

**СОСТОЯНИЕ БАКТЕРИОПЛАНКТОННЫХ КОМПЛЕКСОВ
ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА Р. ТИМПТОН В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ
ПЕРИОД 2010 Г.**

Л.А. Гаретова, Е.А. Каретникова

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

Приведены результаты оценки численности, соотношения эколого-трофических групп бактериопланктона, дегидрогеназной активности гетеротрофных бактерий водотоков бассейна р. Тимптон в зоне строительства Канкунской ГЭС. Современное экологическое состояние р. Тимптон и ее 17 притоков по микробиологическим показателям оценено как «благополучное».

**BACTERIOPLANKTON ASSEMBLES OF SMALL RIVERS
OF TIMPTON RIVER BASIN IN SUMMER-AUTUMN 2010**

L.A. Garetova, E.A. Karetnikova

*Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, 65 Kim Yu Chen Str.,
Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: micro@ivep.as.khb.ru*

Estimation of bacteria quantity, ratio between ecological-trophic groups of bacterioplankton and dehydrogenase activity of heterotrophic bacteria of Timp-ton River and its inflows in the area of Kankun hydropower station was carried out. According to microbiological parameters, modern ecological status of Timp-ton River and its 17 tributaries was evaluated as «good».

Река Тимптон является правым притоком р. Алдан и принадлежит бассейну Лены. Длина реки составляет 644 км, площадь бассейна 44400 км². В бассейне р. Тимптон свыше 6700 водотоков, из которых 86 притоков длиной более 10 км. Правительство Якутии планирует строительство каскада ГЭС вдоль р. Тимптон, в состав которого войдут Канкунская, Идженская и Нижнетимптонская ГЭС. В связи с огромным по масштабам антропогенным преобразованием бассейна р. Тимптон необходим анализ современного экологического состояния водных объектов бассейна, входящих в зону влияния предполагающегося строительства.

Важная роль микробиологических исследований в системе комплексной оценки экологического состояния водных объектов обусловлена тем, что 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 ав-

тохтонной и аллохтонной природы изменением численности определенных эколого-трофических групп.

В природных водах микроорганизмы выполняют основную роль в процессах деструкции разнообразных органических веществ, т.е. в самоочищении водных экосистем. Зачастую диагностика состояния водотоков с использованием традиционного санитарно-гигиенического подхода не позволяет дать объективную оценку их экологического состояния, поскольку патогенные, или условно-патогенные микроорганизмы могут отсутствовать в водах вследствие удаленности водных объектов от источников загрязнения. Именно поэтому при исследовании водотоков бассейна р. Тимптон наиболее приемлема концепция классификации компонентов микробного сообщества, которая основывается на функциональных и трофических связях (Звягинцев и др., 1984; Мишустин, 1975; Никитин, Никитина, 1978).

Целью работы являлась оценка эколого-трофической структуры и активности бактериопланктонных ценозов р. Тимптон и ее притоков в зоне проектируемого строительства Канкунской ГЭС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб воды проводился в июле и сентябре 2010 г. в среднем течении р. Тимптон на участке от пос. Нагорный до устья р. Сеймдэ и в 17 притоках основной реки. Схема расположения станций отбора проб представлена на рис. 1.

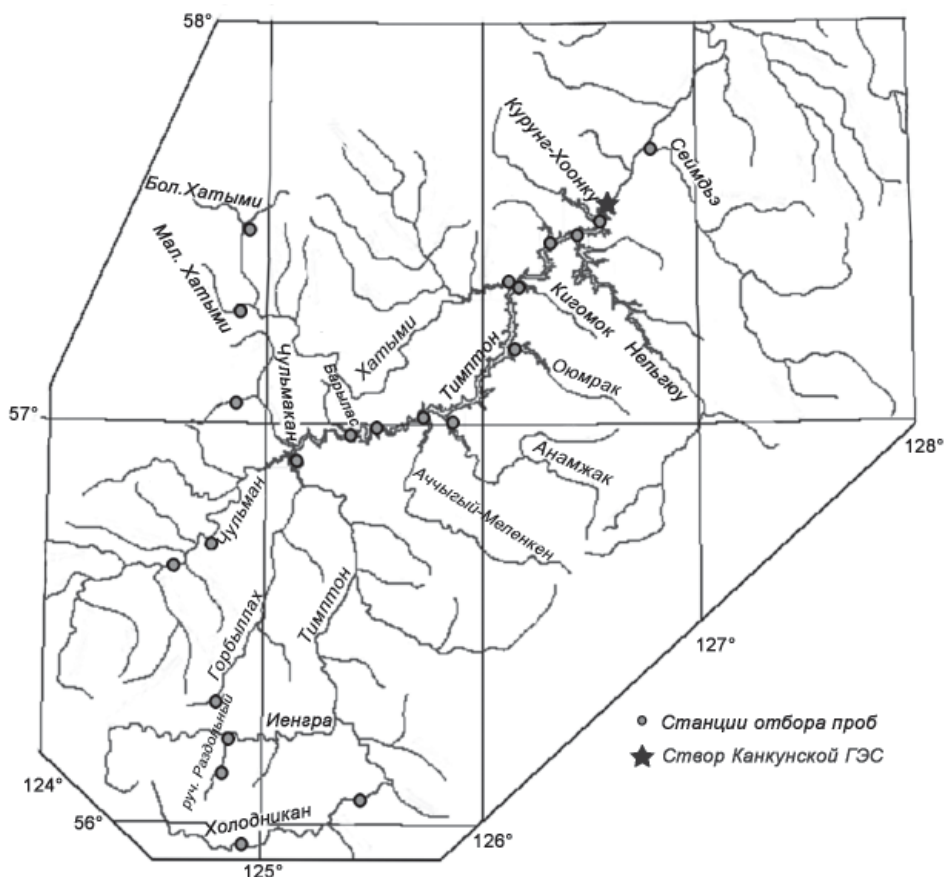


Рис. 1. Карта-схема отбора проб воды в бассейне р. Тимптон.

Численность эколого-трофических групп с различными пищевыми потребностями в составе бактериопланктона определяли на агаризованных средах с убывающей концентрацией питательных компонентов: группу сапрофитных бактерий (СБ) учитывали на стандартном рыбопептонном агаре (РПА); группу гетеротрофных бактерий (ГБ) на среде РПА разбавленной в 10 раз; олигокарбофильных бактерий (ОБ) – на голодном агаре. Численность нефтеокисляющих бактерий (НОБ) выявляли на среде Раймонда с нефтью, численность фенолрезистентных бактерий (ФРБ) – на среде РПА:10 с внесением фенола в концентрации 1 г/л. Результаты подсчета выражали в численности колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов в 1 мл воды.

Для сравнительной оценки экологического состояния водных объектов использовали соотношения эколого-трофических групп в составе бактериопланктона: трофический уровень – по соотношению ГБ/СБ, именуемому индексом трофии (ИТ) (Марголина, 1989). Величины соотношения численности групп с различными пищевыми стратегиями: ГБ/СБ, ОБ/СБ используются как показатели реакции микробного сообщества на изменение условий под влиянием природных и антропогенных факторов и также характеризуют биоразнообразие сообщества микроорганизмов (Олейник, Старосила, 2005).

Количество бактерий, обладающих дегидрогеназной активностью, выявляли при помощи теста с 2,3,5-трифенилтетазолиумхлоридом (ТТХ) (Олейник, Кабакова, 1995).

В работе использовали показатели содержания органических веществ (ОВ) в воде (ПО, БПК, ХПК, фенолы, нефтепродукты), полученные в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов (Аттестат аккредитации № РОСС RU 0001.515988) при ИВЭП ДВО РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период исследования численность СБ, отвечающих за разложение высоких концентраций органических веществ в левобережных притоках р. Тимптон, колебалась от 120 КОЕ/мл в устье р. Хатыми до 4250 КОЕ/мл в р. Горбыллах. Минимальная численность ГБ, усваивающих умеренные концентрации ОВ, среди данной группы притоков была выявлена в р. Мал. Хатыми (700 КОЕ/мл), а максимальная численность – 8900 КОЕ/мл в устье р. Чульман. Численность ОБ, усваивающих рассеянные концентрации ОВ была достаточно высока, что характерно для холодноводных, бедных легкоокисляемым ОВ водотоков и колебалась от 450 КОЕ/мл в устье р. Курунг-Хоонку до 7850 КОЕ/мл в р. Горбыллах.

В правобережных притоках показатели численности трех эколого-трофических групп варьировали не менее существенно. Численность СБ составляла от 75 КОЕ/мл в р. Сеймдэ до 1850 КОЕ/мл в р. Кигомок, группы ГБ от 1500 КОЕ/мл в р. Анамжак до 5150 КОЕ/мл в р. Нельгюу. Численность ОБ в данной группе водотоков колебалась на порядок: от 400 КОЕ/мл в р. Сеймдэ до 4200 КОЕ/мл в р. Нельгюу.

Летом максимальная численность СБ была зафиксирована в устье р. Чульман и составила 2,37 тыс. КОЕ/мл. Для данной станции была отмечена высокая численность ГБ и согласно величинам соотношения ГБ/СБ, составляющим менее 4, устьевая часть р. Чульман являлась евтрофируемой (Марголина, 1989), что ве-

роятнее всего обусловлено влиянием г. Нюрнгри. Также по показателям численности и соотношения указанных групп микроорганизмов к евтрофируемым системам относились участки р. Тимптон у пос. Нагорный и выше устья р. Чульман. Аналогичные уровни численности бактерий данных групп были зафиксированы в летний период 1992 г. в Горьковском водохранилище, относящемся к евтрофируемым водным экосистемам, а по уровню загрязнения ОВ – мезосапробной (Дзюбан и др., 2001). По данным авторов согласно микробиологическим показателям в летний период состояние водных масс в Горьковском водохранилище оценивалось как «хорошее».

Численность ФРБ в исследованных водотоках была в пределах 0–435 КОЕ/мл, что характерно для водных экосистем, не подверженных хроническому загрязнению фенольными соединениями, что подтверждается данными химического анализа. Содержание фенолов в водотоках было в пределах характерных для речных вод и в отдельных случаях незначительно в 1,5–3 раза превышало значение ПДК (0,001 мг/л). Интервал колебаний концентраций в основной реке летом составил в 0,0019–0,0028 мг/л при средних значениях 0,0025 мг/л и 0,0015 мг/л осенью. Повышенное содержание фенолов на уровне 3 ПДК было выявлено в реках Чульмакан, Мал. Хатыми и Анамжак летом. Осенью содержание фенолов в притоках снижалось до значений 0,001–0,0018 мг/л. Невысокие, близкие по значениям концентрации фенолов на исследуемом участке реки и ее притоках свидетельствуют об их природном происхождении.

Численность НОБ составляла по водотокам от 155 до 2830 КОЕ/мл. Величины данного показателя на уровне тыс. КОЕ/мл обычно характерны для зон с локальным загрязнением нефтяными углеводородами (УВ) различного происхождения. Так при анализе численности НОБ в реках Западной Сибири было отмечено, что уровень численности НОБ в незагрязненных водотоках не превышал сотен КОЕ/мл, а при загрязнении УВ составлял 10^3 – 10^7 КОЕ/мл (Бердичевская и др., 1991). В реках бассейна Верхней и Средней Оби было выявлено присутствие небольших количеств углеводородов нефтяного ряда, а количество НОБ в данных водотоках не превышало 6 тыс. КОЕ/мл (Савичев и др., 2002).

Максимальная численность НОБ в июле была отмечена в реках Чульман, Нельгюу и на одной из станций р. Тимптон. Это может быть связано не только с наличием в данных водотоках УВ, но и со сложившей на момент отбора проб гидрологической ситуацией (дожди, паводок). Паводковые смывы приводят к попаданию в водотоки значительного количества аллохтонной микрофлоры, увеличению общей численности микроорганизмов и, как следствие, увеличению численности НОБ, являющихся нормальным компонентом микробиоценозов. В целом, численность НОБ не превышала уровня характерного для водных объектов с невысокими фоновыми концентрациями УВ. По данным химического анализа содержание нефтепродуктов в исследованных водотоках не превышало 0,026 мг/дм³, что ниже принятых значений ПДК (0,05 мг/л).

На численность бактериопланктона в водотоках бассейна р. Тимптон в первую очередь оказывает температурный фактор. Летом в реках Холодникан и Иенгра температура воды составляла 16,1 и 19,7 °С, соответственно, а в большинстве водотоков, включая основную реку, температура воды не превышала 13,5 °С. Осенью температура воды в реках Холодникан и Чульмакан снижалась до 0,8 °С,

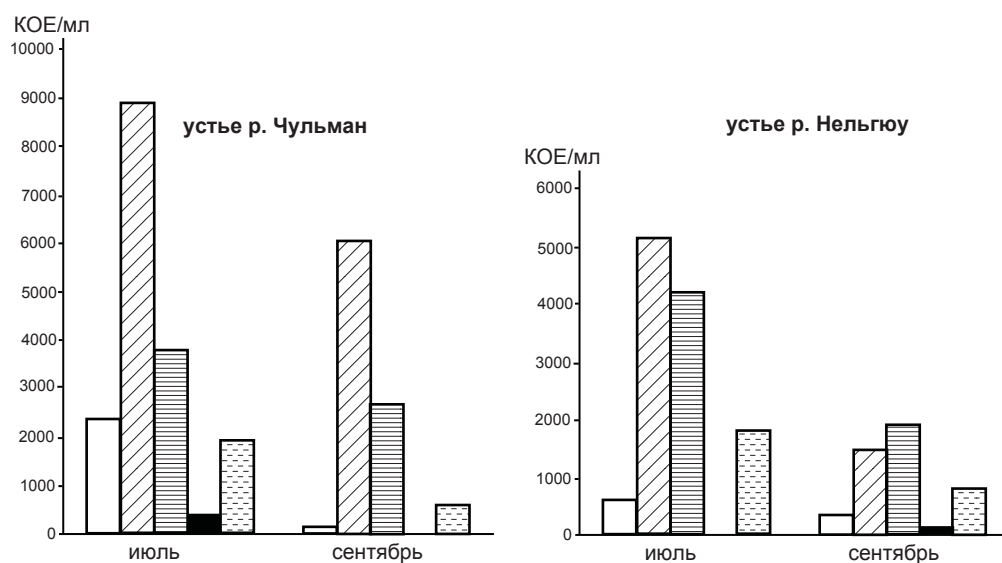


Рис. 2. Сезонная динамика численности эколого-трофических групп микроорганизмов в воде

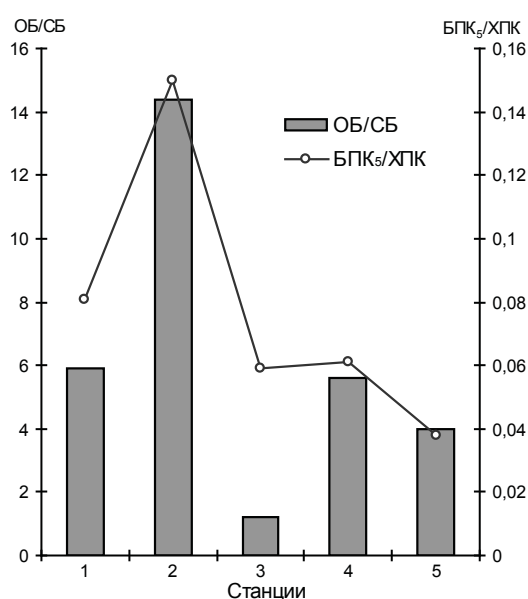


Рис. 3. Динамика микробиологических (ОБ/СБ) и гидрохимических (БПК₅/ХПК) показателей по станциям р. Тимптон в сентябре 2010 г. 1 – выше устья р. Чульман; 2 – выше устья р. Аччыгый-Меленкен; 3 – выше устья р. Хатыми; 4 – выше устья р. Нельгюу; 5 – створ Канкунской ГЭС.

а в остальных водотоках не превышала 5 °С. Сезонная динамика бактериопланктона наиболее ярко выражена в водотоках с разницей температур воды между июлем и сентябрем от 7 до 10 °С. На примере левобережного (р. Чульман) и правобережного (р. Нельгюу) притоков показано характерное для большинства водотоков бассейна р. Тимптон снижение численности всех эколого-трофических групп микроорганизмов в составе бактериопланктона осенью по сравнению с летом (рис. 2).

По величине отношения численности групп ОБ/СБ в сообществе бактериопланктона можно судить о присутствии в водах биохимически устойчивых соединений (Олейник, Старосила, 2005). На рис. 3 показана динамика микробиологических и гидрохимических (соотношение БПК₅/ХПК) показателей, характеризующих содержание трудноокисляемых органических веществ в воде р. Тимптон от верховья до створа проектируемой Канкунской ГЭС. Показано, что по станциям основного русла р. Тимп-

тон содержание данных соединений было распределено неравномерно, и вероятнее всего, зависело от влияния вод притоков и в первую очередь от содержания в них гуминовых веществ.

Известно, что дегидрогеназы микроорганизмов катализируют реакции дегидрирования органических веществ и выполняют функцию промежуточных переносчиков водорода, таким образом, они принимают непосредственное участие в разложении широкого спектра органических веществ. Количественное содержание в микробном сообществе бактерий, обладающих дегидрогеназой, характеризует активность микробных сообществ к деструкции органических веществ (Киреева и др., 2001).

Оценка процентного содержания бактерий, обладающих дегидрогеназной активностью, в группе ГБ показала, что данная величина для водотоков бассейна р. Тимптон значительно варьировала (от 15,8 до 76,0 %). Исследуемые водотоки по величине данного показателя разделялись на 2 группы. В первой группе водных объектов с диапазоном содержания в сообществе ГБ от 15,8 до 46,2 % дегидрогеназ-положительных бактерий, водотоки, по мере увеличения данного показателя, располагаются в следующей последовательности: р. Холодникан; р. Тимптон (выше устья р. Хатыми); р. Бол. Хатыми; р. Гобыллах; р. Тимптон (выше устья р. Чульман); р. Тимптон (створ ГЭС); р. Хатыми (устье); р. Чульман (устье); р. Анамжак (устье); р. Тимптон (пос. Нагорный); р. Чульмакан (устье).

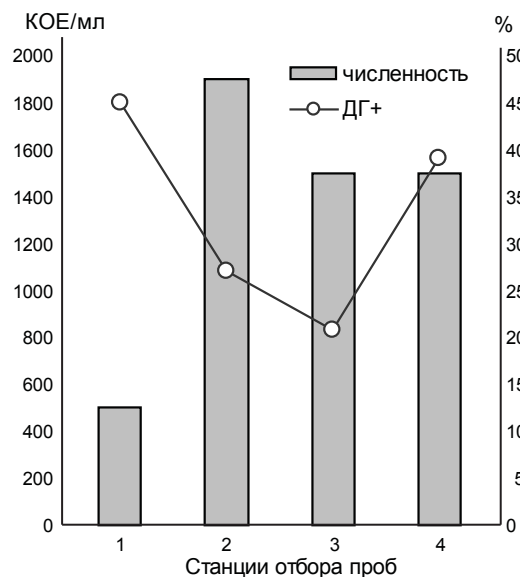
Во второй группе с содержанием в сообществе ГБ 50–76 % бактерий с дегидрогеназной активностью, водотоки в порядке возрастания данной величины располагались следующим образом: р. Мал. Хатыми; руч. Раздольный, р. Барылас (устье); р. Оюмрак (устье); р. Чульман (ниже г. Нюренгри); р. Курунг-Хоонку(устье); р. Нельгюу (устье); р. Кигомок (устье); р. Семдэ (устье); р. Иенгра (мост); р. Чульмакан (мост).

На исследованном участке основной реки численность ГБ увеличивалась от верховья до станций, расположенных выше устья р. Чульман и р. Аччыгый-Меленкен, и стабилизировалась на участке устье р. Хатыми – створ ГЭС на уровне 1500 КОЕ/мл (рис. 4). Дегидрогеназная активность сообщества ГБ существенно снижалась (до 20,7 %) на станции выше устья р. Хатыми и, к конечной станции (створ ГЭС), составляла 40 %. В целом, дегидрогеназная активность

ГБ р. Тимптон соответствовала показателям, характерным для водных объектов в осенний период (Олейник, Кабакова, 1995).

ГБ р. Тимптон соответствовала показателям, характерным для водных объектов в осенний период (Олейник, Кабакова, 1995).

Рис. 4. Численность ГБ и содержание бактерий с дегидрогеназной активностью (ДГ+) в воде р. Тимптон: 1 – п. Нагорный; 2 – выше устья р. Чульман; 3 – выше устья р. Хатыми; 4 – створ проектируемой ГЭС.



Таблица

Оценка качества воды р. Тимптон и ее притоков по микробиологическим показателям

Водотоки - станции	Класс качества воды	Степень загрязненности воды	Численность гетеротрофных бактерий, КОЕ/мл*	Кол-во сапрофитных бактерий, 10 ³ КОЕ/мл**	ИТ, (отношение ГБ/СБ)
Тимптон (пос. Нагорный) Иенгра (мост) Чульмакан (мост) Мал. Хатыми (мост) Бол. Хатыми (мост) Чульман (устье) Тимптон (выше устья р. Чульман) Чульмакан (мост) Хатыми (устье) Аччыгый-Меленкен (устье) Тимптон (выше устья Аччагый-Меленкен) Анамжак (устье) Нельгоу (устье) Курунг-Хоонку (устье) Оюмрак (устье) Тимптон (створ ГЭС) Сеймдэ (устье)	I	Очень чистые	700–2000	Менее 0,5	Более 4
Горбыллах (мост) Чульман (выше г. Нюренгри) Чульман (ниже г. Нюренгри) Руч. Раздольный (мост) Барылас (устье) Тимптон (выше устья р. Хатыми) Тимптон (выше устья р. Курунг-Хоонку) Кигомок (устье)	II	Чистые	2000–4000	0,5–5,0	Более 1

Примечание: * – оценка по экологическим нормативам качества природных вод для водотоков горно-таежной зоны Хабаровского края (Гаретова, 2008);

** – оценка по ГОСТу 17.1.3.07 – 82 (Государственный контроль..., 2001).

Между численностью и дегидрогеназной активностью ГБ наличия корреляционных связей выявлено не было. Такая же картина наблюдалась для незагрязненных водотоков бассейна р. Зея (Гаретова, Каретникова, 2009). Положительная связь между численностью и метаболической активностью бактериопланктонных сообществ проявляется в водотоках с высокой антропогенной нагрузкой (Олейник, Старосила, 2005), что связано с процессами естественного отбора микроор-

ганизмов с определенной стратегией утилизации избытка органических веществ в таких водных объектах.

Исследованные водотоки, вследствие своей удаленности от крупных промышленных центров, не подвержены интенсивному антропогенному воздействию (таблица).

По величинам показателей численности и соотношению эколого-трофических групп бактерий с различными пищевыми стратегиями, потенциальной активности планктонных микробсообществ современное экологическое состояние водотоков бассейна р. Тимптон оценивается как «благополучное» с I и II классами качества вод.

ЛИТЕРАТУРА

- Бердичевская М.В., Козырева Г.И., Благиных А.В. 1991.** Численность, видовой состав и оксигеназная активность углеводородокисляющего сообщества нефтезагрязнённых речных акваторий Урала и Западной Сибири // Микробиология. Т. 60, вып. 6. С. 122–128.
- Гаретова Л.А. 2008.** Количественные оценки экологического состояния малых рек Хабаровского края // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука. С. 111 – 122.
- Гаретова Л.А., Каретникова Е.А. 2009.** Состояние микробных сообществ реки Зeya и ее притоков // Вестник ДВО РАН. № 3. С. 48–53.
- Государственный контроль качества воды 2001.** М.: ИПК Издательство стандартов. С. 130-131
- Дзюбан А.Н., Косолапов Д.Б., Кузнецова И.А. 2001.** Микробиологические процессы в Горьковском водохранилище // Водные ресурсы. Т. 28, № 1. С. 47–57.
- Звягинцев Д.Г., Кочкина Г.А., Кожевин П.А. 1984.** Новые подходы к изучению сукцессии микроорганизмов в почве // Почвенные микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. М.: Наука. С. 81–103.
- Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. 2001.** Биологическая активность нефтезагрязненных почв. М.: Гилем. 377 с.
- Марголина Г.Л. 1989.** Микробиологические процессы деструкции в пресных водоемах. М.: Наука. 120 с.
- Мишустин Е.Н. 1975.** Ассоциация почвенных микроорганизмов. М.: Наука. 105 с.
- Никитин Д.И., Никитина Э.С. 1978.** Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий (род *Bdellovibrio*). М.: Наука. 205 с.
- Олейник Г.Н., Кабакова Т.Н. 1995.** Бактериопланктон Сасыкского водохранилища // Гидробиол. журн. Т. 32, № 3. С. 47–58.
- Олейник Г.Н., Старосила Е.В. 2005.** Микробиологическая характеристика водоемов с высокой антропогенной нагрузкой // Гидробиол. журн. Т. 41, № 4. С. 70–81.
- Савичев О.Г., Наливайко Н.Г., Трифонова Н.А. 2002.** Микробиологический состав речных вод бассейна верхней и средней Оби // Сиб. экол. журн. № 2. С. 173–180.