

ОПЫТ АЛЬГОЛИЗАЦИИ ПИТЬЕВЫХ ВОДОЕМОВ НИЖНЕТАГИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

В.В. Кульнев¹, В.А. Почечун^{2*}

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия;

² Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

* Эл. почта: viktoriyapochechun@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.04.2016; принята к печати 02.08.2016

Биологическая реабилитация двух питьевых водоемов Нижнетагильского промышленного узла, Черноисточинского и Верхне-Выйского водохранилищ, методом коррекции альгоценоза (альголизацией) путем внесения культуры хлореллы планктонного штамма привела, по данным в 2011–2012 гг., к улучшению качества воды по гидрохимическим параметрам. Прекратилось цветение воды, вызываемое синезелеными водорослями. В условиях слабой гипероксии, обусловленной альголизацией, произошло, например, судя по уровню марганца, снижение концентрации тяжелых металлов.

Ключевые слова: синезеленые водоросли, альголизация, загрязнители, мониторинг, источники питьевого водоснабжения.

AN EXPERIENCE OF USING GREEN ALGAE FOR THE REHABILITATION OF DRINKING WATER BODIES OF NIZHNETAGILSKIY INDUSTRIAL AGGLOMERATION

V.V. Kul'nev¹, V.A. Pochechun^{2*}

¹ Voronezh State University, Voronezh, Russia; ² Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

* E-mail: viktoriyapochechun@mail.ru

Using the introduction of a planktonic strain of the green algae *Chlorella* ("algolization") to correct algocenoses of two drinking water basins for their rehabilitation has resulted, according to retrospective 2011–2012 data, in a significant improvement of water quality by hydrochemical parameters. Water bloom caused by blue-green algae was prevented. Algolization caused a mild hyperoxia associated with the demonstrated reduction of manganese levels suggesting that other heavy metals were also converted to their insoluble oxidized forms.

Keywords: blue-green algae, algolization, pollutants, monitoring, drinking water sources.

Введение

На территории Нижнетагильского промышленного узла имеются многочисленные горные и металлургические предприятия, оказывающие негативное влияние на природную среду. Оно проявляется, например, в превышении нормативных значений содержания тяжелых металлов во всех компонентах окружающей среды – атмосферном воздухе, природных водах, почвах, биоте. В поверхностных водах (р. Сухая Ольховка, р. Мокрая Ольховка, р. Тагил) концентрации сидерафильных элементов составляют от 5–10 ПДК до нескольких десятков ПДК. В подземных водах территории Нижнетагильского промышленного узла концентрации тяжелых металлов превышают фоновые значения в несколько раз. Эти изменения наблюдаются в течение длительного времени [6–12].

Такая неблагоприятная экологическая ситуация сказывается и на питьевых водоемах. Качество питьевой воды ухудшилось не только по содержанию загрязняющих веществ, но и по органолептическим показателям^{1, 2}.

Еще одной экологической проблемой является «цветение» водоемов. Массовое развитие синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды при

¹ Биологическая реабилитация Верхне-Выйского водохранилища методом коррекции альгоценоза в 2011 году: отчет о научно-исследовательской работе / Кульнев В.В., Лухтанов В.Т., Косинова И.И., Валяльщиков А.А., Животова Е.Н., Сирина А.Е., Анциферова Г.А. Воронеж: ООО НПО «Альгобиотехнология», 2011.

² Биологическая реабилитация Черноисточинского водохранилища методом коррекции альгоценоза в 2011 году: отчет о научно-исследовательской работе / Кульнев В.В., Лухтанов В.Т., Косинова И.И., Валяльщиков А.А., Животова Е.Н., Сирина А.Е., Анциферова Г.А. Воронеж: ООО НПО «Альгобиотехнология», 2011.

накоплении их избыточной биомассы, создает технические трудности при подаче воды в городскую водопроводную сеть и ухудшает ее химический состав и санитарные показатели. Разложение биомассы цианобактерий приводит к неприятному запаху от воды и к расходу значительного количества растворенного в воде кислорода, приводящему к заморным явлениям. В ходе вегетации синезеленые водоросли продуцируют токсины, такие как микроцистин и анатоксин, антитоксины к которым в настоящее время не существует.

Особую озабоченность вызывает ухудшение качества воды в результате изменений в экосистеме водоема в связи с тем, что водохранилища используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Нижний Тагил и пригородов^{3, 4}.

Гидробиоценозы и, в частности, альгоценозы являются открытыми системами с эффектами самоорганизации. Их многокомпонентность и сложная интеграция вписываются в концепцию ассоциативного симбиоза. Используя симбиотические особенности цианобактерий, можно предотвратить их массовое развитие. Предложены биотехнологии, основанные на конкуренции цианобактерий и водорослей за ресурсы в водоеме. Показано, что искусст-

³ Биологическая реабилитация Верхне-Выйского водохранилища методом коррекции альгоценоза в 2012 году: отчет о научно-исследовательской работе / Кульнев В.В., Лухтанов В.Т., Попов А.Н., Павлюк Т.Е. Воронеж: ООО НПО «Альгобиотехнология», 2012.

⁴ Биологическая реабилитация Черноисточинского водохранилища методом коррекции альгоценоза в 2012 году: отчет о научно-исследовательской работе / Кульнев В.В., Лухтанов В.Т., Попов А.Н., Павлюк Т.Е. Воронеж: ООО НПО «Альгобиотехнология», 2012.

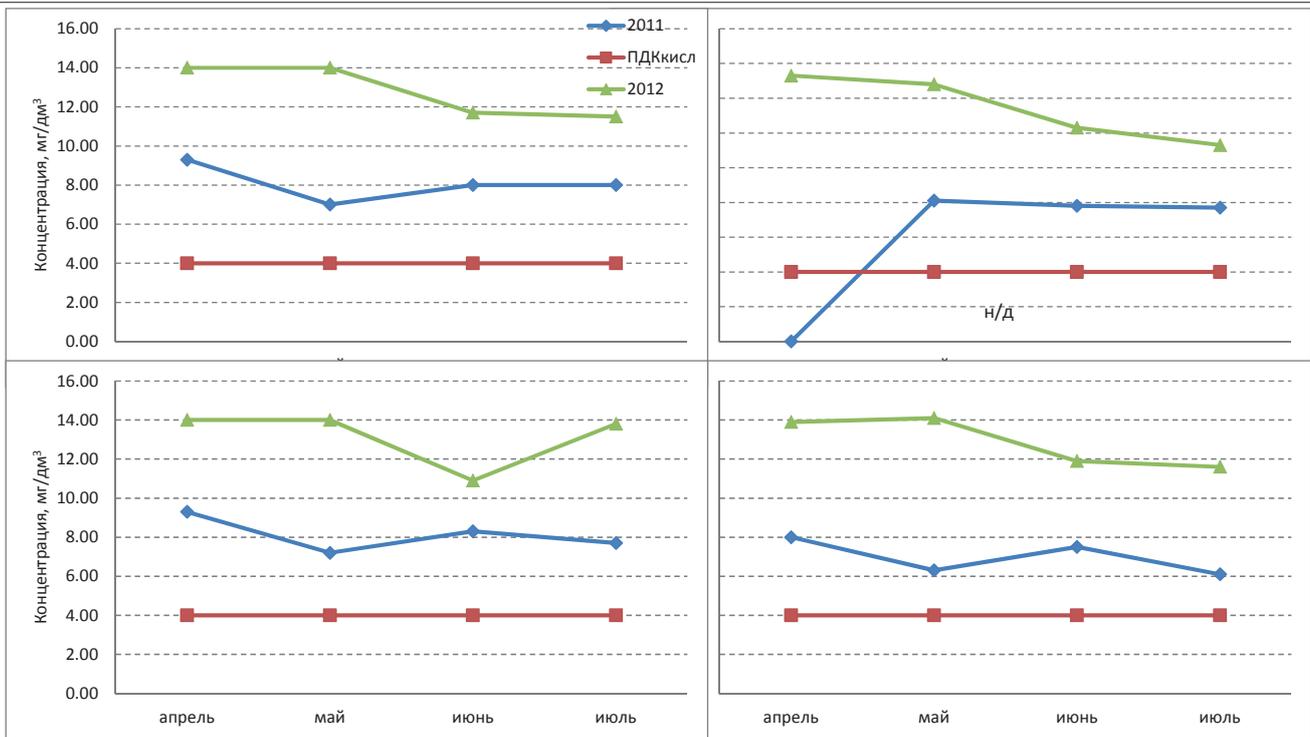


Рис. 1. Репрезентативные графики изменения концентрации кислорода в воде исследованных водохранилищ в апреле-июле 2011 и 2012 гг. по двум точкам наблюдения в каждый год. Вверху – Черноисточинское водохранилище, внизу – Верхне-Выйское

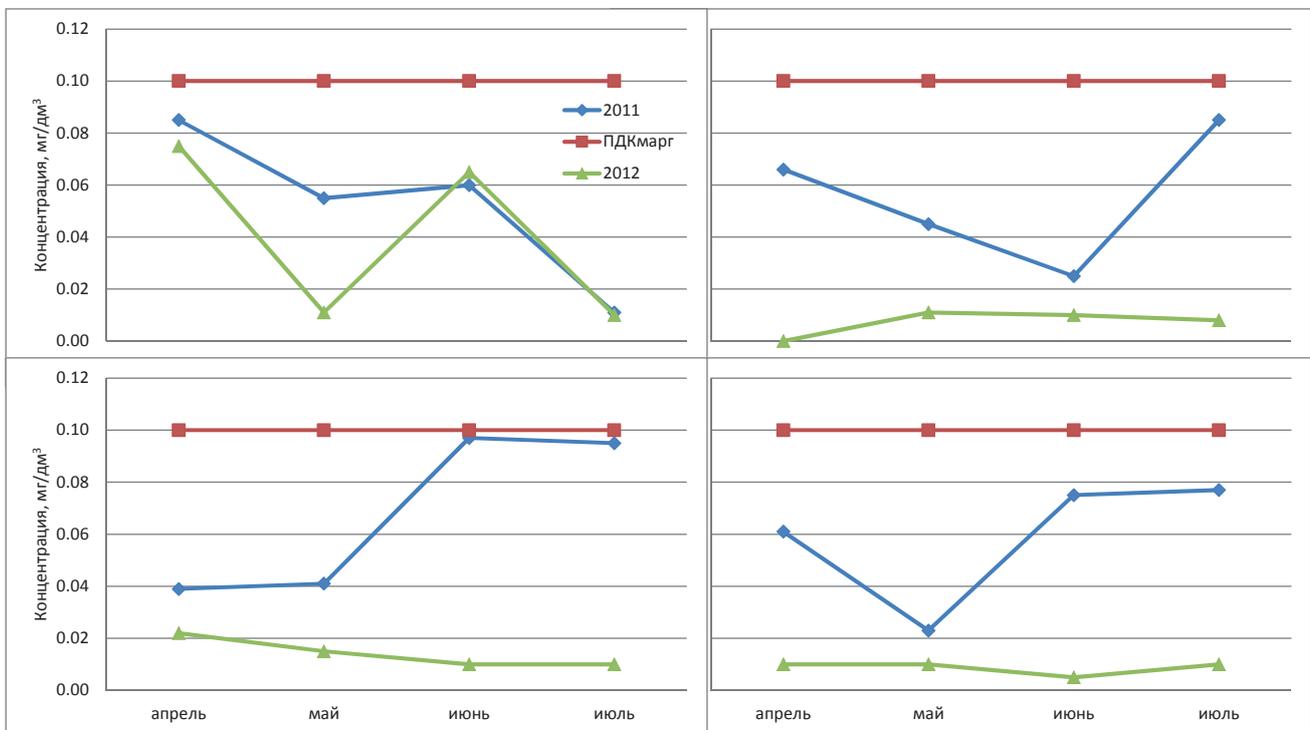


Рис. 2. Репрезентативные графики изменения концентрации марганца в воде исследованных водохранилищ в апреле-июле 2011 и 2012 гг. по двум точкам наблюдения в каждый год. Вверху – Черноисточинское водохранилище, внизу – Верхне-Выйское

венная альголизация, то есть обогащение водоемов зеленой водорослью хлореллой в весенний период предотвращает последующее развитие синезеленых водорослей [4]. С этих позиций можно объяснить положительные результаты в решении проблемы цветения водоемов путем поддержки зеленых водорослей для восстановления структуры водорослевого сообщества, что открывает новые перспективы для использования симбиотического подхода в природоохранной практике [2, 4].

Материалы и методы

С целью перестройки фитопланктонного сообщества проводилась искусственная альголизация Черноисточинского и Верхне-Выйского водохранилищ представителями хлорококковых микроорганизмов (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111) для увеличения роли зеленых водорослей в альгоценозе ввиду того, что между зелеными и синезелеными водорослями складываются антагонистические отношения [1, 5].

Методика проведения сезонного цикла альголизации включает несколько этапов, приуроченных к различным гидрологическим режимам. Подледное вселение хлореллы проводится в начале весны и является основным. Затем проводится послепагодковое (конец мая) и летнее вселение (в июле). Перед началом работ по альголизации производится расчет нормы вселения суспензии хлореллы для каждого конкретного водоема в зависимости от структуры водоема, наличия и числа притоков, загрязненности воды, как описано ранее¹⁻⁴.

Оценка гидрохимического состояния воды основывалась на архивных данных гидрохимического мониторинга ООО «Водоканал-НТ» по Черноисточинскому и Верхне-Выйскому гидроузлам в 2011 и 2012 гг. Мониторинг состоял в ежемесячном с апреля

по сентябрь отборе проб воды с глубины 0,5 метра и в их химическом анализе.

Было проведено сравнение ситуации на исследуемых водохранилищах в два последовательных года проведения альголизации – 2011 и 2012 гг.

Результаты и обсуждение

Биологическая реабилитация водохранилищ методом коррекции альгоценоза привела к тому, что помимо отсутствия «цветения» Черноисточинского и Верхне-Выйского водохранилищ синезелеными водорослями в 2011 и 2012 гг., в отличие от 2010 г., за два исследованных года происходило прогрессивное улучшение качества воды.

Содержание растворенного кислорода в воде водохранилищ росло (рис. 1), причем в 2012 г. оно было выше, чем в 2011-м на протяжении всего сезона, и даже в самый жаркий месяц июль превышала минимально допустимый уровень.

Вероятно, повышением уровня кислорода можно объяснить снижение уровня представителя тяжелых металлов – марганца (рис. 2), который окисляется кислородом до форм, образующих нерастворимый осадок, поступающий в донные отложения [3].

Кроме того, в обоих водоемах в 2012 г. по сравнению с предыдущим годом произошло улучшение качества воды по показателям, контролируемым ООО «Водоканал-НТ»: сульфаты, запах, химическое и биохимическое потребление кислорода, нитраты, хлориды, марганец, общее железо, медь, цинк и нефтепродукты.

В будущем при проведении аналогичных работ необходимо увеличение периода биореабилитации, и она должна проводиться с марта по октябрь – ежемесячно, что обеспечит оздоровление геосистемы Нижнетагильского промышленного узла в целом.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Богданов НИ. Биологическая реабилитация водоемов. Пенза; 2008.
2. Богданов НИ. Первичная продукция и микробиология Кай-рак-Кумского водохранилища. Душанбе; 1975.
3. Кульнев ВВ. Механизмы изменения концентрации тяжелых металлов при биологической реабилитации Матырского водохранилища методом коррекции альгоценоза. Материалы XII Международного научно-практического симпозиума «Чистая вода России». Екатеринбург; 2013. с. 181-5.
4. Немцева НВ, Яценко-Степанова ТН, Бухарин ОВ. Структурно-функциональная характеристика водорослевого сообщества и ее использование для определения экологического состояния пойменных водоемов. Пробл регион экол. 2011;(5):81-6.

5. Попов АН. Об изучении механизма взаимодействия штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 с сообществами синезеленых водорослей поверхностных водоемов в окрестностях Екатеринбурга. В кн.: Материалы Всероссийской конференции «Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища». Воронеж: Научная книга; 2012. с. 328-33.
6. Почечун ВА. Системный подход в изучении природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса Среднего Урала. Вopr совр науки и практики. 2013;(1):10-7.
7. Семячков АИ, Почечун ВА. Методика ведения комплексного экологического мониторинга окружающей среды в железорудных горно-металлургических комплексах. Изв Уральск гос горн ун-та. 2008; (23):29-32.

8. Семячков АИ, Почечун ВА. Потоки загрязняющих веществ в водной среде горно-металлургических комплексов. Материалы VII Международного симпозиума «Чистая вода России». Екатеринбург: УрО РАН; 2003. с. 78-80.

9. Семячков АИ, Почечун ВА. Продовольственный рынок регионов России в системе глобальных рисков. Екатеринбург: УрО РАН; 2012. с. 375-81.

10. Семячков АИ, Фоминых АА, Михайлов БВ, Почечун ВА. Принципы организации мониторинга загрязнения окружающей среды от влияния металлургической промышленности. В кн.: Экология и развитие общества: материалы XI Международной конференции. СПб.: МАНЭБ; 2008. с. 221-6.

11. Семячков АИ, Фоминых АА, Почечун ВА. Мониторинг и защита окружающей среды железорудных горно-металлургических комплексов. Екатеринбург: УрО РАН; 2008.

12. Фоминых АА, Семячков АИ, Пермяков СА, Михайлов БВ, Почечун ВА. Мониторинг объектов складирования отходов ОАО «НТМК» как основа реабилитационных мероприятий. В кн.: IX Международная конференция «Экология и развитие общества». СПб.: МАНЭБ; 2005. с. 220-5.

5. Popov AN. [On a study of the mechanism of interaction between *Chlorella vulgaris* strain IFR C-111 and blue-green algae communities of surface water in the vicinity of Yekaterinburg]. In: *Prioritetnye Napravleniya Ekologicheskoy Reabilitatsii Voronezhskogo Vodokhranilisha*. Voronezh: Nauchnaya Kniga; 2012. p. 328-33. (In Russ.)

6. Pochechun VA. [A systematic approach to studying of the natural and anthropogenic system of the mining and metallurgical complex of Middle Urals]. *Voprosy Sovremennoy Nauki i Praktiki*. 2013;(1):10-7. (In Russ.)

7. Semyachkov AI, Pochechun VA. [The methodology of complex environmental monitoring of iron ore mining and processing complexes]. *Izvestiya Uralskogo Gosudarstvennogo Gornogo Universiteta*. 2008;(23):29-32. (In Russ.)

8. Semyachkov AI, Pochechun VA. [Pollutant flows in the aquatic environment of mining and metallurgical complexes]. In: *Materiyaly VII Mezhdunarodnogo Nauchno-Prakticheskogo Simpoziuma «Chistaya Voda Rossii»*. Yekaterinburg: UrO RAN; 2003. p. 78-80. (In Russ.)

9. Semyachkov AI, Pochechun VA. *Prodovolstvennyi Rynok Regionov Rossii v Sisteme Globalnykh Riskov*. [Russian Regional Food Market in the System of Global Risks]. Yekaterinburg: UrO RAN; 2012. p. 375-81. (In Russ.)

10. Semyachkov AI, Fominykh AA, Mikhaylov BV, Pochechun VA. [Principles of organization of monitoring of environmental pollution resulting from the influence of steel industry]. In: *Ekologiya i Razvitiye Obshchestva Materiyaly XI Mezhdunarodnoy Konferentsii*. Saint Petersburg: MАНЭБ; 2008. p. 221-6. (In Russ.)

11. Semyachkov AI, Fominykh AA, Pochechun VA. *Monitoring i Zashita Okruzhayushey Sredy Zheleznykh Gorno-Metallurgicheskikh Kompleksov*. [Monitoring and Protection of the Environment of iron ore mining and processing complexes]. Yekaterinburg: UrO RAN; 2008. (In Russ.)

12. Fominykh AA, Semyachkov AI, Permyakov SA, Mikhaylov BV, Pochechun VA. [Monitoring of wastes of OOO NTMK as a basis for rehabilitation activities]. In: *IX Mezhdunarodnaya Konferentsiya Ekologiya i Razvitiye Obshchestva*. Saint Petersburg: MАНЭБ; 2005. p. 220-5. (In Russ.)

Общий список литературы/Reference List

1. Bogdanov NI. *Biologicheskaya Reabilitatsiya Vodoyomov*. [Biological Rehabilitation of Water Reservoirs]. Penza; 2008. (In Russ.)

2. Bogdanov NI. *Pervichnaya Produktsiya i Mikrobiologiya Kai-Rak-Kumskogo Vodokhranilisha*. [Primary production and Microbiology of Kai-Rak-Kum Reservoir]. Dushanbe; 1975. (In Russ.)

3. Kulnev VV. [Mechanisms of changes in the concentration of heavy metals upon biological rehabilitation of the Matyrsky water reservoirs by correction of its algocenosis]. In: *Materiyaly XII Mezhdunarodnogo Nauchno-Prakticheskogo Simpoziuma «Chistaya Voda Rossii»*. Yekaterinburg; 2013. p. 181-5. (In Russ.)

4. Nemtseva NV, Yatsenko-Stepanova TN, Bukharin OV. [Structural and functional characteristic of algal community and its use for definition of the ecological status of flood plain reservoirs]. *Problemy Regionalnoy Ekologii*. 2011;(5):81-6. (In Russ.)

