

5. Стаценко А.П., Иванов А.И., Конкина Е.Е. Биохимическое тестирование загрязнения окружающей среды // Современные проблемы экологии. Москва – Тула: Тульский госуниверситет, 2007. С. 65-67.

6. Афанасьев Ю.А.. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. М.: МНЭПУ, 2001. 292 с.

7. Огородникова С.Ю., Головкин, Т.К., Ашихмина Т.Я. Реакция растений на действие метилфосфоновой кислоты // Теоретическая и прикладная экология. 2007. №1. С. 78-83.

8. Сарсенбаев К.Н., Мезенцева Н.И., Полимбетова Ф.А. Влияние двуокиси серы на активность и компонентный состав свободной и связанной фракций пе-

роксидазы проростков яровой пшеницы // Физиол. и биох. культ. растений. 1983. Т. 15. № 1. С. 51-55.

9. Савич И.М. Пероксидазы - стрессовые белки растений // Успехи современной биологии. 1989. Т. 107. № 3. С. 406-417.

10. Davis B.J. Disc electrophoresis. Method and application to human series proteins // Ann. New York Acad. Sci. 1964. V. 121. № 4. P. 404-427.

11. Liu E.H. Simple method for determining the relative activities of individual peroxidase isozymes in a tissue extract // Anal. Biochem. 1973. № 1. P. 149-154.

12. Сарсенбаев К.Н., Полимбетова Ф.А. Роль ферментов в устойчивости растений. Алма-Ата: Наука, 1986. 184 с.

УДК 631.46:631.45

## Липа мелколистная *Tilia cordata* L. как перспективный биоиндикатор мышьяковистого загрязнения почвы

© 2008. Н.В. Козловская, И.М. Янников, Е.С. Шичаева, М.С. Емельянова, Е.В. Щенина  
Удмуртский государственный университет, e-mail: natvk@udm.ru

В серии вегетационных опытов показано, что при оценке мышьяковистого загрязнения почвы можно использовать черенки липы мелколистной. Оценку степени загрязнения проводят по доле сухих почек, листьев и покраснению коры деревьев.

A series of vegetation experiments shows that in estimating arsenous soil contamination it is possible to use grafts of *Tilia cordata* L. The estimation of contamination degree is made according to the amount of dry buds and leaves and branches bark reddening.

Ключевые слова: биоиндикаторы, мышьяк, загрязнение почвы

В связи с тем, что на территории Удмуртской Республики расположен объект по хранению и уничтожению химического оружия (ОХУХО), в том числе мышьякорганических соединений (люизит), проблема биоиндикации мышьяковистого загрязнения окружающей среды является весьма актуальной. Основные воздействия на компоненты природных экосистем в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объектов, согласно прогнозам, будут связаны с поступлением в окружающую природную среду мышьяксодержащих химических соединений на стадии эксплуатации объекта в штатном режиме, а также в случае аварийных ситуаций.

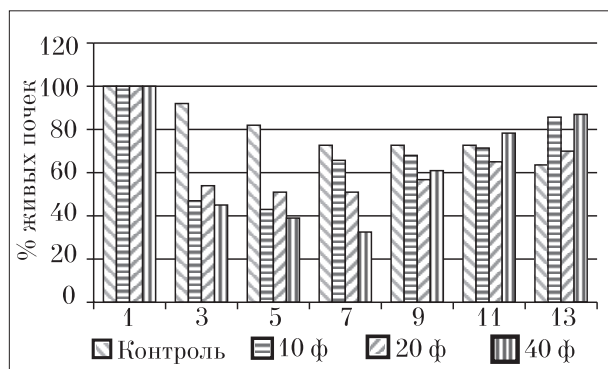
Мышьяк превосходит по токсичности большинство химических элементов. Наиболее биологически активны подвижные формы мышьяка, при этом  $As^{3+}$  (арсениты) более токсичны для животных, чем  $As^{5+}$  (арсенаты), и образуются путем восстановления последних в анаэробных условиях переувлажненных почв болот и донных отложений.

Целью нашего эксперимента была оценка реакции липы мелколистной *Tilia cordata* L. на разные концентрации мышьяксодержащего раствора.

Для закладки лабораторных исследований выбрана общепринятая методика проведения вегетационных опытов.

Мышьяксодержащие органические соединения в почве трансформируются до неорганических арсенатов и арсенитов. Для моделирования загрязнения был использован водный раствор арсенита кальция  $Ca_3(AsO_3)_2$  различной концентрации. В качестве ключевого значения концентрации загрязнителя использована фоновая величина для почв Удмуртской Республики.

Вегетационный эксперимент проводился в 4 вариантах концентрации раствора – 2,8 мг/л, 28 мг/л, 56 мг/л, 112 мг/л (соответственно: фон, 10-кратное, 20-кратное и 40-кратное превышение фона) в лабораторных фарфоровых стаканах ёмкостью 250 мл, в четырёхкратной повторности.



**Рис. 1.** Динамика усыхания почек на МВ, % от общего количества

Обозначения: контроль – контрольные МВ с содержанием *As* в растворе на уровне фона, 10ф – 10-кратное превышение фона, 20ф – 20-кратное превышение фона, 40ф – 40-кратное превышение фона в растворе.

Объектом в данном эксперименте являлись модельные ветви (МВ) липы мелколистной *Tilia cordata* L. – черенки длиной 20 – 25 см, срезанные с растения.

Черенки были заготовлены в зимний период на ненарушенной (минимально подверженной техногенному прессу) территории.

Перед закладкой эксперимента в течение 3-4 недель проводилась выгонка калиброванных черенков липы до сбрасывания почечных чешуй и появления первых листьев в водном растворе жидкой подкормки в условиях лаборатории экологического полигона – при комнатной температуре и искусственном освещении.

Далее оценивалось изменение параметров состояния МВ липы мелколистной *Tilia cordata* L. по скорости усыхания почек на ветвях и изменению внешнего вида МВ: пожелтение листьев, изменение окраски ствола (покраснение).

Диаграмма (рис. 1) демонстрирует зависимость токсического эффекта от дозы мышьяка в парадоксальной (двухфазной) форме в течение первых 7 суток, далее растение постепенно выходит из состояния острого токсического шока, и зависимость приобретает нормальную форму: с увеличением дозы мышьяка количество живых почек уменьшается.

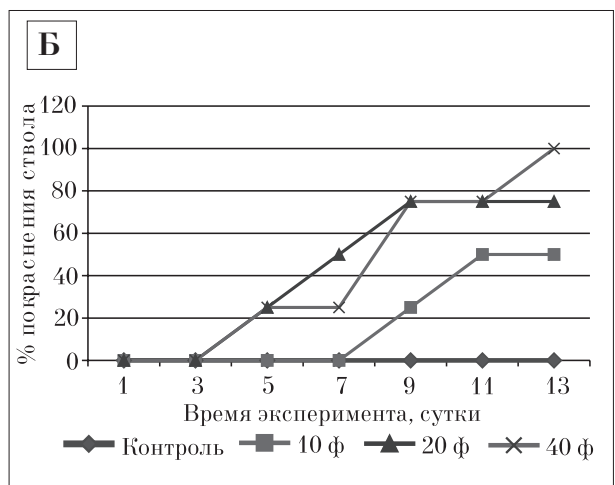
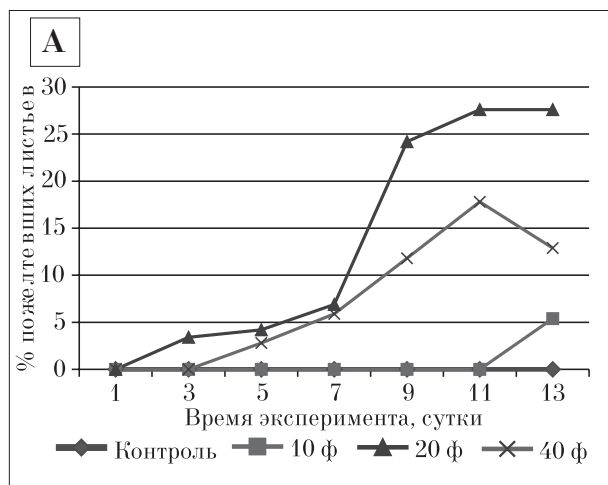
В отношении прочих параметров состояния МВ указанная динамика сохраняется (см. рис. 2 А, Б).

Материалы рис. 2А демонстрируют сохранение двухфазной зависимости «доза – эффект» по скорости и количеству пожелтения листьев на МВ на протяжении всего эксперимента. Это связано с необратимостью данной реакции (хлороза листовой пластинки), а также с быстротой её возникновения – в течение суток с начала воздействия данного загрязнителя.

Возникновение покраснения ствола (рис. 2Б), напротив, относится к запаздывающим реакциям, что связано с более медленным метаболизмом ствола древесного растения по сравнению с зелёной массой листьев. В нашем случае МВ демонстрируют переход к нормальной зависимости «доза – эффект» через неделю проведения эксперимента, т. е., по окончании периода общего токсического стресса, когда у растения запускаются компенсационные и восстановительные биохимические механизмы.

В одной из экспериментальных серий в качестве биозащитного фактора нами был использован гелий-неоновый лазер (экспозиция 2 мин., однократное облучение МВ).

Общий вид зависимости в этом случае сохраняется, причём стимулирующая и защища-



**Рис 2.** Изменение параметров модельных ветвей липы:

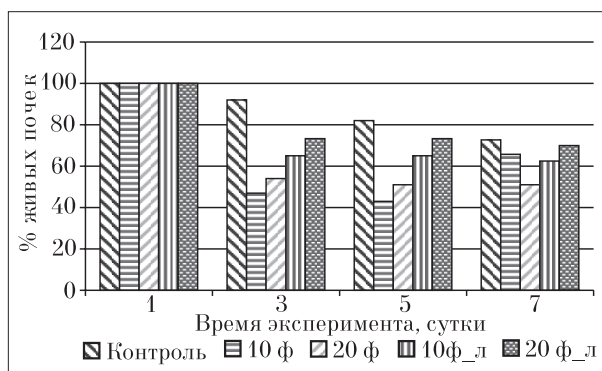
А – появление жёлтых листьев, %; Б – появление красной окраски ствола

Обозначения: контроль – контрольные МВ с содержанием *As* в растворе на уровне фона, 10ф – 10-кратное превышение фона, 20ф – 20-кратное превышение фона, 40ф – 40-кратное превышение фона в растворе.

ющая роль лазерного излучения более заметна на высоких концентрациях загрязнителя, чем на уровне малых доз (рис. 3).

Свойства излучения данного типа как биопротектора полностью подтвердились: растительные объекты менее страдают от токсического шока и восстановление биопараметров идёт быстрее.

Таким образом, в качестве метода экспресс-индикации (в течение первых семи суток) мышьяковистого загрязнения почвы можно рекомендовать оценку доли сухих почек и листьев с хлорозами на ветвях липы в зоне влияния ОХУХО. Индикатором более раннего загрязнения (т. е. более длительного воздействия мышьяка) может служить изменение окраски (покраснение) коры ветвей.



**Рис 3.** Динамика усыхания почек на облученных МВ по сравнению с данными предыдущей серии, % от общего количества

Обозначения: контроль - контрольные МВ с содержанием As в растворе на уровне фона, 10ф - 10-кратное превышение фона, 20ф - 20-кратное превышение фона, 10ф\_л - 10-кратное превышение фона + облучение, 20ф\_л - 20-кратное превышение фона + облучение.

УДК 623.459:351.777.61

## Государственный экологический контроль и мониторинг действующего объекта «Марадыковский» в Кировской области

© 2008. С.А. Менялин

Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга по Кировской области, e-mail: kirov@sar-ecoinst.org

В статье отражена работа РЦГЭКиМ по Кировской области по организации системы государственного экологического контроля и мониторинга на объекте хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский».

The article describes the work of the Regional Centre of State Ecological Control and Monitoring in Kirov Region over organization of state ecological control and monitoring system in the chemical weapon storage and destruction object «Maradikovsky».

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, контроль, объект «Марадыковский», компоненты окружающей среды

Спуском в сентябре 2006 г. объекта «Марадыковский» в Кировской области в РФ началась новая веха ликвидации отравляющих веществ (ОВ) – уничтожение наиболее опасных, фосфорорганических отравляющих веществ.

Так как ранее не было прецедента такого масштабного процесса утилизации фосфорорганических отравляющих веществ, не было и соответствующей методической базы по контролю данных отравляющих веществ и продуктов их деструкции в промышленных выбросах в атмосферный воздух и объектах природной среды.

Уникальность Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга (РЦГЭКиМ) по Кировской области заключается в том, что нам первым пришлось опробовать методики выполнения измерений по

фосфорорганическим соединениям. Проводить работы по совмещению биологических методов исследования с химико-аналитическими – что в подобных масштабах проводилось впервые.

На сегодняшний день коллектив РЦГЭКиМ на профессиональном уровне осуществляет аналитический контроль процесса уничтожения вещества типа-Vx и продуктов его деструкции. Полученный нами положительный опыт используется и в других региональных центрах, в которых начинается процесс уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ.

Специалистами РЦГЭКиМ по Кировской области с момента пуска объекта уничтожения химического оружия 1205 по настоящее время проведено более 23 тыс. компонентоопределений, из них на содержание вещества типа-Vx –