

двумя параметрами, в особенности при доминировании групп, у которых основным пигментом является не только хлорофилл *a*. В связи с этим для наиболее адекватной оценки трофического статуса водоема необходим анализ как можно большего количества параметров.

Литература

1. Многолетние изменения индекса трофического состояния Нарочанских озер и его связь с основными гидроэкологическими параметрами / Б. В. Адамович [и др.] // *Вод. ресурсы.* – 2016. – Т. 53.
2. Смольская, О. С. Спектральные пигментные индексы фитопланктона в разнотипных водных объектах Беларуси / О. С. Смольская, А. А. Жукова // *Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология.* – 2018. – № 1. – С. 114–123.
3. Кириллова, Т. В. Соотношение хлорофилла и биомассы в фитопланктоне водотоков и водоемов бассейна Верхнего Чулыма / Т. В. Кириллова // *Мир науки, культуры, образования.* – 2010. – № 4 (23). – С. 280–285.
4. Mikheyeva, T. M. Methods of quantitative enumeration of nanophytoplankton (review) / T. M. Mikheyeva // *Hydrobiol. J.* – 1989. – Vol. 25. – P. 3–21.
5. Неверова-Дзюпак, Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод / Е. Неверова-Дзюпак, Л. И. Цветкова. – СПб.: СПбГАСУ, 2020. – С. 176.

Е. И. КАЦНЕЛЬСОН, В. В. МУРАШЕВИЧ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ВИТЬБА ВИТЕБСКОГО РАЙОНА

*Витебский государственный университет имени П. М. Машерова,
Витебск, Беларусь
E-mail: kate_kaznelson@tut.by*

Введение. Комплексное исследование образцов почвы, воды, растений и животных дает возможность точной оценки эколого-биологического состояния данной территории. Содержание ионов тяжелых металлов в почве и ее ферментативная активность в пределах водоема находятся в тесной взаимосвязи с физико-химическими показателями воды, так как тяжелые металлы мигрируют не только между средами, но и между растениями и животными, обитающими на данной территории. Растения, произрастающие на территории водной экосистемы, находятся во взаимосвязи с физико-химическими показателями среды обитания, а их биохимический состав зависит от миграции химических элементов между элементами системы вода–почва–растения.

Цель исследования – провести системный эколого-биологический анализ территории водной экосистемы на основе оценки физико-химических характеристик воды, почвы и биохимических показателей растений и моллюсков поймы р. Витьба.

Полученные данные можно применять для биомониторинга и биодиагностики состояния водных объектов.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись почва, природная вода из поймы р. Витьба, растения одуванчик обыкновенный, клевер луговой, василек синий, тысячелистник обыкновенный, ромашка аптечная, хрен обыкновенный, душица обыкновенная, легочные моллюски, прудовик обыкновенный и катушка роговая.

Предмет исследования: 1) в почве – концентрация подвижных форм тяжелых металлов (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+}), активность почвенных ферментов (каталазы, уреазы, протеазы); 2) в природной воде – содержание тяжелых металлов (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}), сульфат-ионов, катионов (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}), показатели карбонатной и общей жесткости; 3) в растениях – содержание дубильных веществ, флавоноидов; 4) показатели белкового, азотного, углеводного обмена и антиоксидантной системы в гепатопанкреасе и гемолимфе прудовика обыкновенного и катушки роговой.

Содержание ионов цинка определяли при помощи комплексонометрического титрования, ионов меди – методом прямой фотометрии, железа (II) – спектрофотометрическим методом, катионов – методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105», сульфат-ионов – турбидиметрическим методом. Общую и карбонатную жесткость определяли титриметрическим методом, каталазную активность почвы – титриметрическим методом, активность уреазы и протеазы почвы – спектрофотометрическим методом [1].

Концентрацию общего белка, мочевины, мочевой кислоты, глюкозы в гемолимфе определяли с помощью наборов реагентов НТПК «Анализ X», уровень белка в гепатопанкреасе – по методу Лоури, содержание ДНК и РНК – по методу Vlober и Potter. Для количественного установления содержания ТБК-позитивных веществ (ТБК-ПВ) использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой. Активность каталазы выявляли по реакции с молибдатом аммония. Количество восстановленного глутатиона определяли по реакции взаимодействия GSH с ДТНБК [2, 3].

Для определения содержания дубильных веществ и флавоноидов в растительных образцах использовали спектрофотометрический метод [4, 5].

Результаты и их обсуждение. При сравнении значений содержания ионов меди (II) в почве со значением ПДК 3 мг/кг превышений не установлено. Концентрация ионов железа (III) (ПДК – 5 мг/кг) не превышает ПДК в исследуемых почвенных образцах. Сравнение полученных данных со значением ПДК для цинка (II) 23 мг/кг показало превышение содержания ионов цинка (II) в почве в 2 раза. Выявлено, что активность почвенных ферментов зависит от содержания тяжелых металлов в ней. Почва в пределах поймы реки загрязнена тяжелыми металлами, что отражается на активности ферментов (слабая или средняя активность каталазы и протеазы и средняя или высокая активность уреазы).

В исследуемых образцах воды определены концентрации ионов тяжелых металлов, оказывающих неблагоприятное воздействие на показатели эколого-функционального состояния водной экосистемы. Полученные результаты были сопоставлены со значениями ПДК для данных элементов. В отношении содержания ионов железа (III) выявлено превышение значения ПДК 0,5 мг/л в воде из р. Витьба в 1,3 раза. При сравнении содержания ионов цинка (II) со значением ПДК 0,1 мг/л выявлено превышение в 17,8 раза. Сравнение содержания ионов меди (II) в воде из исследуемого водоема со значением ПДК 1 мг/л выявлено превышение в 3,1 раза.

По содержанию сульфат-ионов в исследуемых пробах воды из р. Витьба превышения значения ПДК 500 мг/л не выявлено. По содержанию катионов кальция и магния, обуславливающих жесткость воды, исследуемые пробы можно отнести к жесткой воде. В пробах воды из р. Витьба отмечены максимальные значения карбонатной и общей жесткости.

Результаты проведенных исследований показали, что ПДК для катионов аммония (NH_4^+) превышена в исследуемых образцах воды в 181 раз. В пробах воды из р. Витьба концентрация катионов калия (K^+) превышает ПДК в 1,3 раза, а концентрация катионов натрия (Na^+) – в 10 раз. Превышение концентрации катионов магния (Mg^{2+}) по сравнению с ПДК обнаружено в пробах воды из исследуемого водоема. В образцах воды из Витебского района отмечалось превышение ПДК в 7,1 раза. Катионы стронция (Sr^{2+}) в исследуемых образцах воды не обнаружены. При определении концентрации катионов кальция (Ca^{2+}) установлено превышение ПДК в 14,8 раза в исследуемых пробах.

На растения, произрастающие в пойме р. Витьба, оказывают влияние физико-химические показатели среды обитания, и их биохимический состав зависит от миграции химических элементов в системе вода–почва–растения. Содержание флавоноидов в экстрактах из листьев клевера обыкновенного выше, чем в экстрактах из листьев одуванчика обыкновенного, почти в 4 раза, в экстрактах из листьев василька синего – в 1,3, в экстрактах из листьев тысячелистника обыкновенного – почти в 1,5, в экстрактах из листьев ромашки аптечной – в 1,5, в экстрактах из листьев хрена обыкновенного – в 1,1, в экстрактах из листьев душицы обыкновенной – в 3 раза.

Наибольшее количество дубильных веществ в составе хрена обыкновенного (6,5 %), душицы обыкновенной (4,3 %) и одуванчика обыкновенного (3 %), в составе тысячелистника и клевера почти одинаковое содержание – около 3 %, в составе василька – больше 2 %, наименьшее содержание в составе ромашки – 1,1 %.

Моллюски являются удобными и широко используемыми объектами для мониторинга состояния водных экосистем. Кроме их чувствительности к действиям физических, химических и биологических факторов, следует учитывать влияние на исследуемые биохимические показатели сезона года и местообитания. При исследовании показателей обмена веществ в гемолимфе и гепа-

топанкреасе двух видов моллюсков установлены следующие закономерности. Содержание общего белка в гемолимфе снижено в летний период времени и повышено весной и осенью. Уровень мочевины в гемолимфе имеет обратную закономерность. Мочевая кислота в гемолимфе гидробионтов закономерно повышается от осени к весне. Содержание РНК в гепатопанкреасе и глюкозы в гемолимфе катушки и прудовика снижается от весны к осени, а содержание ДНК и гликогена возрастает. Уровень общего белка в гепатопанкреасе двух видов моллюсков уменьшается по сезонам в последовательности осень > весна > лето. Отмечается сходный характер изменений содержания ТБК-ПВ, восстановленного глутатиона и активности каталазы в гепатопанкреасе гидробионтов: самые низкие значения летом, весенние значения превышают летний уровень примерно в 2 раза, а осенние – в среднем в 1,5 раза.

Выводы. Содержание ионов тяжелых металлов в почве и ее ферментативная активность в пределах поймы р. Витьба находятся в тесной взаимосвязи с физико-химическими показателями, так как тяжелые металлы мигрируют между средами, а также растениями и животными, обитающими на данной территории. Этот факт должен учитываться при системном эколого-биологическом анализе. Таким образом, на основании полученных данных может быть создан алгоритм установления экологического состояния природных экосистем с учетом химического состава почвы, воды, растений и животных, обитающих на данной территории.

Литература

1. Комплексная характеристика состава природных водоемов и почв прибрежных районов как среды обитания пресноводных легочных моллюсков / Е. И. Кацнельсон [и др.] // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та імя П. М. Машэрава. – 2019. – № 3. – С. 71–78.
2. Балаева-Тихомирова, О. М. Особенности обмена веществ *Lymnaea stagnalis* в зависимости от сезона года и местообитания / О. М. Балаева-Тихомирова, Е. И. Кацнельсон // Изв. Гомель. гос. ун-та им. Ф. Скорины. Сер. Естеств. науки. – 2018. – № 3. – С. 12–18.
3. Балаева-Тихомирова, О. М. Особенности обмена веществ *Planorbium corneum* в зависимости от сезона года и местообитания / О. М. Балаева-Тихомирова, Е. И. Кацнельсон // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та імя П. М. Машэрава. – 2018. – № 1. – С. 66–74.
4. Музыкакина, Р. А. Качественный и количественный анализ основных групп БАВ в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах / Р. А. Музыкакина, Д. Ю. Корюлькин, Ж. А. Абилов. – Алматы: Казак университеті, 2004. – 288 с.
5. Филипцова, Г. Г. Биохимия растений: метод рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самост. работы студентов / Г. Г. Филипцова, И. И. Смолич. – Минск: БГУ, 2004. – 60 с.