

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ДОННЫХ ОСАДКАХ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ

*Ковальчик Н.В., Жуковская Н.В., Власов Б.П.
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: kovalchiknv@gmail.com,
natazhuk@gmail.com, vlasov@bsu.by*

Выполнена оценка загрязнения тяжелыми металлами высшей водной растительности и донных осадков водоемов и водотоков. Установлено, что по индексу суммарного загрязнения донных осадков (PLI) и индексу загрязнения макрофитов (Ipm) большинство обследованных водоемов и участков рек относятся к незагрязненным. Рассчитанные показатели могут учитываться при определении экологического статуса водных объектов, поскольку значения индексов изменяются в широком диапазоне и отражают уровень антропогенного воздействия.

Ключевые слова: тяжелые металлы; высшая водная растительность рек и озер; экологический статус; мониторинг; Беларусь.

HEAVY METALS CONTENTS IN HIGHER AQUATIC PLANTS AND BOTTOM SEDIMENTS AS A CRITERION FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL STATUS OF SURFACE WATER BODIES WITHIN BELARUS

*N.V. Kavalchyk, N.V. Zhukovskaya, B.P. Vlasov
Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: kovalchiknv@gmail.com,
natazhuk@gmail.com, vlasov@bsu.by*

Heavy metals pollution assessment of higher aquatic plants and bottom sediments of reservoirs and rivers has been carried out. According to the bottom sediments Pollution Load Index (PLI) and the macrophyte Pollution Index (Ipm), most of the surveyed reservoirs and river sections have been classified as unpolluted. The calculated indicators can be taken into account when assessing the ecological status of surface water bodies, since the indices values vary in a wide range and reflect anthropogenic impact level.

Key words. Heavy metals; Higher Aquatic Plants; Ecological Status; Monitoring; Belarus.

Для сохранения водного потенциала страны и, в частности, совершенствования технической нормативной правовой базы в области мониторинга поверхностных вод, в Беларуси установлен порядок определения экологического состояния (статуса) водных объектов, согласно которому определение статуса ведется по гидробиологическим показателям с использованием гидрохимических и гидроморфологических характеристик

водоемов и водотоков [1]. Однако кроме указанных динамических показателей состояния водной среды, для определения статуса могут быть использованы показатели эколого-геохимической оценки водных объектов на основе данных о содержании тяжелых металлов в депонирующих средах: высшей водной растительности и донных осадках в местах ее произрастания. Система мониторинга водной растительности (МВР) предполагает регулярное наблюдение, оценку и прогноз изменения состояния высших водных растений (ВВР) и среды их обитания под воздействием природных и антропогенных факторов. Объектами МВР являются озера, водохранилища и реки, репрезентативные с точки зрения природных условий и техногенного воздействия.

На основе результатов сопряженного изучения содержания тяжелых металлов в ВВР и донных осадках водоемов и водотоков [2, 3] выполнена эколого-геохимическая оценка загрязнения водных объектов Беларуси и предложена методика определения их экологического статуса. В качестве интегральных показателей оценки загрязнения металлами V, Cr, Ni, Cu, Pb были использованы индекс суммарного загрязнения донных осадков (PLI) и индекс содержания тяжелых металлов в макрофитах (I_{pm}). Согласно [4] индекс суммарного загрязнения PLI (Pollution Load Index) рассчитывался путем сопоставления содержаний металлов в донных осадках с их фоновыми значениями, согласно [5] индекс содержания тяжелых металлов (I_{pm}) – сопоставления содержаний металлов в тканях водных растений с фоновыми значениями по экологическим группам ВВР.

Выявлено, что донные отложения озер, водохранилищ и рек Беларуси по индексу суммарного загрязнения PLI характеризуются преимущественно как незагрязненные, а участки, отнесенные к умеренно и сильно загрязненным, испытывают антропогенное воздействие локальных техногенных источников и сельскохозяйственных земель водосборов (рисунок 1).

Установлена зависимость между ростом содержания Cr, Ni, Cu, Zn, Pb в донных осадках и их накоплением в тканях погруженных макрофитов. На участках с высокими значениями I_{pm} ВВР может становиться вторичным источником загрязнения вод.

Значения индекса I_{pm} озерных макрофитов варьируют в широком диапазоне: от 0,001 до 54,5. Наибольшие содержания Ni, Cu, Pb характерны для макрофитов озер гидрофитного типа (рисунок 2).

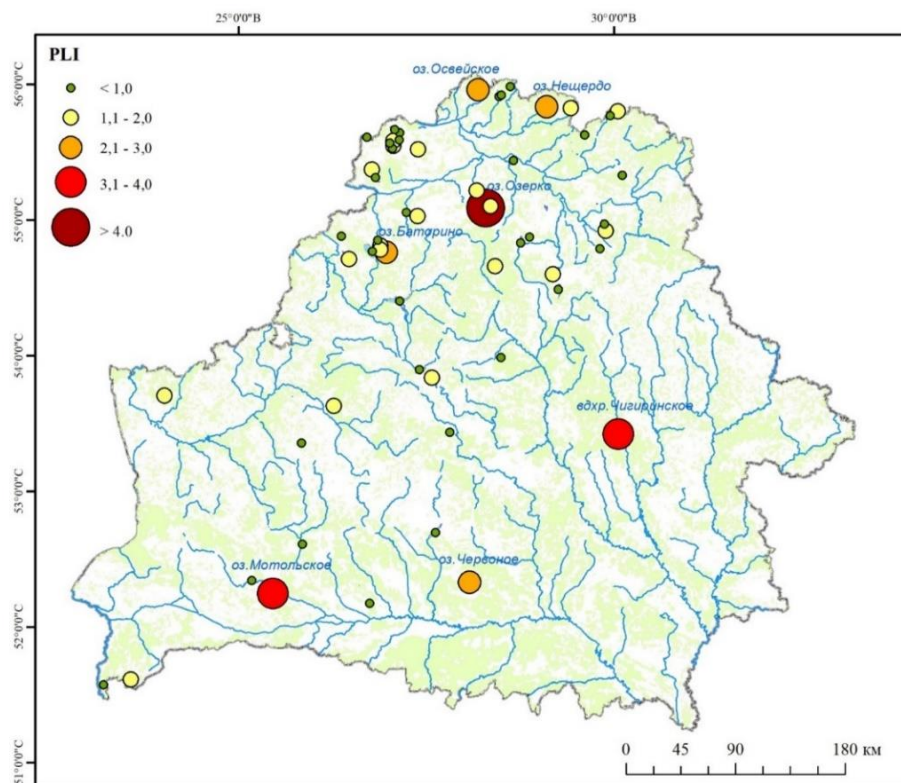


Рисунок 1 – Суммарный индекс загрязнения *PLI* донных осадков озер и водохранилищ на участках мониторинга *VVP*

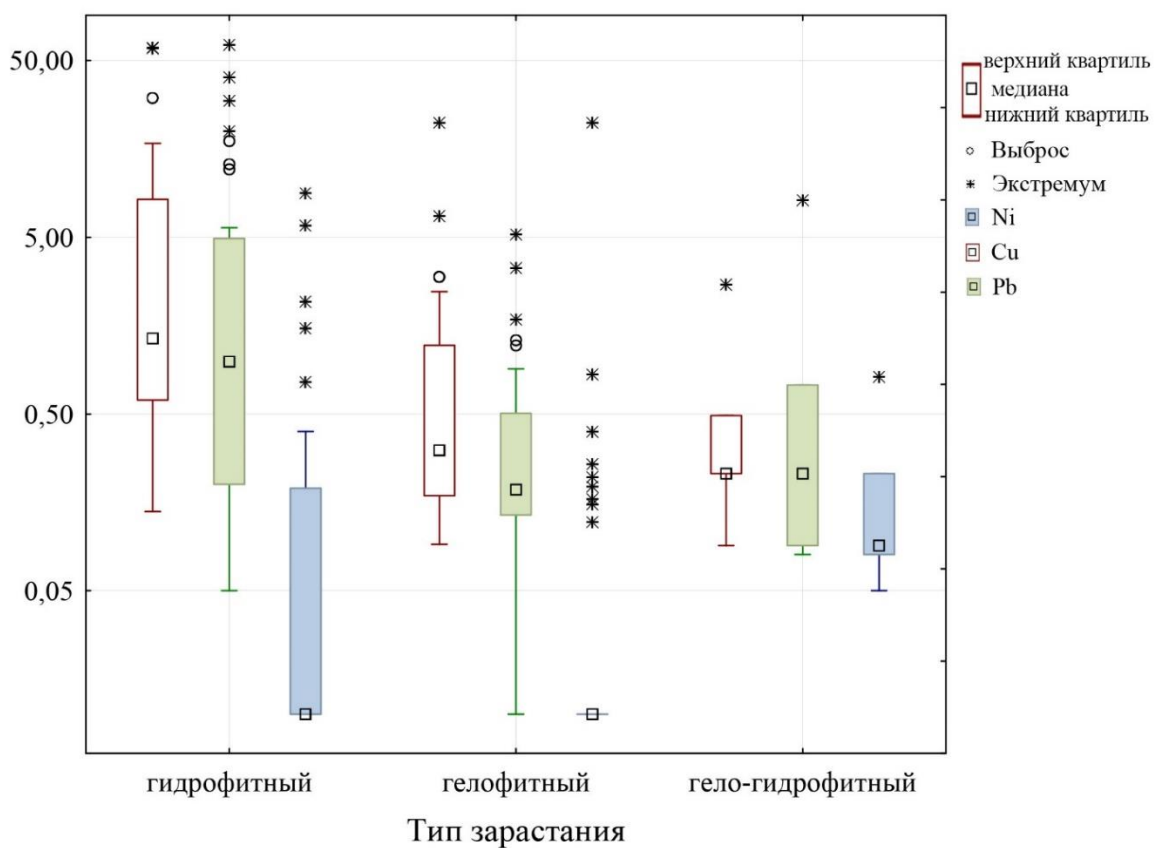


Рисунок 2 – Размах значений содержания *Ni*, *Cu*, *Pb* в макрофитах озер различных типов зарастания

Результаты исследования оценки загрязнения донных осадков и макрофитов рек и озёр тяжелыми металлами показали, что главными критериями уровня накопления ТМ в макрофитах и ДО водоемов и водотоков являются: геохимические условия водосбора (в пределах литогеохимической провинции или бассейна крупной реки), тип зарастания водоема (участка водотока), уровень антропогенного воздействия. Для составления шкал определения экологического статуса водоемов и участков водотоков были использованы индексы I_{pm} и PLI , а также уровни содержания тяжелых металлов (V, Cr, Ni, Cu, Pb) в тканях ВВР и донных осадках.

Для водоемов учитывалось их нахождение в пределах Северной, Центральной или Южной литогеохимической провинции Беларуси, а также определялся тип зарастания [6]: гелофитный с преобладанием на участках ВВР песков и песков заиленных, гело-гидрофитный с преобладанием на участках ВВР песков заиленных и илов опесчаненных, гидрофитный с преобладанием на участках ВВР илов опесчаненных и широким распространением детритовых сапропелей. Для водоемов каждого типа установлены численные значения индексов загрязнения и содержания металлов, определяющие отличный, хороший, удовлетворительный или неудовлетворительный статус.

Определение диапазонов значений в рассматриваемых классах осуществлялось на основе анализа распределения в выборочных совокупностях. При этом использован непараметрический подход, так как большая часть анализируемых выборок относится к малым, которые не согласуются с нормальным распределением. Для выделения диапазонов критических значений классов качества, использовался статистический метод *box-plot*. Так, диапазон значений, относящих водоемы к 4 классу с неудовлетворительным статусом, определен как массив значений, превышающих 1,5 межквартильных размаха, т.е. включает аномальные значения анализируемой выборки. Нижняя граница диапазона 3 класса соответствует верхнему квартилю выборки, а верхняя граница диапазона рассчитывается как $Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1)$. В диапазон значений 1 и 2 класса включаются значения меньше верхней квартили (75 % наименьших значений).

Для присвоения водоему «отличного» статуса его состояние должно соответствовать также дополнительным условиям, среди которых: отсутствие значительных изменений береговой линии, отсутствие на водосборе значительной с/х освоенности и крупных техногенных источников, деятельности, связанной с существенным изменением УГВ. Водоему присваивается «неудовлетворительный» статус, если его состояние характеризуют: наличие значительных изменений береговой линии, присутствие на водосборе значительной с/х освоенности, крупных техногенных источников, деятельности, связанной с существенным изменением УГВ.

При определении статуса участков водотоков учитывались их принадлежность к бассейну одной из главных рек Беларуси, а также тип зарастания ВВР: гелофитный с преобладанием на участках ВВР песков и песков заиленных, гело-гидрофитный с преобладанием песков заиленных и илов опесчаненных, гидрофитный с преобладанием илов опесчаненных и песков заиленных. Экологический статус участков рек определялся, по значениям индексов I_{pm} и PLI и содержания элементов на основе анализа распределения в выборках. Участку водотока присваивался «отличный» статус, если его состояние соответствовало дополнительным условиям: участок расположен в верховье реки, выше по течению отсутствуют значительные распаханые площади и техногенные источники.

Выявлено, что по индексам PLI и I_{pm} большинство озер и водохранилищ Беларуси относится к незагрязненным (отличный, хороший, удовлетворительный экологический статус). К классу неблагоприятного статуса отнесены водоемы, для которых, в зависимости от типа и геохимических условий водосбора, индекс I_{pm} превышает значения 1,2-3,3, а индекс PLI – значения 6,3-23,9. Доля подобных водоемов среди объектов мониторинга составляет 1,4 %. В речных макрофитах наибольшие значения I_{pm} и содержания Ni , V , Cr , Pb приурочены к участкам рек гелофитного типа бассейнов рр. Днепра и Сожа.

Библиографические ссылки

1. ТКП 17.13-21-2015 (33140) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса).
2. Власов, Б.П. Содержание микроэлементов в донных отложениях водоемов и водотоков Беларуси по данным мониторинга / Б.П. Власов, Н.В. Жуковская, Н.В. Ковальчик / Журн. БГУ. География. Геология. 2017. – №2. – С. 152-162.
3. Жуковская, Н.В. Содержание тяжелых металлов в высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси: пространственные и видовые особенности / Н.В. Жуковская, Б.П. Власов, Н.В. Ковальчик // Журн. БГУ. География. Геология, 2019. – № 1. – С. 22–34.
4. Trace metal contamination in surface sediments of intertidal zone from Qinhuangdao, China, revealed by geochemical and magnetic approaches: Distribution, sources, and health risk assessment / Z. Zhu [et al.] // Marine Pollution Bulliten. – 2016. № 105. – P. 422–429.
5. Власов Б.П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Метод. рекомендации / Б.П. Власов, Г.С. Гигевич. – Минск: БГУ, 2002. – 84 с.
6. Гигевич Г.С. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. / Г.С. Гигевич, Б.П. Власов, Г.В. Вынаев. – Минск: Издательский центр БГУ, 2001. – 231 с.