

7. **Арушанян Э. Б., Бейер Э. В.** Адаптогены растительного происхождения: учеб. пособие для студентов. — Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2017 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://stgmu.ru/userfiles/depts/pharmacology_df/Arushanyan_Adaptogeny_V_Pechat_31-5-17.pdf

8. **Марахова А. И.** Унификация физико-химических методов анализа лекарственного растительного сырья и комплексных препаратов на растительной основе // Дисс. ... доктора фармацевтических наук. — М.: Первый Московский государственный университет им. И. М. Сеченова, 2016.

9. **Струсовская О. Г.** Определение веществ полифенольной структуры в некоторых растениях Соловец-

кого архипелага // Серия «Медицина». Фармация. — 2012. — № 16 (135). — Вып. 19. — С. 128–132.

10. Иридоиды. Использование ЛРС, содержащего эфирные масла [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://infopedia.su/18xc31.html>

11. **Мирзаева Х. А., Гусейханова Ф. М.** Содержание горечей в траве *Artemisia absinthium* L, листьях *Aloe arborescens* и плодах *Viburnum opulus* // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1. Естественные науки. — 2017. — Т. 32. — Вып. 2. — С. 58–62.

12. Методы обнаружения антраценпроизводных в ЛРС [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5016670/page:59/>

Ключевые слова: химическая компетентность, качественный химический анализ, биологически активные вещества, объекты окружающей среды, растительное сырьё.

Key words: chemical competence, qualitative chemical analysis, biologically active substances, objects of the environment, plant raw materials.

Профессор **Е. Я. Аршанский, И. С. Борисевич**
Витебский государственный университет им. П. М. Машерова

Л. А. Конорович
Гимназия № 8, Витебск

ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ:

исследовательская работа учащихся

Современное общество ставит перед учреждениями образования очень серьёзные задачи по обучению и воспитанию подрастающей молодёжи. Основной является задача по воспитанию активной личности, способной к непрерывному самообразованию и саморазвитию. Решение поставленной задачи в значительной мере определяется вовлечением учащихся в исследовательскую деятельность. Если рассматривать данную проблему в контексте методики обучения химии, то нельзя не отметить широкие возможности научного химического экс-

перимента как средства развития активной мыслительной деятельности.

Важнейшая задача учителя — организовать учебную исследовательскую деятельность учащихся. Дополнительным стимулом к подобной работе становится возможность участия в научно-исследовательских конкурсах и конференциях различного уровня. Как показывает опыт работы, учебно-исследовательская деятельность является эффективным средством формирования навыков и умений самообразования учащихся. Это длительный процесс. Учитель

должен научить школьников работать с литературными источниками и интернет-ресурсами, помочь сформулировать тему и цели исследования [1].

Многолетняя практика показывает, что начинать нужно с отдельных опытов, затем проектов и только потом можно переходить к самостоятельному выполнению внеклассной научно-исследовательской работы.

Ежегодно учащиеся под нашим руководством участвуют в научно-практических конференциях различного уровня. При организации выполнения научно-исследовательской работы учащихся предлагается провести исследование и описать полученные результаты по плану, который включает: введение, теоретическую и практическую части, результаты и их обсуждение, выводы и заключение, список литературы [4].

В настоящее время учреждения общего среднего образования Республики Беларусь хорошо оснащены химическим оборудованием. В них поступает много различных приборов, которые можно использовать для вовлечения учащихся в исследовательскую деятельность. Очень интересным, на наш взгляд, для исследования почвы, воздуха, воды является учебно-лабораторный комплекс «Химия» (УЛК «Химия»).

Примером его применения может послужить научно-исследовательская работа «Химико-экологический мониторинг почв». Эта работа была выполнена учащимися гимназии № 8 на базе Витебского государственного университета имени П. М. Машерова и отмечена дипломом на научно-практической конференции.

Цель работы заключалась в проведении исследований показателей экологического состояния почв на основе использования учебно-лабораторного комплекса «Химия».

В соответствии с поставленной целью в процессе выполнения исследовательской работы решались следующие задачи:

установить особенности почвы как объекта мониторинга;

выбрать показатели химико-экологического мониторинга почв, определение которых возможно с использованием УЛК «Химия»;

определить с помощью УЛК «Химия» выбранные показатели химико-экологического мониторинга и на их основании оценить экологическое состояние почв.

Объектом химико-экологического исследования была выбрана почва из различных районов г. Витебска (Республика Беларусь), так как влияние антропогенных факторов, загрязняющих почву, в разных участках города неодинаково, что обусловлено расположением промышленных предприятий, транспортных магистралей и других объектов хозяйственной деятельности человека.

Для реализации поставленной цели и решения задач исследования нами был составлен план работы, который включал следующие этапы:

изучение специальной литературы с целью подбора методик для определения показателей качества почв и инструкции по использованию модулей учебно-лабораторного комплекса «Химия»;

экскурсия по городу с целью определения мест забора почв для исследования;

забор почвенных проб и определение показателей химико-экологического мониторинга с помощью учебно-лабораторного комплекса «Химия»;

обработка результатов исследования; формулирование выводов.

Теоретическая часть работы

Специфические особенности экологического мониторинга почв, его отличие от мониторинга других природных сред связаны со значимостью экологических функций почв как уникального базового природного объекта, занимающего центральное поло-

жение в биосфере. Специфика почвенного мониторинга обусловлена тем, что почва, во-первых, представляет собой биокосное тело. Во-вторых, почва — это многофазная гетерогенная полидисперсная открытая термодинамическая система, химические взаимодействия в которой происходят с участием твёрдых фаз, почвенного раствора, почвенного воздуха, растений, других живых организмов; постоянное влияние на неё оказывают физические процессы (перенос влаги, испарение). В-третьих, при оценке содержания в почве химических элементов и соединений следует учитывать их фоновое содержание.

Среди контролируемых показателей состояния почв выделяют две группы: биохимические (прямые, специфические) и педохимические (косвенные, неспецифические). Биохимические показатели включают в себя параметры, характеризующие аккумуляцию в почвах самих загрязняющих веществ и возможность их непосредственного негативного влияния на живые организмы. К педохимическим относят показатели, характеризующие физико-химические свойства почв, напрямую связанные с составом и содержанием загрязняющих веществ в почвах.

Для определения как биохимических, так и педохимических показателей в химико-экологическом мониторинге перспективно применение УЛК «Химия». Его достоинства заключаются в универсальности, многофункциональности, малых габаритах лабораторных модулей, возможности как полностью автономной работы, так и управления через компьютер.

Практическая часть исследования

Отбор проб почвы и приготовление водной почвенной вытяжки

Витебск расположен в подзоне смешанных лесов, почвы в городе в основном дерново-подзолистые. Отбор почвенных

проб для оценки состояния почвенного покрова проходил в районе трёх улиц Витебска (ул. Космонавтов, ул. Терешковой, ул. Чкалова). Территория отбора проб располагалась на расстоянии 5 и 15 м от дорожного покрытия. Расстояние до ближайших построек составляло 30–45 м.

Для приготовления водной вытяжки была взята проба почвы в воздушно-сухом состоянии, её пропустили через сито с диаметром отверстий 1–2 мм. Навеску почвы массой 40 г перенесли в коническую колбу и довели объём раствора до 100 см³ с помощью дистиллированной воды. Содержимое несколько раз перемешали и через 10 мин отфильтровали.

Определение показателей химико-экологического мониторинга [2, 3]

Выбирая показатели для почвенно-экологического мониторинга, исходили из того, что они должны быть информативными, а методы их определения доступными. Кроме того, при почвенном мониторинге необходимо контролировать многие параметры, характеризующие систему в целом, выявлять признаки, указывающие на возникновение неблагоприятных тенденций или снижение почвенного плодородия. Таким образом, для оценки степени загрязнённости и вторичного засоления почв, характеристики их кислотно-основных свойств выбраны следующие показатели химико-экологического мониторинга почв и методы их контроля:

- 1) значение окислительно-восстановительного потенциала;
- 2) реакция среды (рН) водной почвенной вытяжки;
- 3) величина общей щёлочности почвенной вытяжки;
- 4) содержание хлоридов;
- 5) значение электропроводности.

Первые два показателя определяли методом прямой потенциометрии с использова-

нием модуля «Общелабораторный» УЛК «Химия», в состав ячейки входили стеклянный и хлорсеребряный электроды. Параметры 3, 4 измеряли методом кондуктометрического титрования с помощью модуля «Термостат». Для определения общей щёлочности в качестве титранта использовали 0,1000 М раствор хлороводородной кислоты, содержания хлоридов — 0,0100 М раствор AgNO_3 . Электропроводность измеряли методом прямой кондуктометрии с помощью модуля «Общелабораторный» УЛК «Химия».

Степень загрязнённости образцов почвы оценивали по значению окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), т. е. по величине разности потенциалов, возникающей между почвенным раствором и электродом из инертного материала, помещённым в почву. Данный потенциал характеризует соотношение окисленных и восстановленных форм элементов. Его значение для дерново-подзолистых почв составляет порядка 450–500 мВ. Низкие и высокие значения окислительно-восстановительного потенциала указывают на неблагоприятные для растений условия. Полученное с помощью прибора значение ОВП является окончательным, если электродом сравнения служит стандартный водородный электрод. В других случаях к полученному значению следует прибавить потенциал вспомогательного электрода.

Для характеристики кислотно-основных свойств почв использовали показатель рН и общую щёлочность. Кислотность почв обусловлена водородными ионами, которые находятся в почвенном растворе в свободном состоянии или поглощены почвенными коллоидами. Наличие в почве поглощённого водорода значительно ухудшает её свойства. Почва теряет структурность, из неё легко вымываются необходимые растениям элементы питания, плодородие резко снижается. Установлено, что оптимальный диапазон рН для растений — от 5,0–5,5 до 7,0–7,5.

Щёлочность угнетает развитие культурных растений и деревьев, обуславливает низкое плодородие почвы. При значениях рН более 8,5 почва характеризуется слабой водопроницаемостью и бесструктурностью.

Общую щёлочность (ммоль на 100 г почвы) рассчитывали по формуле

$$\text{Щ} = \frac{V \cdot c_{\text{HCl}} \cdot V_0 \cdot 100}{V_1 \cdot m_0},$$

где V — общий объём раствора HCl , израсходованного на титрование, см^3 ; c_{HCl} — молярная концентрация раствора HCl , моль/ дм^3 ; V_0 — общий объём водной вытяжки, см^3 ; V_1 — объём водной вытяжки, взятый для титрования, см^3 ; m_0 — масса навески почвы, взятая для приготовления водной вытяжки, г; 100 — коэффициент пересчёта на 100 г почвы.

Засоление почв оценивали по величине электропроводности и по содержанию хлоридов. Засоление почв наблюдается при избыточном содержании в почвах и почвенных растворах легкорастворимых солей — NaCl , Na_2SO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 и др. Наиболее простой и быстрый метод обнаружения засоления основан на измерении электрической проводимости L почвенной вытяжки.

Содержание хлоридов (X , ммоль на 100 г почвы) определяли по формуле

$$X = \frac{V \cdot c \cdot V_0 \cdot 100}{V_1 \cdot m_0},$$

где V — объём раствора азотнокислого серебра, пошедший на титрование, см^3 ; c — концентрация раствора азотнокислого серебра, моль/ дм^3 ; V_0 — общий объём водной вытяжки, см^3 ; V_1 — объём водной вытяжки, взятый для титрования, см^3 ; m_0 — масса навески почвы, взятая для приготовления водной вытяжки, г; 100 — коэффициент пересчёта на 100 г почвы.

Результаты эксперимента и выводы

Результаты экспериментальных исследований (см. таблицу) были обобщены и проанализированы.

Исходя из полученных экспериментальных данных, можно сделать следующие выводы. Исследуемые образцы почв характеризуются низким значением окислительно-восстановительного потенциала (240–350 мВ), особенно в районе улицы Космонавтов, где расположены железнодорожный вокзал и автовокзал. По значению показателя рН почвы относятся к категории «близкие к нейтральным». Результаты измерения рН позволяют предположить, что значения общей щёлочности должны быть не высоки, что и подтвердилось результатами экспериментальных исследований. Для исследуемых образцов почвы этот показатель отличается незначительно и составляет в среднем 2,80 ммоль / на 100 г почвы. Результаты определения электропроводности почвенных растворов показали, что засолению в большей степени подвержены территории, расположенные в районе улицы Чкалова, что свидетельствует об избыточном применении песчано-солевых смесей в зимний период. Этот вывод подтверждают данные о содержании хлорид-ионов. Их концентрация также наибольшая в почвах в районе улицы Чкалова и составляет в среднем 2,7 ммоль / на 100 г почвы.

В результате выполнения исследовательской работы учащиеся смогли оценить экологическое состояние почв города Витебска.

Организация экспериментальных исследовательских работ химико-экологического содержания способствует развитию познавательного интереса учащихся, позволяет по-новому взглянуть на полученные ранее знания, научиться применять их для решения конкретных задач. Исследовательская деятельность такого характера стимулирует учащихся к научному поиску нестандартных решений проблем и позволяет привлечь в науку будущих молодых учёных. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. **Аршанский Е. Я., Борисевич И. С.** Организация исследовательской деятельности учащихся (на примере химии) // Адукацыя і выхаванне. — 2020. — № 1. — С. 51–56.
2. **Борисевич И. С., Аршанский Е. Я., Белохвостов А. А.** Химия. 7–11 классы: организация исследовательской деятельности учащихся: пособие для учителей учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения. — Минск: Аверсэв, 2020.
3. **Чиркин А. А.** и др. Пропедевтика биохимических исследований: методические рекомендации к выполнению лабораторных работ на базе учебно-лабораторного комплекса «Химия». — Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2015.
4. **Цобкало Ж. А., Телеш Е. С., Воробьева Т. Н.** Организация научно-исследовательской работы школьников по теме «Осаждение из растворов цветных медьсодержащих покрытий на цинк» // Химия: проблемы выкладання. — 2005. — № 7. — С. 45–57.

Значения показателей химико-экологического мониторинга почв

Территория исследования	Показатели химико-экологического мониторинга				
	ОВП, мВ	рН	Общая щёлочность, ммоль на 100 г почвы	L, мСм	Содержание хлоридов, ммоль на 100 г почвы
Ул. Терешковой (5 м)	248	5,8	2,67	0,042	0,82
Ул. Терешковой (15 м)	259	6,1	2,34	0,052	1,2
Ул. Космонавтов (5 м)	240	5,6	3,21	0,044	0,90
Ул. Космонавтов (15 м)	241	5,9	2,94	0,046	1,0
Ул. Чкалова (5 м)	338	6,0	2,67	0,13	2,1
Ул. Чкалова (15 м)	348	6,2	2,94	0,15	2,7

Ключевые слова: исследовательская деятельность школьников, химический эксперимент, химико-экологический мониторинг почв.

Key words: students' research activities, chemical experiment, chemical-ecological monitoring of soils.