

гусиная, подорожник средний, подорожник ланцетолистный, клевер ползучий. Присутствие данных видов растений в биоценозе косвенно указывает на высокую кислотность почв в районах исследований.

4. Сравнительный анализ данных количества видов и их обилия в целом по всем четырём зонам с помощью дисперсионного анализа (тест Крускала – Уоллеса), показал, что они достоверно статистически различаются ( $p < 0,05$ ). Попарное сравнение зон показало (тест Манна-Уитни), что только зона у шоссе статистически отличается от всех остальных зон (вероятность ошибки  $p < 0,05$ ).

**Заключение.** Результаты работы могут быть полезными при эколого-систематическом описании сообщества сорных растений, а также могут быть использованы экологическими службами для оценки изменений окружающей среды в качестве экспресс-метода и при составлении проектов оптимизации городской среды.

1. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г.Ф. Лакин. – Москва: Высшая школа, 1990. – 352 с.
2. Миркин, Б.М. Современная наука о растительности: учебник для студ. высш. учеб. заведений, обуч. по специальностям «Биология», «Ботаника», «Экология» / Б.М. Миркин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
3. Чайковская, Н.А. Биометрия: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов биол. спец.: в 2 ч. Ч. 1 / Н.А. Чайковская. – Гродно: ГрГУ им. Я. Купалы, 2012. – 56 с.
4. Шилина, М.В. Биометрия: учебно-методический комплекс / М.В. Шилина, О.В. Мусатова, В.В. Ивановский. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2010. – 175 с.
5. Ярошенко, П.Д. Геоботаника: пособие для студентов пед. вузов / П.Д. Ярошенко. – М.: Просвещение, 1969. – 200 с.

## **КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ И ПОЧВЫ ОЗЕРА БУДОВЕШЬ ШУМИЛИНСКОГО РАЙОНА**

*Сидорова Л.Ю.<sup>1</sup>, Королева О.В.<sup>1</sup>, Хоменко К.А.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>магистранты, <sup>2</sup>студентка 4 курса ВГУ имени П.М. Машерова,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Научный руководитель – Балаева-Тихомирова О.М., канд. биол. наук, доцент

В природных экосистемах на биологические характеристики одновременно действуют множество факторов среды. Большое внимание уделяют различным методам индикации почвенно-геохимических аномалий. Антропогенная нагрузка вызывает изменение их ферментативной активности, и физико-химических показателей воды в водоёмах.

Цель работы – установить корреляционные взаимосвязи между физико-химическими показателями воды и почвы озера Будовешь Шумилинского района, подверженной высокой антропогенной нагрузке.

**Материал и методы.** Материалом исследования были почва прибрежной зоны и вода из озера Будовешь. Изучали основные диагностические показатели состояния почвы и воды: концентрации подвижных форм химических элементов в почве ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ); карбонатную и общую жесткость воды; содержание сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ); 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.

Для определения в почвах ионов тяжелых металлов была проведена предварительная пробоподготовка [2].

Определение ионов цинка проводили при помощи комплексонометрического титрования на основании образования комплексов ионов металлов с аминополикарбоновыми кислотами [3]. Ионы меди определяли методом прямой фотометрии [4]. Опреде-

ление железа (II) проводили спектрофотометрическим методом на основании образования сульфосалициловой кислотой или ее натриевой соли с солями железа окрашенных комплексных соединений [5].

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 титриметрическим методом, по количеству неразложившегося пероксида водорода [7]. Спектрофотометрическое определение активности протеазы проводили на основе учета количества аминокислот, образующихся при протеолизе белков [7]. Определение активности уреазы почвы проводили спектрофотометрическим методом, основанным на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [8].

**Результаты и их обсуждение.** Озеро Будовесь 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 – Корреляционные зависимости физико-химических характеристик воды и почвы оз. Будовесь Шумилинского района

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

Из анализа таблицы 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 составили 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.

**Заключение.** Ферментативная активность в почве определяет протекающие в ней биохимические процессы. На основе изучения активности комплекса почвенных ферментов можно сделать выводы о биологической активности и состоянии 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.

1. Балаева-Тихомирова, О.М. Комплексная характеристика состава природных водоёмов и почв прибрежных районов как среды обитания пресноводных легочных моллюсков / О.М. Балаева-Тихомирова, Е.И. Кацнельсон, Н.Ю. Полозова // Весн. Вит. гос. ун-та. – 2019 – № 3 (104). – 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. Жерносек, А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносек, 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.

## **ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ. ПРОЦЕСС ОЦИНКОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

*Старостенко А.М., Голубева Е.В.,  
студенты 4 и 2 курсов ВГУ имени П.М. Машерова,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Научный руководитель – Балаева-Тихомирова О.М., канд. биол. наук, доц.

На современном этапе развития в строительной сфере и промышленности наблюдается тенденция перехода от металлических материалов к высокопрочным пластикам и современным композитам. Современные синтетические заменители приближаются по характеристикам к стальным сплавам, но при этом у них отсутствуют недостатки металлов, одним из которых является коррозия [1]. Однако, полный отказ от традиционного материала возможен не во всех отраслях промышленности, поэтому сохраняют актуальность и средства, позволяющие устранить процессы коррозии. Одной из самых популярных методик этого типа является горячее цинкование, которое формирует на поверхности изделия долговечный и надежный защитный слой [2].

Цель работы – изучить основные этапы технологического процесса покрытия железного изделия методом горячего цинкования.

**Материал и методы.** В исследовании были использованы описательный и сравнительно-аналитический методы изучения технологического процесса оцинковки металлических деталей. Материал исследования получен в результате изучения принципов горячего цинкования и процессов оцинковки металлических изделий на предприятии ОАО «Витебский завод измерительных приборов».

**Результаты и их обсуждение.** После прохождения ряда подготовительных процедур изделия подвергаются нанесению расплавленного цинка. Обычно это делается путем окунания заготовки в жидкую массу таким образом, чтобы заполнялись все поры металлической структуры. Технология предполагает, что высокая анодность цинка по отношению к основному металлу будет способствовать самостоятельному проникновению цинка в структуру материала уже в процессе эксплуатации изделия.