

Данная работа будет продолжена и расширена, а также планируется сравнить полученные результаты с литературными данными на разных этапах становления водоема.

Characteristics of Sasyk waterbody (Ukraine) ecological state based on phytoplankton data. O.P. Bilous, S.S. Barinova, N.I. Ivanova. The water over the Sasyk Reservoir may be characterized as moderate in temperature, fresh-water, low acidic, low alkaline, standing to slow-moving, with a medium amount of oxygen, as well as medium polluted (Sládeček and Watanabe), III Class of water quality, eutrophic, mainly with moderate concentrations of organically bounded nitrogen.

ТОКСИН-ПРОДУЦИРУЮЩИЕ БЕНТОСНЫЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

**О.И. Белых, И.В. Тихонова, Е.Г. Сороковикова, С.А. Потапов,
А.В. Кузьмин, Г.А. Федорова, О.А. Тимошкин**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, belykh@lin.irk.ru

Цианобактерии (синезеленые водоросли) являются неотъемлемым компонентом водных экосистем. При наступлении благоприятных условий в водоемах цианобактерии (ЦБ) начинают быстро развиваться, формируя планктонные и бентосные цветения. Развитие токсичных цветений связывают с эвтрофированием водоемов и глобальным потеплением (Chorus, 2012). Самыми распространенными цианотоксинами являются гепатотоксичные микроцистины (MC). Среди 90 вариантов MC наиболее токсичный – MC-LR, его концентрация в питьевой воде не должна превышать 1 мкг/л (Chorus, 2012). Нейротоксичные сакситоксин (STX) и его 57 аналогов, называемые паралитическими токсинами моллюсков (PST), синтезируются динофлагеллятами в морях и пресноводными ЦБ (Wiese et al., 2010). Основной путь передачи PST – при употреблении морепродуктов, в пресных водоемах – через питьевую воду и во время купания.

Начиная с 2011 г. в прибрежной зоне оз. Байкал наблюдается массовое развитие нитчатых зеленых водорослей и цианобактерий, гибель эндемичных губок, сопровождаемая бурным ростом на их поверхности нитчатых цианобактерий.

Цель работы – поиск токсичных цианобактерий в биопленках оз. Байкал с помощью маркеров к генам синтеза PST (*sxtA*) и микроцистинов (*mcuE*), а также определение цианотоксинов методами иммуноферментного анализа и масс-спектрометрии. Отбор проб биопленок

с различных субстратов выполнен водолазами с глубины 10–15 м в сентябре 2015 г. в прибрежной зоне Южного Байкала. Всего отобрано 12 проб: по три с камней, губок *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1773) и *Baikalospongia* sp., по одной – со скалы, с растительного детрита и колоний *Tolypothrix distorta* Kütz. ex Bornet & Flahault. Для иммуноферментного анализа использовали наборы Microcystins-ADDA ELISA и Saxitoxin ELISA (Abraxis LLC, США). Определение PST и MC вариантов выполняли на масс-спектрометре с матричной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF). Выделение ДНК, ПЦР, клонирование, секвенирование и филогенетический анализ проводили, как описано ранее (Belykh et al., 2011). Микроскопический анализ проб обрастаний выявил 32 вида ЦБ, принадлежащих порядкам Synechococcales, Chroococcales, Oscillatoriales и Nostocales. В пробах доминировали *T. distorta* и *Symplocastrum* sp. В 10 биопленках выявлены последовательности гена *sxtA*, кодирующего синтез сакситоксина и его аналогов, которые принадлежали *T. distorta*. Гены синтеза MC присутствовали в шести образцах, однако продуцентов MC на уровне рода и вида идентифицировать не удалось в связи с отсутствием гомологов в БД. Иммуноферментный анализ выявил наличие STX в 11 пробах, MC – в восьми. Концентрация STX достигала 300 мкг/г сух. веса. Методом MALDI-TOF в цианобактериальных обрастаниях различных субстратов в оз. Байкал обнаружены восемь вариантов PST: STX, NeoSTX, GTX5, dcSTX, dcNeoSTX, dcGTX2/3, dcGTX1/4, doGTX2/3. Среди MC определены 9 вариантов: MC-YR, MC-LA, (Dha7)MC-YR, MC-LF, (L-MeSer7)MC-LR, (D-Asp3,Dha7)MC-HtyR, MC-RR, MC-HtyR, (Dha7)MC-YR. Концентрация MC в воде, отжатой с губки, составила 0,1 мкг/л.

Таким образом, впервые в биопленках, развивающихся на различных субстратах в оз. Байкал, включая губки, комплексом методов выявили цианобактерии, продуцирующие MC и PST. В настоящее время в связи с усилением антропогенной нагрузки на оз. Байкал наблюдается эвтрофирование мелководных заливов и прибрежных участков, и как следствие, повышение численности цианобактерий и появление очагов токсичных цветений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-54-44035, гос. заданий № 0345–2014–0004, № 0345–2014–0006.

Chorus I. 2012. Current approaches to cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries // Chorus I. (ed.) 147 pp. WaBoLu Umweltbundesamt. Dessau.

Wiese M., D'Agostino P., Mihali T. et al. 2010. Neurotoxic alkaloids: saxitoxin and its analogs // Mar. Drugs, 8: 2185–2211.

Belykh O., Sorokovikova E., Fedorova G. et al. 2011. Presence and genetic diversity of microcystin-producing cyanobacteria (*Anabaena* and *Microcystis*) in Lake Kotokel // *Hydrobiologia*. 671: 241–252.

Toxin-producing benthic cyanobacteria in Lake Baikal. O.I. Belykh, I.V. Tikhonova, E.G. Sorokovikova, S.A. Potapov, A.V. Kuzmin, G.A. Fedorova, O.A. Timoshkin. Cyanobacteria from surface of sick sponges, stone and bedrock in Lake Baikal were screened for the presence of saxitoxin and microcystins using ELISA. In sequel, eight paralytic shellfish toxin and nine microcystin variants were identified using a MALDI-TOF. PCR and sequencing detected *sxtA* gene and *mcyE* gene in biofouling dominated by *Tolypothrix distorta*.

ОПЫТ ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Б.П. Власов, И.А. Рудаковский, Т.В. Архипенко, А.Ю. Сивенков
Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, vlasov@bsu.by

Контроль глобальных и локальных изменений природной среды, протекающих под влиянием антропогенного воздействия, требует проведения оперативного мониторинга – регулярных наблюдений с целью разработок экспертных оценок и прогноза изменений на основе материалов космической съемки Земли. В ходе выполнения задания в рамках программы Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» разработана методика дешифрирования техногенных изменений водоемов, проведена оценка геоэкологической информативности космических снимков, выявлены космогеоэкологические индикаторы проявлений и закономерности пространственно-временных трансформаций водных объектов, оценено состояние аквальных геосистем по данным дистанционного зондирования. Объектами исследования послужили техногенные водоемы – Солигорское водохранилище и карьерные водоемы различного типа.

Современная дистанционная аппаратура использует аэрокосмические методы и технологии дистанционного зондирования параметров водной среды. К таким параметрам относятся вариации гидрооптических характеристик, определяющие содержание основных компонентов минерального состава воды, мутность воды, тип, площадь и характер зарастания водоемов, зоны техногенного загрязнения акватории. Эти гидроэкологические показатели являются приоритетными в системе современного дистанцион-

