

CORRELATION DEPENDENCES OF HYDROCHEMICAL INDICATORS OF NATURAL WATER BODIES WITH LATIC AND LENTIC WATER SUPPLY TYPES

Katsnelson E.I.¹, Koroleva O.V.², Zakirova Yu.E.³, Sidorova L.Yu.⁴, Kovalenok E.V.⁵
(Republic of Belarus)

¹Katsnelson Ekaterina Iosifovna - Lecturer;

²Koroleva Olga Viktorovna - Undergraduate;

³Zakirova Yuliya Eduardovna – Undergraduate;

⁴Sidorova Liliana Yurievna – Undergraduate;

⁵Kovalyonok Elizaveta Vladimirovna - Student,

DEPARTMENT OF CHEMISTRY AND NATURAL SCIENCE EDUCATION, FACULTY OF CHEMICAL, BIOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL SCIENCES,
VITEBSK STATE UNIVERSITY NAMED AFTER P.M. MASHEROV,
VITEBSK, REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: *the physico-chemical characteristics of the water of natural reservoirs and soils of coastal areas allow us to form ideas about the peculiarities of the functioning of this ecosystem and the degree of influence of anthropogenic factors on the environment. With a decrease in anthropogenic load, an increase in the correlation relationship between the enzymatic activity of soils and the physico-chemical parameters of soil and water is recorded. The activity of enzymes, in turn, is decisive for the ongoing biochemical processes in the soil. Based on the study of the activity of a complex of soil enzymes, conclusions are drawn about the enzymatic activity of soils as one of the indicators of biological activity and soil condition underlying the early diagnosis in the soil monitoring system.*

Keywords: *natural water bodies, ecosystems, enzymatic activity of soils, biological activity of soils.*

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ С ЛАТИЧЕСКИМ И ЛЕНТИЧЕСКИМ ТИПАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Кацнельсон Е.И.¹, Королёва О.В.², Закирова Ю.Э.³, Сидорова Л.Ю.⁴,
Ковалёнок Е.В.⁵ (Республика Беларусь)

¹Кацнельсон Екатерина Иосифовна – преподаватель;

²Королёва Ольга Викторовна - магистрант;

³Закирова Юлия Эдуардовна – магистрант;

⁴Сидорова Лилиана Юрьевна – магистрант;

⁵Ковалёнок Elizaveta Владимировна – студент,

кафедра химико-естественного образования, факультет химических, биологических и географических наук,
Витебский Государственный университет им. П.М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь

Аннотация: *физико-химические характеристики воды природных водоемов и почв прибрежных районов позволяют сформировать представления об особенностях функционирования данной экосистемы и степени влияния антропогенных факторов на окружающую среду. При снижении антропогенной нагрузки фиксируется повышение корреляционной взаимосвязи между ферментативной активностью почв и физико-химическими показателями почвы и воды. Активность ферментов, в свою очередь, является определяющей за протекающие биохимические процессы в почве. На основе изучения активности комплекса почвенных ферментов делаются выводы о ферментативной активности почв как одного из показателей биологической активности и состояния почв, лежащего в основе ранней диагностики в системе почвенного мониторинга*

Ключевые слова: *природные водоемы, экосистемы, ферментативная активность почв, биологическая активность почв.*

Введение. Физико-химические характеристики воды природных водоемов и почв прибрежных районов позволяют сформировать представления об особенностях функционирования данной экосистемы и степени влияния антропогенных факторов на окружающую среду.

Ранее было выявлено взаимосвязи между количеством ионов тяжелых металлов в почве и ее ферментативной активности, определены химические характеристики воды из природных водоемов [1].

Для установления соотношений между полученными физико-химическими характеристиками и степени взаимосвязи между показателями целесообразным является проведение корреляционного анализа, позволяющего определить статистическую взаимосвязь двух или более случайных величин.

Коэффициент корреляции показывает степень связи показателей: изменение одной случайной величины ведёт к закономерному изменению другой случайной величины.

Цель работы – установить корреляционные взаимосвязи между физико-химическими показателями воды и почвы прибрежных зоны водоемов Витебской области, подверженных различной антропогенной нагрузке.

Материал и методы. Материалом исследования были почвы и вода, на которые оказывалась различная антропогенная нагрузка (таблица 1).

Таблица 1. Места отбора проб воды, почвы и моллюсков

Район сбора	Место сбора	Название водоема
Витебский р-н	г. Витебск	р. Витьба
Шумилинский р-н	а/г Башни	оз. Будовесь

Исследовались основные диагностические показатели состояния почвы и воды: концентрации подвижных форм химических элементов в почве (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+}); концентрации катионов (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}), определена карбонатная и общая жесткость воды и содержание сульфат-ионов (SO_4^{2-}), активность почвенных ферментов (каталазы, уреазы, протеазы).

Математическую обработку полученных результатов проводили методами непараметрической статистики с использованием пакета Statistica. Для проверки нормальности распределения данных использовали критерий Колмогорова-Смирнова, среднего абсолютного отклонения Дэвида-Хартли-Пирсона. Для проверки гипотез о наличии связей между показателями использовался корреляционный анализ по Спирмену.

В почвенных образцах исследуемых прибрежных территорий была определена активность ферментов, ответственных за наиболее важные биохимические процессы, протекающие в почве: каталазы, за счет которой осуществляется разложение перекиси водорода, уреазы, вызывающей гидролиз мочевины, и протеазы, образующей аминокислоты. Почвенно-энзиматические методы позволяют определять активность ферментов, находящихся преимущественно в иммобилизованном состоянии на поверхности почвенных коллоидов и частично в почвенном растворе. На основе изучения активности комплексов почвенных ферментов делаются выводы о ферментативной активности почв как одного из показателей биологической активности и состояния почв, лежащего в основе ранней диагностики в системе почвенного мониторинга.

Анализ воды и почвы проводился в течение 3 недель с момента отбора проб, в целях избежания изменения состава и ферментативной активности исследуемых проб.

Для определения в почвах ионов тяжелых металлов была проведена предварительная пробоподготовка. Почву помещали в чашки Петри и ставили в термостат при 40°C на 24 часа. Затем ее измельчали в ступке и просеивали через сито, а из просеянной почвы готовили почвенную вытяжку. Для извлечения тяжелых металлов из почв использовали 1М раствор HCl . Соотношение между объемами почвы и раствора 1:10, время экстракции 1 час при периодическом взбалтывании [2].

Определение ионов цинка проводили при помощи комплексонометрического титрования на основании образования комплексов ионов металлов с аминокполикарбонными кислотами [3]. Ионы медь определяли методом прямой фотометрии [4]. Определение железа (II) проводили спектрофотометрическим методом на основании образования сульфосалициловой кислоты или ее натриевой соли с солями железа окрашенные комплексные соединения [5].

Определение катионов проводили при помощи метода капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105» (Люмэкс, Россия) кварцевым капилляром. Детектирование проводилось при 267 нм. Электролит: буфер, содержащий бензимидазол, винную кислоту, 18-краун-6 и дистиллированную воду. Ввод пробы под давлением 30 мбар, 5 сек. Напряжение +13 кВ, температура 20°C . Время анализа 12 минут. Чтение и обработку хроматограмм проводили с использованием программы МультиХром.

Определение содержания сульфат-ионов в воде проводили методом турбидиметрии [6]. Определение общей и карбонатной жесткости воды осуществляли методом комплексонометрического титрования [6].

Активность каталазы почвы определяли титрометрическим методом, по количеству неразложившейся перекиси [7]. Спектрофотометрическое определение активности протеазы проводили на основе учета количества аминокислот, образующихся при протеолизе белков [7]. Определения активности уреазы почвы проводится спектрофотометрическим методом, основанным на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [8].

Результаты и их обсуждение. Различное антропогенное влияние основано на характеристиках данного водоема по месторасположению и факторам, влияющим на экологические особенности: близость расположения к предприятиям, транспортным и железнодорожным магистралям, сельскохозяйственным фермам, использование в качестве зон отдыха населения. По этим

характеристикам были отобраны 3 водоема: р. Витьба – высокая степень антропогенной нагрузки, оз. Малое – средняя, оз. Будовесть – низкая.

Витьба – река в Витебском районе, левый приток реки Западная Двина. Длина – 33 км. Река берёт начало у деревни Поддубье в пределах Витебской возвышенности. Площадь водосбора – 275 км². Водосбор на северо-западных склонах Витебской возвышенности. В границе города река имеет протяжённость 4,8 км. В черте города на берегах и островах реки создана зона отдыха, в которую входит парк имени Фрунзе и зона отдыха на набережной реки Витьба. На правом берегу расположен Ботанический сад. Берега реки соединены автомобильными и пешеходными мостами. Река Витьба имеет выраженные признаки антропогенного воздействия. Наличие на её берегах зон отдыха усугубляет это воздействие. На берегах и в воде реки можно наблюдать много мусора. На дне реки обнаружен черный ил, что свидетельствует о большом количестве органических веществ в воде. Вода имеет желтоватый оттенок и легкий болотный запах, что является начальными признаками эвтрофикации водоёма.

Вследствие того, что р. Витьба находится в черте города и испытывает наибольшее неблагоприятное антропогенное влияние, это отражается в первую очередь на накоплении ионов тяжелых металлов в почве и воде и корреляционными зависимостями между ними (таблица 2).

Таблица 2. Корреляционные зависимости физико-химических характеристик воды и почвы р. Витьба Витебского района

Показатели	Коэффициент корреляции (R) по Спирману	Теснота корреляционной связи	Уровень значимости по Манну-Уитни
Активность уреазы (п) – Cu ²⁺ (в)	0,594406	средняя	P = 0,0004
Активность уреазы (п) – общ жестк (в)	0,657343	средняя	P = 0,0004
Fe ³⁺ (п) – Zn ²⁺ (п)	0,762238	сильная	P = 0,0037
Карб. жестк.(в) – активность протеазы (п)	0,692308	средняя	P = 0,0004
Cu ²⁺ (в) – Zn ²⁺ (п)	0,776224	сильная	P = 0,0037
Zn ²⁺ (п) – SO ₄ ²⁻ (в)	0,727273	сильная	P = 0,0003
Fe ³⁺ (п) – Cu ²⁺ (в)	0,741259	сильная	P = 0,0004
Fe ³⁺ (п) – Fe ³⁺ (в)	0,776224	сильная	P = 0,0004
Fe ³⁺ (п) – SO ₄ ²⁻ (в)	0,622378	средняя	P = 0,0004
Fe ³⁺ (п) – активность протеазы (п)	0,587413	средняя	P = 0,0004
Cu ²⁺ (п) – карб. жёстк. (в)	0,65035	средняя	P = 0,1577
SO ₄ ²⁻ (в) – Cu ²⁺ (в)	0,72028	сильная	P = 0,0004
Cu ²⁺ (в) – общ. жестк. (в)	0,671329	средняя	P = 0,0004

Из анализа таблицы следует 2, что при сравнении физико-химических характеристик воды и почвы прибрежной зоны выявлены статистически значимые корреляционные связи средней и сильной силы взаимного влияния.

Наиболее тесные положительные корреляционные взаимосвязи найдены для содержания ионов железа в почве с ионами меди воды, ионами цинка почвы и ионами железа, содержащимися в воде из водоема. Данная степень корреляционной взаимосвязи составила от 0,741259 (P = 0,0004) до 0,776224 (P = 0,0004). Сильная степень корреляционной связи отмечена для содержания ионов меди воды с сульфат-ионами воды и ионами цинка почвы, и составила 0,72028 (P = 0,0004) и 0,776224 (P = 0,0037) соответственно. Также сильное корреляционное взаимодействие отмечено между значениями ионов цинка почвы и содержанием сульфат ионов воды – 0,727273 (P = 0,0003).

Отрицательных корреляционных связей между физико-химическими характеристиками воды и почвы из р. Витьба не выявлено.

Озеро Будовесть находится в Шумилинском районе Витебской обл., в 8 км на юго-восток от г.п. Шумилино, между деревнями Башни и Амбросовичи и относится к бассейну р. Сечна (пр. приток р. Зап. Двина). Берега песчаные, преимущественно возвышенные (на востоке местами низкие, заболоченные), поросшие кустарником и редколесьем. Озеро находится относительно далеко в 1,5-2 км от крупных промышленных центров и отличаются чистой водой, лишенной вредных примесей. Озеро находится в 7-8 км от трассы Витебск-Полоцк.

Таблица 3. Корреляционные зависимости физико-химических характеристик воды и почвы оз. Будовесть Шумилинского района

Показатели	Коэффициент корреляции (R) по Спирману	Теснота корреляционной связи	Уровень значимости по Манну-Уитни
Fe ³⁺ (п) – карб. жестк (в)	0,781087	сильная	P = 0,0004
Cu ²⁺ (п) – Cu ²⁺ (в)	0,6503497	средняя	P = 0,7239
Cu ²⁺ (п) – общ жестк (в)	0,66793615	средняя	P = 0,0004
Zn ²⁺ (п) – активность каталазы (п)	0,61646	средняя	P = 0,0037
Zn ²⁺ (п) – SO ₄ ²⁻ (в)	0,59895	средняя	P = 0,0037
Каталаза – активность протеазы (п)	0,7412587	сильная	P = 0,0062
Zn ²⁺ (в) – активность каталазы (п)	0,73555279	сильная	P = 0,0006
SO ₄ ²⁻ (в) – активность каталазы (п)	0,8321678	сильная	P = 0,0004
Zn ²⁺ (в) – активность протеазы (п)	0,64798698	средняя	P = 0,2682
Cu ²⁺ (в) – активность уреазы (п)	0,740355	сильная	P = 0,0004
Общ жестк (в) – активность уреазы (п)	0,64176119	средняя	P = 0,0004
Карб жестк (в) – активность уреазы (п)	0,6309324	средняя	P = 0,0004
Cu ²⁺ (в) – общ жестк (в)	0,57911485	средняя	P = 0,0004
Cu ²⁺ (в) – карб жестк (в)	0,6514896	средняя	P = 0,7237
Fe ³⁺ (в) – Zn ²⁺ (в)	0,7250449	сильная	P = 0,0004

Из анализа таблицы 3 следует, что при сравнении физико-химических характеристик воды и почвы, прибрежной зоны выявлены статистически значимые корреляционные связи средней и сильной силы взаимного влияния, отрицательных взаимосвязей не выявлено.

Сильные положительные корреляционные взаимосвязи найдены между активностью каталазы почвы и содержанием ионов цинка в воде и составила 0,7356 (P=0,0006) с сульфат-ионами воды – 0,8322 (P=0,0004), а также с активностью протеазы почвы – 0,7413 (P=0,0062).

Сильная степень корреляционной связи отмечена для содержания ионов железа с ионами цинка воды, и составила 0,7250 (P = 0,0004). Также сильное корреляционное взаимодействие отмечено между активностью уреазы в почве и содержанием ионов меди в воде – 0,7404 (P = 0,0004).

Отрицательных корреляционных связей между физико-химическими характеристиками воды и почвы из оз. Будовесть Шумилинского района не установлено.

Данные взаимосвязи свидетельствуют о линейной зависимости рассматриваемых показателей друг от друга, и доказывает статистически значимую взаимосвязь колебаний значений показателей. Выявлено, что изменение величины одного из показателей приведет к закономерному изменению величины другого показателя. Положительные корреляционные связи свидетельствуют о фиксировании закономерного увеличения или уменьшения взаимосвязанных характеристик.

Заключение. Таким образом, при снижении антропогенной нагрузки фиксируется повышение корреляционной взаимосвязи между ферментативной активностью почв и физико-химическими показателями почвы и воды. Активность ферментов, в свою очередь, является определяющей за протекающие биохимические процессы в почве. На основе изучения активности комплекса почвенных ферментов делаются выводы о ферментативной активности почв как одного из показателей биологической активности и состояния почв, лежащего в основе ранней диагностики в системе почвенного мониторинга. Корреляционный анализ позволяет определять уровень взаимосвязи показателей внутри водной экосистемы и прогнозировать ее дальнейшее развитие и функционирование.

Список литературы / References

1. Кацнельсон Е.И. Комплексная характеристика состава природных водоемов и почв прибрежных районов как среды обитания пресноводных легочных моллюсков / Е.И. Кацнельсон [и др.] // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя П.М. Машэрава, 2019. № 3. С. 71–78.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. М.: Изд-во МГУ, 1970. 471 с.
3. Орлов Д.С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Д.С. Орлов, В.Д. Васильевская. М.: Изд-во МГУ, 1994. 272 с.
4. Жерносок А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносок, И.С. Борисевич. Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. 12 с.
5. Звягинцев Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев. М.: МГУК, 2005. 241с.
6. Алексеев В.Н. Количественный анализ / В.Н. Алексеев. Москва: Химия, 1972. 254 с.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. М.: Наука, 2005. 252 с.

8. *Галстян А.Ш.* Диагностика эродированных почв по активности ферментов / А.Ш. Галстян // Проблемы и методы биологической диагностики почв. М.: Наука, 1976. С. 317-328.