Б.Б.Намсараев, В.В.Хахинов, Д.Д.Бархутова, С.П.Бурюхаев, О.П.Дагурова, Э.В.Данилова, Л.П.Козырева, Е.В.Лаврентьева
Бурятский университет, г.Улан-Удэ

УДК 577.472 (571)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ СИСТЕМ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Гидрохимический и микробиологический мониторинг водных систем Байкальского региона показал, что микроорганизмы являются индикаторами изменений экологического состояния водоемов при техногенных воздействиях. Наибольшая численность микроорганизмов (до 10^7 клеток/мл) выявлена в осадках реки Селенги в районах населенных пунктов. Определение скорости микробных процессов показало, что в местах поступления сточных вод в озеро Байкал в осадках наблюдается смена метаногенного сообщества на сульфидогенное. Полученные результаты доказывают необходимость количественной оценки функциональной роли микроорганизмов при экологическом мониторинге водных систем.

Hydrochemical and microbial monitoring of water systems in the Baikal region show the microorganisms are indicators of the anthropogenic pollution. The high quality of microorganisms detected in sediments of the Selenga river near settlements. In the polluted sediment of lake Baikal the methanogenic community replaced by the sulphidogenic. The results show necessary of the quantitative evaluation of the bacterial activity in the water ecosystem during the course of the ecological monitoring.

На территории Байкальского региона, который включает бóльшую часть Бурятии, северные районы Монголии, отдельные районы Читинской и Иркутской областей, встречаются пресные и содовые озера, холодные и термальные минеральные источники, крупные и малые реки, верховые и низинные болота, подземные резервуары пресных и солоноватых вод. Эти экосистемы отличаются большим разнообразием биологических сообществ, участвующих в процессах круговорота веществ и энергии в воде и донных отложениях.

С 1995 г. проводится экологический мониторинг озера Байкал, его притоков (рек Селенга, Баргузин, Уда, Хилок и др.), прибрежных болот, холодных и термальных минеральных источников, родников, пресных и содовых озер Забайкалья [1]. Методологической основой этого мониторинга является комплексное исследование структурно-функциональной организации биологических сообществ и физико-химических параметров вод и донных отложений водоемов. В ходе мониторинга определяются химические параметры воды и донных осадков, структура микробного, растительного и животного населения водоемов, функциональная роль биологических компонентов и влияние параметров среды на деятельность биологического сообщества. Эти данные служат основой количественной оценки экологического состояния вод, донных осадков и всего водоема, изучения динамики изменений структуры и функциональной характеристики водных систем и прогноза вероятных сценариев развития биологических сообществ и факторов среды.

Комплексные исследования экологических условий и деятельности биоты были проведены в холодных и термальных источниках Баргузинской долины, Селенгинской Даурии и Восточных Саян, что позволило получить сравнительный материал и выявить ряд закономерностей в структурно-функциональной организации биологического сообщества [2]. Основными абиотическими факторами, определяющими формирование структуры биоценозов в этих экосистемах, являются температура, свет, содержание биогенов и органического вещества. При благоприятных условиях наблю-

дается образование цианобактериального, пурпурного и серного микробных матов, продуктивность которых зависит от физико-химических параметров. В изученных матах суточная скорость оксигенного фотосинтеза составляет 1,6-502,0 мг С/м^2, скорость аноксигенного фотосинтеза – от 0,9 до 434,0 мг С/м^2

Численность, видовое разнообразие и активность бактерий-деструкторов минеральных источников были наибольшими при температурах 30-50 °С. Высокая активность протеолитиков и целлюлолитиков выявлена в илах и микробных матах источника Кучегер, где содержание органического вещества достигает 19,2 %. В изученных минеральных источниках основным конечным процессом деструкции является сульфатредукция. Скорость этого процесса равна 0,009-4,89 мг S/(кг·сутки). При этом сульфатредукторы используют 0,006-3,6 мг С/(кг·сутки). Скорость образования биогенного метана от 2,16 до 365,3 мкл/(кг·сутки). Метаногены используют 0,006-1,1 мг С/(кг·сутки).

Мониторинг состояния вод рек Селенга, Джида, Хилок, Баргузин, Уда и других показал, что в районе населенных пунктов, особенно г.Улан-Удэ, резко возрастает численность гетеротрофных бактерий до 10^7 клеток в 1 мл [1]. Это означает, что количество бактерий является индикатором антропогенных загрязнений притоков озера Байкал. В течение года вода реки Селенга на всем своем протяжении имела удовлетворительный кислородный режим и слабощелочную реакцию. Минерализация вод варьирует от 105 до 180 мг/л. В болотных системах дельты реки Селенга скорость анаэробной деструкции органического вещества составляет 380,45-560,0 мг С/(м^2·сутки), тогда как скорость аэробной деструкции 440,01-501,07 мг С/(м^2·сутки). На терминальных этапах деструкции большая часть органического вещества используется для образования до 27,5 мкг С/(кг·сутки) метана. В процессе сульфатредукции расходуется до 0,15 мкг С/(кг·сутки).

В степных зонах и межгорных долинах Забайкалья встречаются бессточные содовые озера. Высокие значения минерализации (до 300 г/л) и pH (до 11,4) способствуют развитию алкалофильного и галофильного микробного сообщества. В содовых озерах Агинского округа, Читинской области и Бурятии были проведены исследования физико-химических и биологических параметров вод и донных отложений [3]. Высокая солнечная инсоляция, неограниченное поступление карбонатов и доступность фосфатов в содовых озерах Забайкалья способствуют деятельности продуцентов: оксигенных цианобактерий, аноксигенных фотобактерий и хемолитотрофов. Суточная скорость оксигенного фотосинтеза 0,16-5730 мг С/м^2, аноксигенного фотосинтеза от 0,26 до 5436 мг С/м^2. Скорость сульфатредукции в илах и микробных матах содовых озер Забайкалья составляет 0,6-93,4 мг S/(л·сутки). В 1 кг сырого ила метаногены за сутки образуют 0,06-8,17 мкл CH_4. В процессе сульфатредукции бактерии используют от 0,45 до 70 мг С/(л·сутки), что на 3-4 порядка выше деструкционной активности метаногенов [3].

Количественная оценка деятельности анаэробного микробного сообщества позволяет утверждать, что в донных осадках содовых озер и сероводородных источников большая часть органического вещества используется на восстановление сульфатов.

В анаэробных зонах осадков Байкала микроорганизмы используют от 0,008 до 48,42 мг С/(кг·сутки). Большая часть органического вещества используется для образования метана. Основным путем синтеза метана в донных осадках Байкала является автотрофный метаногенез. Сравнительная оценка скоростей терминальных процессов показывает, что в донных осадках Байкала метаногены более активны, чем сульфатредукторы. Низкая концентрация сульфатов в осадках Байкала позволяет метаногенам успешно конкурировать с сульфатредукторами за продукты метаболизма первичных анаэробов. Поэтому микробные сообщества в донных осадках большинства районов Байкала можно назвать метаногенными [4].

При изменении условий среды наблюдается смена одного микробного сообщества другим. В донных осадках в районе г.Байкальск при сбросе сточных вод, содер-

жащих лабильное органическое вещество и сульфаты, активизируются сульфатредукторы и наблюдается смена метаногенного сообщества на сульфидогенное. В этих условиях в осадках наблюдается увеличение концентрации сероводорода, который окисляется серными и тионовыми бактериями, химически взаимодействует с кислородом и связывается с металлами с образованием сульфатов и сульфидов.

Высокая чувствительность микроорганизмов к любым физико-химическим изменениям в водных экосистемах позволяет использовать их как биоиндикаторы в экологическом мониторинге. Для оценки состояния водной толщи и донных осадков водоемов необходим мониторинг численности важнейших групп микроорганизмов и скорости ключевых микробных процессов, в первую очередь, метаногенеза и сульфатредукции. Соотношение этих процессов позволяет уловить изменения в структуре и функциональной организации всего биологического сообщества донных осадков. Неотъемлемой частью мониторинга является изучение условий среды обитания гидробионтов.

Результаты мониторинга водных систем Байкальского региона показывают, что их экологическое состояние зависит от сезонных изменений и техногенных воздействий. Для уменьшения негативного воздействия деятельности человека на эти водоемы необходима специальная программа охраны и рационального использования подземных и поверхностных вод Прибайкалья.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Министерства образования № 02.01.107, ИНТАС № 97-30776, ФЦП «Интеграция» № С0080 и РФФИ № 01-05-97256.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Намсараев Б.Б.* Микробиологический мониторинг водных экосистем Байкальского региона Б.Б.Намсараев, В.С.Молотов, Д.Д.Бархутова // Проблемы экологического мониторинга: Материалы X Байкальской школы-семинара / Институт экологической токсикологии, Байкальск, 1998.

2. *Данилова Э.В.* Разнообразие микроорганизмов в минеральных источниках Прибайкалья / Э.В.Данилова, Б.Б.Намсараев, С.В.Смирнягина, В.М.Горленко // Там же.

3. *Горленко В.М.* Активность сульфатредуцирующих бактерий в донных осадках содовых озер Юго-Восточного Забайкалья / В.М.Горленко, Б.Б.Намсараев А.В.Кулырова, Д.Г.Заварзина, Т.Н. Жилина. // Микробиология. 1999. Т.68. № 5.

4. *Намсараев Б.Б.* Микробиологические процессы круговорота углерода в донных осадках озера Байкал / Б.Б.Намсараев, Т.И.Земская. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000.