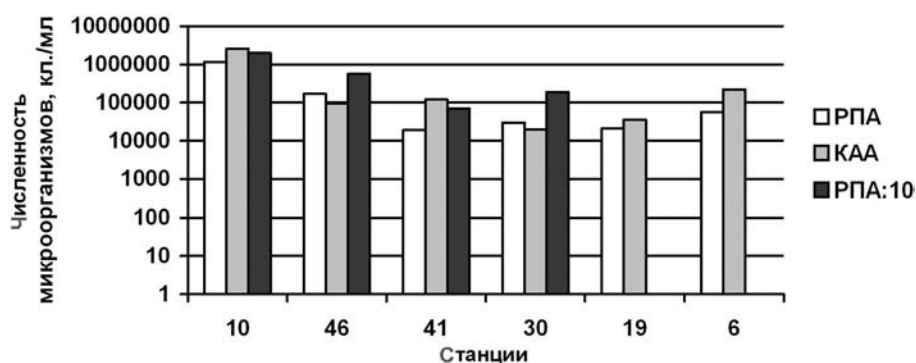


Рис. 3. Структура микробного сообщества донных отложений оз. Тунайча в мае 2003 г.

В середине сентября активность сапрофитных гетеротрофов и нитрифицирующих бактерий в водах озера возросла. Численность этих групп увеличилась, составив в среднем: евтрофных гетеротрофов – 44416 кл./мл, олиготрофов – 129533 кл./мл, нитрифицирующих бактерий – 27780 кл./мл (рис. 4).

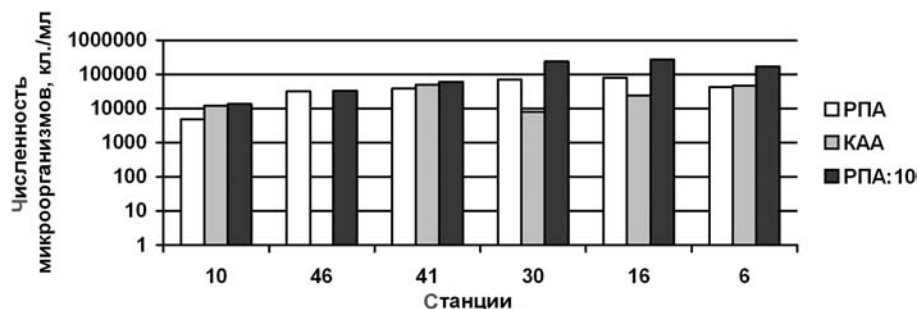


Рис. 4. Структура микробного сообщества воды оз. Тунайча в сентябре 2003 г.

Накопление органических веществ в толще воды происходило интенсивнее в Большой Тунайче. Здесь отмечались более высокие концентрации сапрофитных микроорганизмов евтрофной и олиготрофной групп. Средняя численность евтрофной группы составила 64166 кл./мл, олиготрофов – 233666 кл./мл. В Малой Тунайче средняя численность сапрофитов почти вдвое была ниже – 34600 кл./мл, олиготрофов более чем в 5 раз – 46500 кл./мл. Численность нитрификаторов была сравнима или несколько ниже численности евтрофной группы. Коэффициент минерализации изменялся от 0,11 до 1,29 (см. таблицу). Пробы грунта в сентябре отобраны не были.

В ноябре с падением температуры воды численность микроорганизмов снизилась. Средняя численность сапрофитов евтрофной группы составляла десятки клеток в 1 мл. Численность нитрифицирующих микроорганизмов не превышала значений 500 кл./мл. Численность олиготрофов была в пределах от нескольких сотен до нескольких тысяч клеток в 1 мл (рис. 5). Несмотря на низкую численность микроорганизмов, сложившееся соотношение физиологических групп обеспечивало темпы минерализации органического вещества воды с коэффициентами, значения которых превышали весенние и раннеосенние показатели: ст. 46 – 4,75; 19 – 0,75; 10 – 2,46; 41 – 4,0; 6 – 1,3; 30 – 3,3; 16 – 2,5 (см. таблицу). Адаптированная к более низким температурам часть микробного сообщества не уступала по своей активности микроорганизмам, осуществляющим деструкцию органического вещества при более высоком температурном оптимуме (15–20–24 °С).

В грунте значительного падения численности микроорганизмов по сравнению с весенним периодом не произошло. Однако осенние значения численности евтрофных и

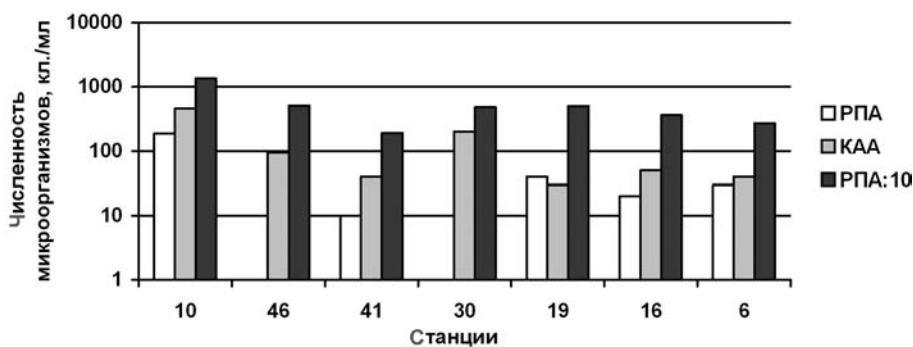


Рис. 5. Структура микробного сообщества воды оз. Тунайча в ноябре 2003 г.

олиготрофных микроорганизмов были ниже весенних значений (рис. 6). Как и весной, максимальные значения отмечались в протоке (ст. 10): евтрофная группа – 231500 кл./мл, олиготрофная – 221000 кл./мл. Высокими по сравнению с остальной частью озера были значения на ст. 46, расположенной в хозяйственно-бытовой зоне: евтрофные сапрофиты – 113500 кл./мл, олиготрофы – 114000 кл./мл, нитрифицирующие 24000 кл./мл. Численность нитрифицирующих микроорганизмов была ниже, чем весной (в среднем по озеру – 10500 кл./мл, в протоке была максимальной – 97000 кл./мл).

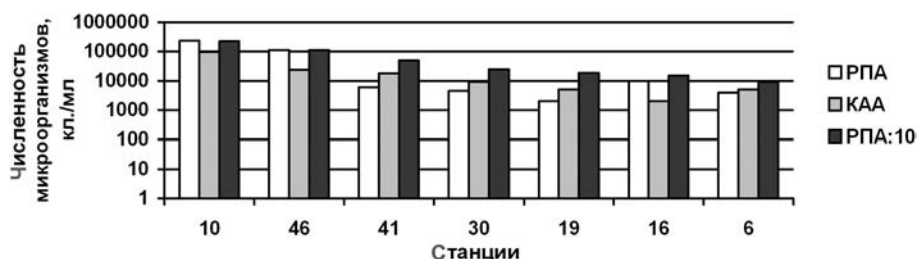


Рис. 6. Структура микробного сообщества грунта оз. Тунайча в ноябре 2003 г.

Поскольку в озеро вливаются морские воды Охотского моря, в структуре гетеротрофного микробного сообщества озера присутствуют галотолерантные микроорганизмы. Ранее проведенные исследования на озере выявили постоянное присутствие в микробном сообществе воды галофильных микроорганизмов, которые по численности сравнимы с группой олиготрофных микроорганизмов (Полтева, 2003). Весной и осенью 2003 г. была определена численность этой группы микроорганизмов в воде и донных отложениях.

Для воды прослеживалась сезонная изменчивость численности галофильных гетеротрофных микроорганизмов (рис. 7, А).

Весенние показатели численности превышали значения сентября и ноября. Если в мае среднее значение численности этой группы составило 10770 кл./мл, то в сентябре – 483 кл./мл, в ноябре – 451 кл./мл. В донных отложениях весенние показатели численности галофильных микроорганизмов также превышали осенние. Средняя численность

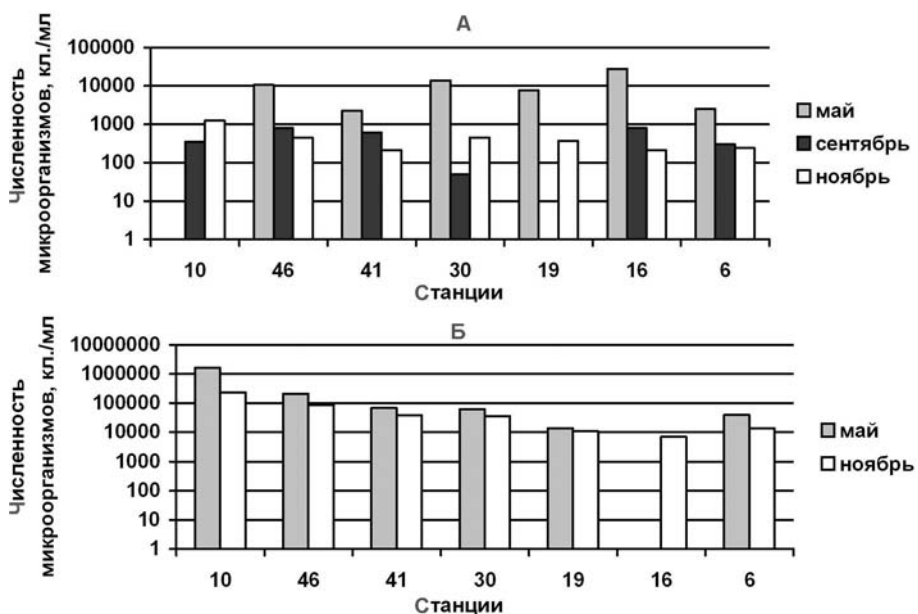


Рис. 7. Численность галофильной группы микроорганизмов воды (А) и грунта (Б) оз. Тунайча в 2003 г.

в донных отложениях галофильной группы составила: в мае 78300 кл./мл, в ноябре 32000 кл./мл. Максимум численности отмечался в протоке: в мае 1620000 кл./мл, в ноябре 237000 кл./мл (рис. 7, Б).

Анализируя полученные результаты по численности эколого-трофических групп микробного сообщества оз. Тунайча в мае, сентябре, ноябре 2003 г., можно отметить высокую активность всех изученных групп микроорганизмов, осуществляющих начальные этапы разложения органического вещества и его минерализацию.

Весной и осенью группа олиготрофных микроорганизмов, усваивающих умеренные концентрации органического вещества (РПА:10), преобладала над группой сапрофитных микроорганизмов евтрофной группы (РПА). Такое соотношение было характерно как для воды, так и для грунта. Численное преимущество в пользу сапрофитов, растущих на РПА:10, свидетельствует о развитии микробного сообщества, наиболее адаптированного к условиям обитания в экосистеме озера, в котором образуется значительное количество автохтонного органического вещества.

Весенние средние значения численности гетеротрофов, усваивающих минеральные формы азота, были несколько ниже численности микроорганизмов, разлагающих легкодоступное органическое вещество, что сдерживало темпы минерализации органического вещества: коэффициент минерализации не превышал единичных значений. Интенсивнее минерализация протекала в сентябре–ноябре как в воде, так и в донных отложениях. Повышенные концентрации всех изученных групп гетеротрофов как в воде, так и в донных отложениях отмечались в местах поступления аллохтонной органики с хозяйственно-бытовой зоны (станции 10 и 46). Хороший прогрев вод весной и осенью 2003 г. обусловил активное развитие всех описанных эколого-трофических групп микроорганизмов: численность микроорганизмов была заметно выше таковой в весенний и осенний сезоны более холодного 2002 г.

### Литература

- Демин Л.В., Клюканов В.А. Геоэкология озера Тунайча. Рыбохозяйственное значение и рекомендации по рациональному использованию оз. Тунайча. Заключительный отчет по ХД 153089 с СахТИНРО по теме «Геоморфолого-экологические исследования озера Тунайча по х/д № 11/90» с Корсаковским горисполкомом по теме «Рыбохозяйственное значение и рекомендации по рациональному использованию озера Тунайча». Владивосток: ДВГУ, 1991. 171 с. Арх. № 6233.
- Максимов В.В., Щетинина Е.В., Крайковская О.В., Максимов В.Н., Максимова Э.А. Структура микробиоценозов и их активность как основа классификации и мониторинга состояния речных и приустьевых локальных экосистем Байкала // Микробиология. 2002. Т. 71, № 5. С. 690–696.
- Микишин Ю.А., Рыбаков В.Ф., Бровка П.Ф. Южный Сахалин. Озеро Тунайча // История озер Севера Азии. Сер. «История озер». СПб.: Наука, 1995. С. 112–120.
- Микроорганизмы в экосистемах Приамурья / под ред. Кондратьевой Л.М. Владивосток: Дальнаука, 2000. 198 с.
- Никитин Д.И., Никитина Э.С. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий. М.: Наука, 1978. 203 с.
- Полтева А.В. Микробиологическая характеристика воды и донных отложений озера Тунайча // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: тр. Сахалин. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океанографии. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2003. Т. 5. С. 251–258.
- Практикум по микробиологии / под ред. Егорова Н.С. М.: Изд-во МГУ, 1976. 307 с.
- Родина А.Г. Методы водной микробиологии. Л.: Наука, 1965. 364 с.
- Саматов А.Д., Лабай В.П., Мотылькова И.В., Могильникова Т.А., Заварзин Д.С., Ни Н.К. Краткая характеристика водной биоты оз. Тунайча (южный Сахалин) в летний период // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: тр. Сахалин. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океанографии. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2002. Т. 4. С. 258–270.
- Yochimizu M., Kimura T. Study on intestinal microflora of salmonids // Fish. Pathol. 1976. V.10, N 2. P. 243–259.