



**Одиннадцатая Международная научно-техническая конференция  
«Оптические методы исследования потоков»  
Москва, 27 — 30 июня 2011 г.**

УДК 621.9

Т.А. Чуднова, Т. С. Подгорнова

*Филиал "Угреша" Международного университета природы, общества и человека "Дубна",  
Россия, 140090, Дзержинский Московской области, Академика Жукова ул., 24,  
E-mail: center@uni-u.ru*

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОРБЕНТА НА РАЗВИТИЕ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Антропогенное загрязнение грунтов существенно влияет на состояние растительных систем. Известны способы восстановления плодородия почв за счет применения природных сорбентов. Проведены эксперименты с использованием различных сорбентов и видов растений. Рассматриваются оптические методы, позволяющие наиболее оптимально решить задачу исследования состояния растительных объектов как гетерогенных многокомпонентных систем.*

**РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ, СОРБЕНТЫ, ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время остро стоит проблема повышения плодородности почв и их очистки от тяжелых металлов. Известные в настоящее время способы, как правило, трудоёмкие, дорогие и длительные. Так, по одному из них, на загрязненной почве сначала выращивают траву, которая накапливает металлы, потом её собирают и сжигают, но таким образом можно отделить только до 80% тяжёлых металлов. По другому способу выращивают специальные микробы, поглощающие металлы, но существует проблема их выживания и последующего выделения из почвы. Самым перспективным способом можно считать химический при помощи комплексонов, которые соединяются с атомами тяжёлых металлов и уменьшают их токсичность. Это самый дешёвый и легко выполнимый из перечисленных способов. Однако подбор комплексонов для связывания ионов металлов создает дополнительные трудности.

При рекультивации легких почв, загрязненных тяжелыми металлами, в качестве эффективного приема иногда применяют глинование – внесение глин, содержащих алюмосиликаты типа монтмориллонита. [1]

В последние годы более распространено использование природных сорбентов, таких как цеолиты (например, клиноптилолит), месторождения которых имеются на территории СНГ. Исследования А. И. Обухова (1990 г.) показали, что наибольшую эффективность цеолиты проявляют на сильнозагрязненных почвах, значительно влияя на снижение подвижности тяжелых металлов, причем действие цеолитов усиливается при внесении навоза или различных нетрадиционных удобрений.

Опыты по изучению влияния шунгита на урожайность проводились в ряде хозяйств республики Казахстан. На кукурузных, хлопковых и соевых полях, обработанных шунгитом, наблюдалась более ранняя всхожесть по сравнению с контрольными участками, увеличение среднего числа коробочек хлопка на растение приблизительно на 30%, уменьшение срока раскрытия коробочек на 5 дней. Известны работы, проведенные сотрудниками ГУП «МосводоканалНИИпроект» по применению шунгита для детоксикации городских почв, где отмечалось положительное влияние сорбента на развитие растений. [2,3,4]

В настоящей работе представлены результаты оценки возможности снижения фитотоксичности загрязненных тяжелыми металлами почв при использовании шунгита. Фитотоксичность почв определялась, в том числе, путем исследования градиента свойств живых клеток тестового растения методом спектроскопии внутреннего отражения.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

При проведении эксперимента использовался шунгит Зажогинского месторождения, раздробленный до 2-8 мм. В качестве чистого грунта - готовый к использованию грунт («Я земля» универсальный), приготовленный на основе природного материала – торфа и минеральных удобрений. Грунт содержит растворимые формы основных питательных веществ, обеспечивающих растения элементами питания.

Содержание питательных веществ:

Азот - 250 – 340 мг/л

Фосфор ( $P_2O_5$ ) - 300 – 400 мг/л

Калий ( $K_2O$ ) – 340-460 мг/л

pH не менее 5,5.

В качестве загрязненного грунта использовался "свежий" иловый осадок городских биологических очистных сооружений г. Дзержинский, который образуется в результате технологических процессов очистки сточных вод. Осадки обезвоживаются и уплотняются на установке «Винкельпресс» немецкой фирмы «Бельмер». Влажность осадка, получаемого на установке после естественной сушки, составляют 75 %, плотность осадка  $1,253 \text{ т/м}^3$ , pH = 7,45. Осадок содержал в подвижной форме ионы цинка (до 100 мг/кг), кадмия (до 0,6 мг/кг), свинца (до 6,5 мг/кг), меди (до 0,5 мг/кг).

Биотестирование проводилось по методике, изложенной в [5]: субстрат, приготовленный из компонентов (загрязненный грунт, чистый грунт, шунгит) закладывали в стаканчики, увлажняли одинаковым количеством воды. Семена тест-растений рассаживали по 11 штук в каждый стаканчик на испытуемый субстрат. В качестве контрольного образца использовали образец с чистым грунтом. Полив производится отстоянной водопроводной водой. Через 1 – 2 недели производят измерение высоты ростков тест-растения и взвешивание срезанной биомассы. В качестве тестовых растений использовался кресс-салат.

Анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов в субстратах до и после контакта с шунгитом проводился методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Анализ содержания тяжелых металлов в растениях проводился методом прямого определения с помощью сканирующего электронного микроскопа «JSM – 5610LV».

Одновременно исследовались свойства клеток тестовых растений методом спектроскопии внутреннего отражения.

Метод МНПВО (многократное нарушенное полное внутреннее отражение) основан на явлении проникновения электромагнитного излучения из оптически более плотной среды в оптически менее плотную при углах падения  $\theta < \theta_{кр}$ , где

$$\theta_{кр} = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\right), \quad (1)$$

где  $n_1$  - показатель преломления измерительного элемента (более плотная среда),  $n_2$  - показатель преломления исследуемого объекта (менее плотная среда).

Данный метод позволяет вести анализ многокомпонентных, гетерогенных, сильно рассеивающих и даже непрозрачных веществ. Анализируемое вещество наносится на измерительный элемент, который устанавливается в приставку, а приставка в кюветное отделение ИКС. После настройки приставки записываются спектры образца. Как правило, специальной подготовки образца для записи спектра не требуется. При построении калибровочной линии возможно вести количественный анализ по полосам поглощения.

Возможна расшифровка химических связей при использовании сводной схемы характеристических групповых частот. Исследования проводились на приборе ИКС-29.

Результаты экспериментов показали, что:

- применение шунгита привело к снижению содержания подвижных форм ионов тяжелых металлов в загрязненных грунтах;
- наибольшая продуктивность по тестовому растению отмечена для чистого грунта с добавкой шунгита 14 % масс.;
- в биомассе тестовых растений использованными методами не обнаружено ионов тяжелых металлов.

В литературе имеются сведения об оказании шунгитом биостимулирующего действия на развитие растений. [4] Кроме того, известно, что даже самые малые количества токсикантов, особенно, если они составляют многокомпонентную смесь, способны отрицательно влиять на биохимию клетки растений.

В связи с вышеизложенным, а также с тем, что ранее использованными методами не удалось определить накопление в растениях ионов тяжелых металлов, но отмечалось снижение роста на почвенных образцах с их высоким содержанием, проведено исследование живых клеток тестового растения методом спектроскопии внутреннего отражения.

На рис.1-10 представлены спектры в диапазонах  $1800 - 1200 \text{ см}^{-1}$ . Для всех полученных спектров сравнивали интенсивность (наличие) полос поглощения в диапазонах  $1730 \text{ см}^{-1}$ ,  $1650 - 1620 \text{ см}^{-1}$  и  $1550 \text{ см}^{-1}$ , характерные соответственно для липидов, амида (С – О связь) и амид – 2 (N – Н связь). Названные вещества определяют синтез жизненно важных для клеток белков.

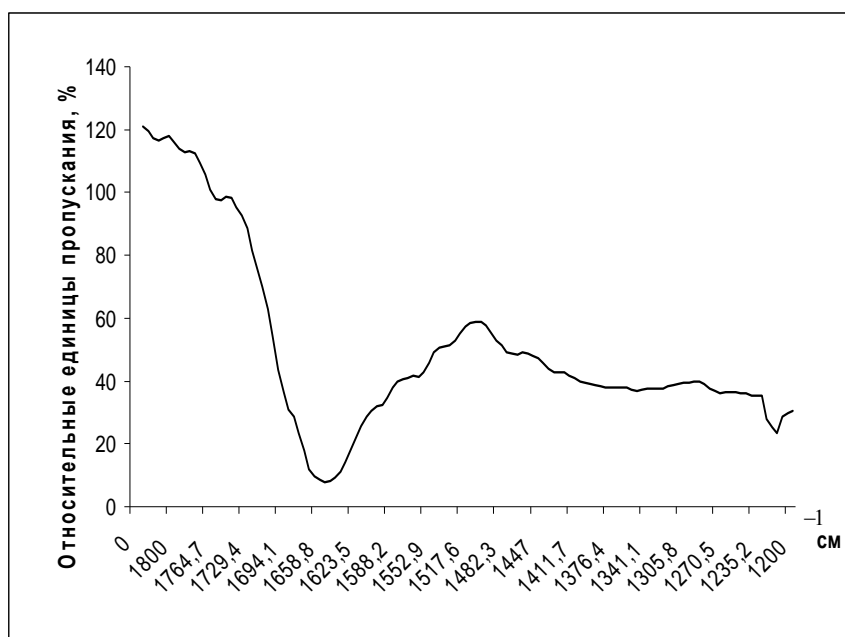


Рис. 1. Спектр оборотной стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Чистый грунт"

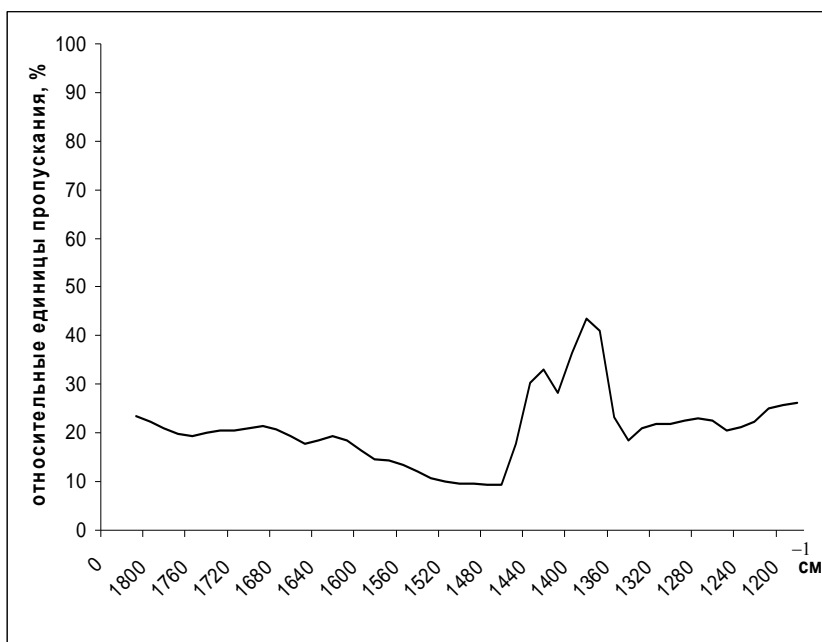


Рис. 2. Спектр лицевой стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Чистый грунт"



Рис. 3. Спектр оборотной стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Чистый грунт + загрязненный грунт"

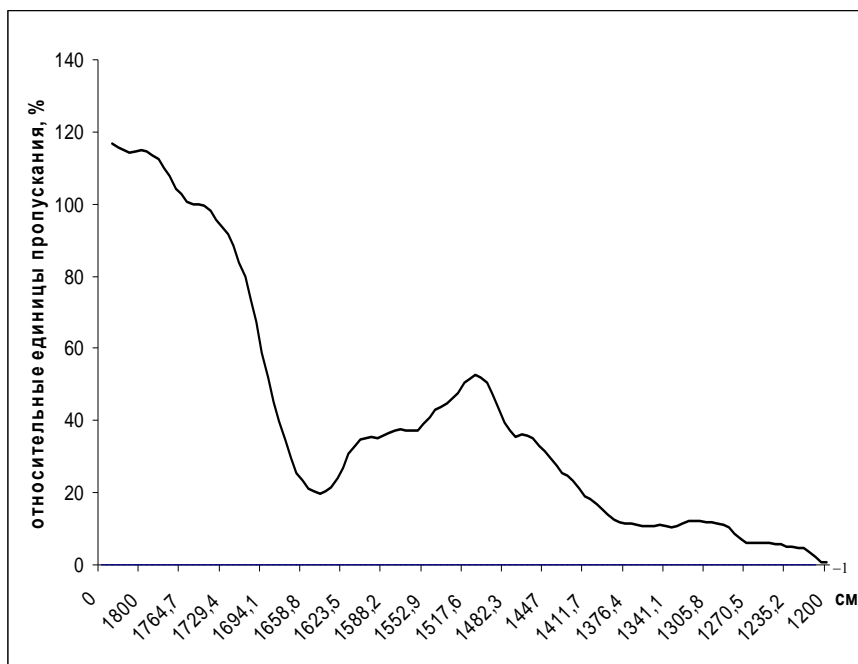


Рис. 4. Спектр лицевой стороны листа кресс-салата, выращенного на образце субстрате "Чистый грунт + загрязненный грунт"

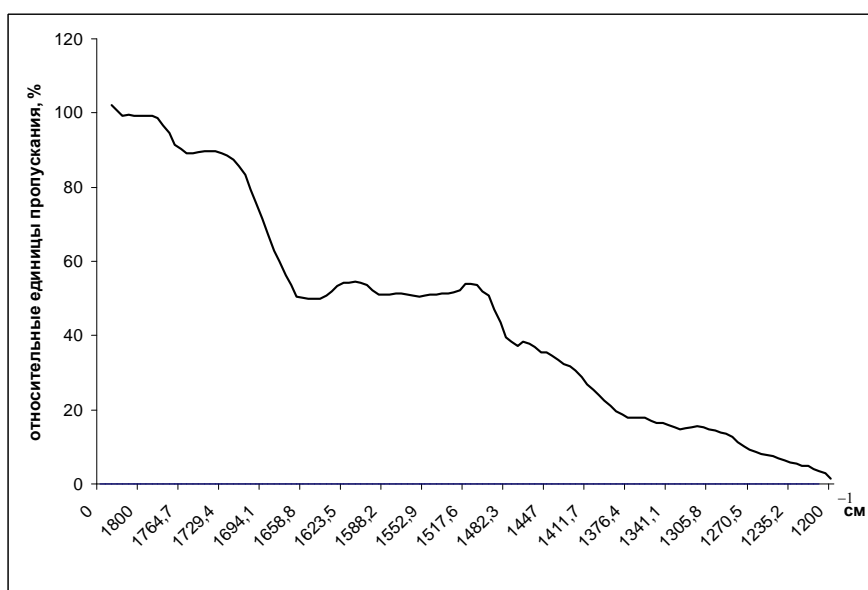


Рис. 5. Спектр оборотной стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Чистый грунт + шунгит"

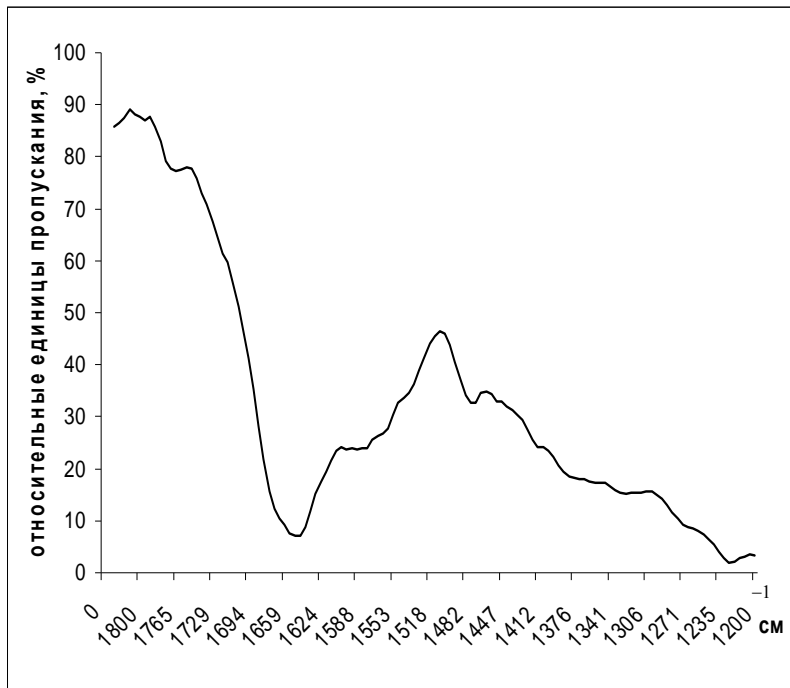


Рис. 6. Спектр лицевой стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Чистый грунт + шунгит"

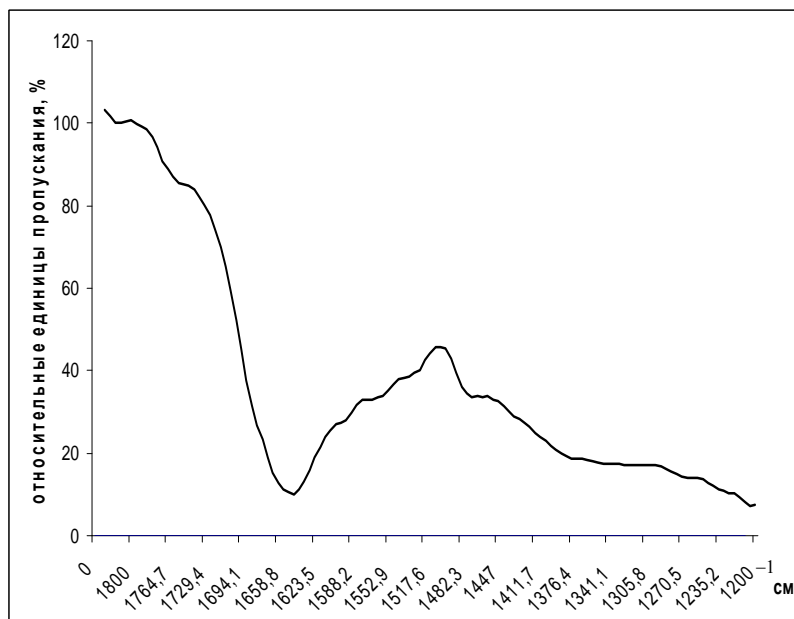


Рис. 7. Спектр оборотной стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Чистый грунт + загрязненный грунт + шунгит"

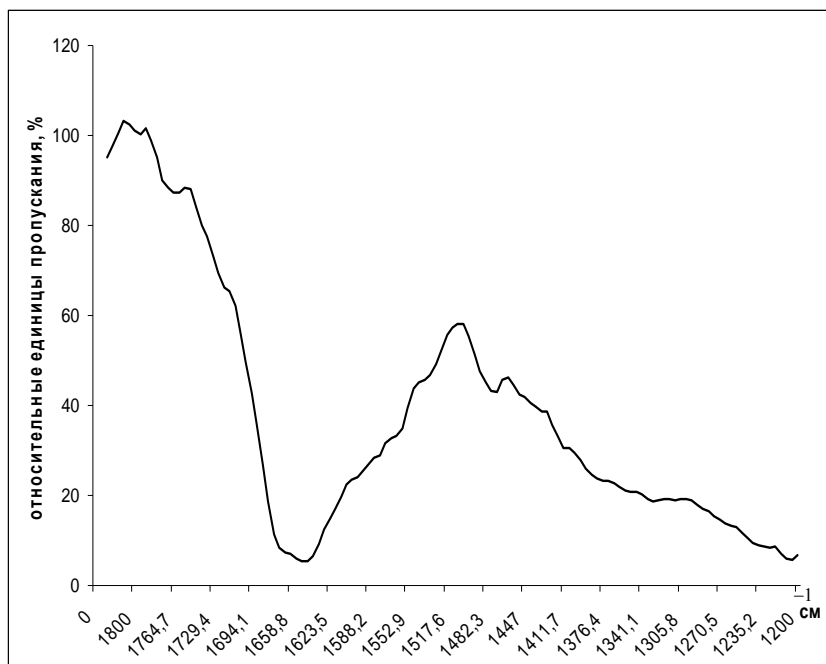


Рис. 8. Спектр лицевой стороны листа кресс-салата, выращенного на образце "Чистый грунт + загрязненный грунт + шунгит"

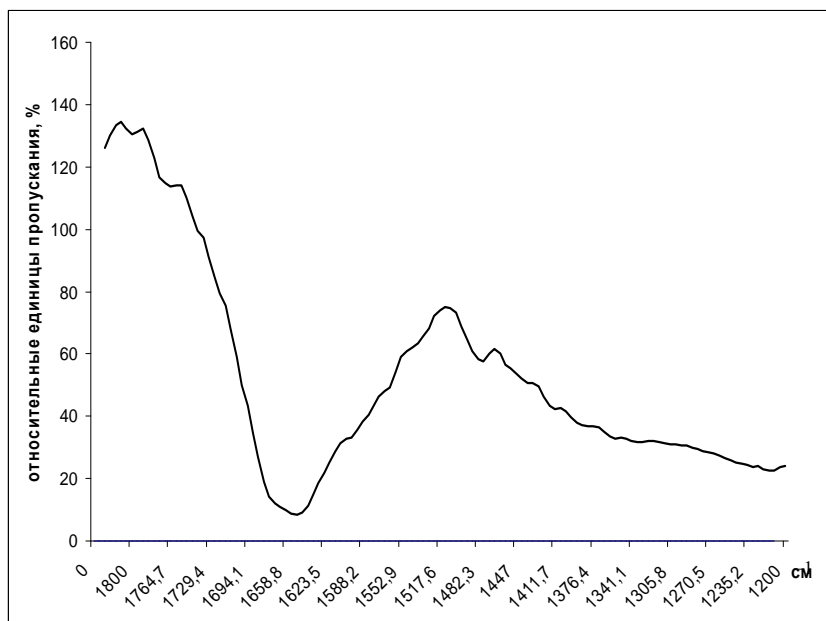


Рис. 9. Спектр оборотной стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Загрязненный грунт + шунгит"

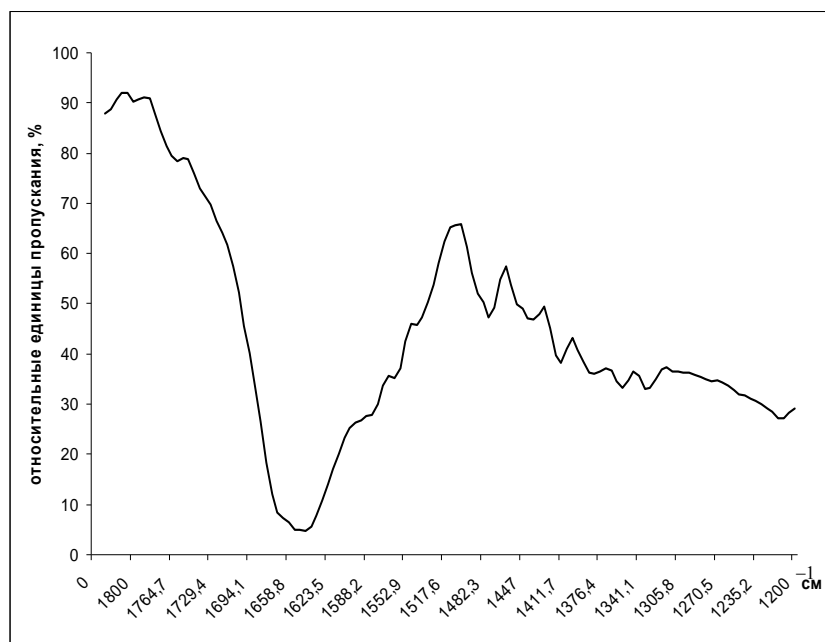


Рис. 10. Спектр лицевой стороны листа кресс-салата, выращенного на субстрате "Загрязненный грунт + шунгит".

Диапазон спектрального анализа  $1800 - 1200 \text{ см}^{-1}$  выбран исходя из того, что в этом спектральном диапазоне поглощают все основные биохимические компоненты клетки: белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды. Анализ полученных результатов в области поглощения белка, а именно белки составляют большую долю в мембранах клетки, интенсивно реагирующих на факторы воздействия, показал, что:

1. для растений, выращенных на чистом грунте, характеристика имеет ярко выраженную белковую полосу поглощения амид 1 ( $1660 \text{ см}^{-1}$  - связь C-O);
2. для растений, выращенных на чистом грунте, смешанном с загрязненным грунтом, резко уменьшилась полоса поглощения амид 1, то есть загрязненный грунт (осадок) играет отрицательную роль с точки зрения роста и развития растения;
3. для растений, выращенных на чистом грунте, смешанном с шунгитом, несмотря на то, что интенсивность полосы несколько возросла, но все же она далека от исходной величины. Можно сказать, что шунгит все же не является удобрением и засыпать его в грунт не целесообразно для тех условий эксперимента, которые были в данном опыте;
4. для растений, выращенных на смеси чистого, загрязненного грунтов и шунгита, очень заметен рост полосы амид 1. Вывод: положительная роль шунгита для нейтрализации осадка несомненна;
5. для растений, выращенных на смеси загрязненного грунта с шунгитом, также возрастает полоса амид 1, что говорит о нормальном развитии растения, то есть и в этом случае очевидна положительная роль шунгита.
6. на загрязненном грунте («свежий» осадок) растение не развивается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с помощью биотестирования почвенных образцов установлено, что наличие шунгита в почвенных субстратах способствует росту растений благодаря поглощению из грунта подвижных форм ионов тяжелых металлов. Кроме того, показано, что исследование клеток тестовых растений методом НПВО в ИК-диапазоне позволяет оценить влияние состава почвы на развитие растений. Определено, что наличие шунгита в загрязненной почве способствует увеличению синтеза белков в клетках.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Большаков В.Н., Кобер В.Г., Качак В.В.** Экология. М.: Логос-М, 2005, 315 с.
2. **Платонова О.А., Кузьмина Н.П., Ищенко И.Г., Байков В.Н., Эм И.Ю.** Исследование возможности использования шунгита месторождений Карелии для детоксикации городских почв // Проблемы управления качеством городской среды. Сборник докладов X Научно-практической конференции.- М.: Из - во Прима-Пресс-М, 2006, с.148-153
3. **Платонова О.А., Кузьмина Н.П., Ищенко И.Г., Байков В.Н., Эм И.Ю.** Детоксикация городских почв с использованием шунгита карельских месторождений// Проекты развития инфраструктуры города. Вып.7 Технологии развития городского водохозяйственного комплекса. - Сб. научных трудов. - М.: Прима-Пресс Экспо, 2007 с.181-188
4. **Кузьмина Н.П., Платонова О.А., Ищенко И.Г., Эм И.Ю., Юрченко Н.И., Баков В.Н.** К вопросу о возможности использования сорбционных свойств шунгита для детоксикации сточных осадков / Режим доступа: [[http:// www.vrenergy.ru](http://www.vrenergy.ru) 16/11/2010].
5. **Савич В.Г., Сычев В.Г., Шишков Л.Л.** Экспрессные методы оценки обеспеченности почв элементами питания и уровня загрязнения токсикантами. М.: ,ВНИИА, 2004, 152 с.

T.A. Chudnova , T.S. Podgornova

*Branch "Ugresha" of Dubna International University of Nature, Society and Man, Russia,  
140090, Dzerzhinsky Moscow region, Academica Zhukova street, 24,  
E-mail: center@uni-u.ru*

### **THE OPTICAL RESEARCH METHODS OF THE SORBENT INFLUENCE ON VEGETATIVE OBJECTS DEVELOPMENT**

#### **THE SUMMARY**

Anthropogenic pollution of soil has a considerable influence on the condition of vegetable systems. There are known ways of soils' fertility restoration with the application of natural sorbates. Experiments with various sorbates and kinds of plants have been made. The optical methods that allow to optimally solve the research problem of vegetable objects' condition as heterogeneous multicomponent systems are examined.

VEGETABLE OBJECTS, SORBATES, OPTICAL METHODS