

ШВЕЦ Д.И.

**РАДИОМЕТРИЯ И РФА МЕТОДЫ ПРИ СОРБЦИОННОЙ
И ФИТОСОРБЦИОННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ,
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
И РАДИОНУКЛИДАМИ**

Представлені результати досліджень по використанню методів радіометрії і атомно-адсорбційної спектроскопії для контролю сорбційного і фітосорбційного методів очищення ґрунтів, забруднених важкими металами і радіонуклідами, як підходів нового напрямку — органічного землеробства.

Представлены результаты исследований по использованию методов радиометрии и атомно-адсорбционной спектроскопии для контроля сорбционного и фитосорбционного методов очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами, как подходов нового направления — органического земледелия.

Researches results of radiometry and atomic-adsorption spectroscopy methods use for control of the sorption and fitosorption methods of cleaning soils, polluted by the heavy metals and radionuclides,, as the approaches of new direction — organic agricultur, are presented.

Среди большого количества экотоксикантов, загрязняющих окружающую среду, тяжелые металлы и радионуклиды представляют особую опасность вследствие своих кумулятивных свойств, влияющих на развитие широкого спектра заболеваний и генетических изменений организма. Среди существующих методов очистки загрязненных земель наиболее перспективным в настоящее время считается фиторемедиация — очистка почвы с помощью растений [1-4]. Интересным развитием этого направления стали разработанные в ИСПЭ НАН Украины сорбционный и фитосорбционный методы, сочетающие в себе использование металаккумулирующих растений и сорбционных добавок для очистки почв, загрязненных промышленными и бытовыми отходами, от экотоксикантов.

В работе представлены результаты исследований по использованию методов радиометрии и атомно-адсорбционной спектроскопии для контроля сорбционного и фитосорбционного методов очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами, как подходов нового направления — органического земледелия.

Проведенный ранее сравнительный анализ сорбционной активности различных сорбентов (углеродных, минеральные и углеродминеральных) показал, что при использовании растений, аккумулирующих радионуклиды и ионы тяжелых металлов, именно в сочетании с комбинированным углеродминеральным сорбентом вынос радионуклидов и тяжелых металлов из почвы увеличивается в 6-8 раз.

Изменения в мире, произошедшие с момента Чернобыльской катастрофы (1986 год), привели к возникновению энергетических проблем, которые в свою очередь определили перспективу рассмотрения использования земель, загрязненных промышленными и бытовыми отходами для выращивания энергетических растений. Изучая возможности ускорения процесса очистки почв, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами, было найдено, что при введении в прикорневую зону комбинированных сорбентов (смесь углеродных и минеральных сорбентов) наблюдается наряду с выносом экотоксикантов из почвы и повышенный (в сравнении с контролем) прирост биомассы растений (в 2-3 раза).

С учетом значимости выявленного эффекта, позволяющего по-новому смотреть на перспективы производства энергетических растений, проведены исследования, направленные на выяснение особенностей выращивания энергетических растений на загрязненных землях.

Полевые исследования проводились на экспериментальных участках в зоне отселения. Торфяной грунт имел удельную активность по цезию $-137 - 0,96$ Бк/г, плотность грунта $- 1,3$ г/см³, рН KCl = 5,15. Грунт супесчаного типа, активность по цезию $-137 - 22,4$ Бк/г, плотность грунта $- 1,6$ г/см³.

Экспериментальные участки были поделены на блоки размером 1 м x 1 м с границей 0,5 м. Для исследований были выбраны 2 вида растений: горчица и амарант, которые, как известно из предыдущих исследований, имеют способность аккумулировать цезий-137, а также энергетические растения – рапс, молочай и др.

Каждому виду растений соответствовал отдельный участок, а каждый блок был предназначен для внесения одного вида сорбента. В экспериментах использовали 6 разных видов сорбционных материалов: активированный уголь, клиноптилолит, их смесь 1:1, палыгорскит, модифицированный ферроцианидом, ЭДТА, титан-силикатный сорбент. Сорбенты вносили в грунт в дозах 50, 100, 150 г/м², глубина внесения 10-15 см. Посев проводили вручную рядками на расстоянии 45 см один от другого. Перед посевом в каждый ряд равномерно вносили рассчитанное и взвешенное количество сорбента и засыпали его тонким слоем грунта, после чего высевали семена. Участок не поливали, осуществляли прополку и собирали урожай через 3 месяца.

В процессе роста периодически измеряли высоту растений. Активность образцов измеряли на гамма-радиометре РУГ-92., гамма-спектрометре Amerys-H, радиометре КРАБ-3 и радиометре МКС-01Р, атомно-абсорбционном спектрометре.

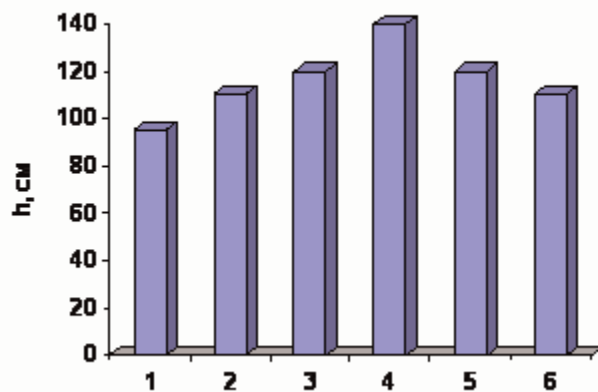


Рис.1. Влияние природы сорбента на рост амаранта: 1 – контроль; 2 – минеральный сорбент; 3 – углеродный сорбент; 4 – углеродный + минеральный сорбент; 5 – модифицированный минеральный сорбент; 6 – TiSi

Как было показано ранее [5-7], природа сорбентов, вносимых в прикорневую зону, влияет на процесс накопления биомассы. Более детальные исследования (рис. 1) показывают, что значительное увеличение прироста биомассы наблюдается при использовании комбинированных сорбентов — смеси природных и минеральных сорбентов.

Экспериментальные результаты подтверждают тот факт, что эффективность извлечения радиоцезия из грунта фитосорбционным методом в значительной степени зависит от способности растений концентрировать ^{137}Cs в надземной и корневой частях и накапливать большое количество биомассы. На рис. 2 представлены данные экспериментальных исследований по накоплению радиоцезия зеленой массой различных видов растений при использовании сорбционных добавок в грунт (прикорневая часть растений).

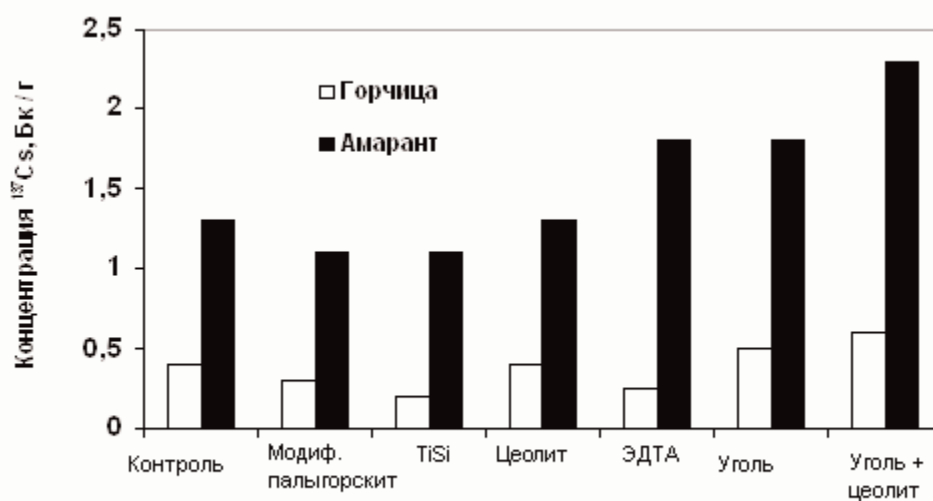


Рис.2. Концентрирование ^{137}Cs в зеленой массе растений, выращенных на грунте активностью 0,960 Бк/г с использованием добавок сорбционных материалов

Видно, что растения существенно отличаются за их способностью аккумулировать ^{137}Cs . Более высокий уровень накопления радиоцезия характерный для амаранта, он достигает максимум для данного типа грунта — 1,25 Бк/г сухой массы при отсутствии грунтовых добавок, что более чем в 2 раза превышает тот же показатель для горчицы. Кроме того, при одинаковых условиях амарант дает почти втрое больше биомассы в сравнении с горчицей и поэтому может использоваться как поглотитель радионуклидов из грунта, а также как перспективное энергетическое растение.

Результаты проведенных полевых исследований показывают, что наибольший потенциал относительно выноса радиоцезия из грунта среди исследованных радиоаккумулялирующих растений имеет амарант. Обращает на себя внимание то, что продуктивность зеленой массы амаранта значительно больше в сравнении с другими радиоаккумулялирующими растениями, выращивание его на радиационно-загрязненных территориях может постепенно снижать их активность, то есть осуществлять эффективную очистку грунтов. Подтверждением этого являются данные по эффективности очистки грунта при выращивании на нем амаранта с использованием и без использования комбинированного сорбента (коэффициент выноса радионуклидов — до 26%).

Выявлено также, что в зависимости от природы сорбента, вносимого в прикор-

невую зону, можно активно регулировать процесс накопления биомассы. Наибольший эффект накопления биомассы наблюдается в случае использования комбинированных сорбентов, состоящих из смеси минеральной и природной составляющих (Табл.1).

Таблица 1

Накопление зеленой массы энергетическими растениями на почве, загрязненной тяжелыми металлами

Тип сорбента	Параметры накопления зеленой массы				
	Длина наземной части, см	Длина корня, см	Количество соцветий	Вес зеленой массы (М), г	К (Mi / Mo)
Контроль	69,5	6,5	4	8,2 (Mo)	-
Биосорбент	80,5	13,0	7	22 (M1)	2,68
Уголь+цеолит	85,0	13,0	10	42,4(M2)	5,17
Биосорбент+цеолит	80,0	13,0	15	47,4(M3)	5,78

Принципиально важным является также и то, что наряду с приростом биомассы наблюдается увеличение в 2-3 раза количества соцветий. Это позволяет при таком подходе решать одновременно две задачи – осуществлять накопление биомассы и получать прирост семян, из которых также можно получать синтетическое топливо (Табл. 2).

Таблица 2

Зависимость накопления массы энергетических растений от условий выращивания

Условия выращивания	Коэффициент накопления, относит. ед.		
	биомасса	масса для биотоплива	семена
при отсутствии сорбента	1,0	1,0	1,0
углеродный + природный сорбент	4,0 – 5,5	4,0 – 6,0	1,4
углеродный + природный сорбент + биосорбент	6,0 – 8,0	5,0 – 7,0	1,6 – 2,1

Из изложенного следует, что на загрязненных почвах можно, во-первых, осуществлять производство биомассы, во-вторых – выращивать растения с повышенным содержанием углеводов и, наконец, в-третьих – осуществлять выращивание семян, например, рапса как перспективного источника биотоплива.

Аналогичная картина по накоплению биомассы характерна также и для почв, загрязненных ионами тяжелых металлов и нефтепродуктами (рис. 3).

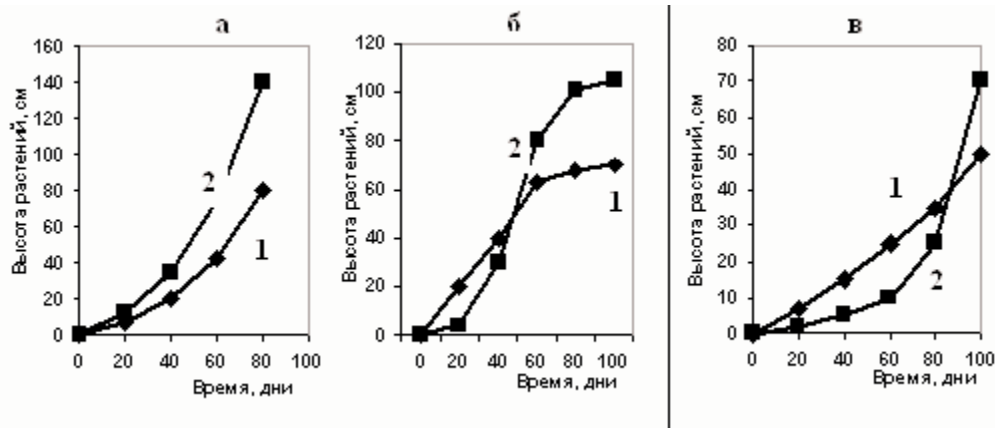


Рис. 3. Накопление биомассы растений на почвах, загрязненных экотоксикантами различной природы: а) радионуклиды; б) тяжелые металлы; в) нефтепродукты; (1 – контроль, 2 – в присутствии сорбента)

Из представленных на рис. 3 данных видно, что в зависимости от природы экотоксикантов процесс накопления биомассы имеет свои особенности. Если в присутствии радионуклидов имеет место стимулирование процесса роста растений на начальном этапе, то при наличии в почве ионов тяжелых металлов или нефтепродуктов наблюдается ингибирование процесса роста. Специфичным при этом является то, что ингибирование процесса роста растений при загрязнении почв нефтепродуктами продолжается до тех пор, пока в почве не произойдут сорбционно-микробиологические процессы по биодеструкции нефтепродуктов или связыванию ионов тяжелых металлов на 85-95%.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что нами экспериментально выявлено неизвестное ранее явление влияния комбинированных и биоактивных сорбентов, ответственных за сорбционно-биологическую деструкцию экотоксикантов в почве, на эффективность процесса накопления биомассы энергетических растений.

Таким образом, приведенные экспериментальные данные показывают, что фитосорбционная технология с использованием углеродминеральных сорбентов может быть использовано для очистки почв и производства энергетических растений. Это дает возможность предположить возможность культивирования энергетических растений на загрязненных почвах с помощью выявленного сорбционно-стимулирующего эффекта накопления биомассы энергетических растений. Природа сорбентов является определяющим фактором эффективности очистки почв полигонов, промышленных и бытовых отходов и производства энергетических растений. Комбинированные и биоактивные сорбенты могут быть использованы для производства энергетических растений на почвах, загрязненных различными типами экотоксикантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ernst W.H.O. Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants // Applied Geochemistry. – 1996. – Vol.11. – P.163-167.
2. Cunningham Scott D., Berti William R. Remediation of contaminated soils with green plants: an overview // In Vitro Cell. Dev. Biol. 1993, Vol. 29. – P. 207- 212.
3. Lasat M.M., Ebbs S.D., Koshian L.V. Biodegradation and Bioremediation // J. Environ. Qual. – 1998. – Vol.27. – P.165-169.

4. Кутлахмедов Ю.А., Зезина Н.В., Михеев А.Н. и др. Проблемы и перспективы фитодеконтаминации и фитомикробной ремедиации почв, загрязненных радионуклидами // Экотехнологии и ресурсосбережение, – 2004, №1. – С.49-52.
5. Strelko V., Shvetz D., Glushachenko O., Openko N. Possibilities of Carbon-Containing Materials in the Processes of Refining of Liquid Media and Soils from Radionuclides // European Carbon Conference "Carbon'96" – Newcastle, UK, Extended Abstracts, 1996. –1. – P.232-233.
6. Strelko V., Shvetz D., Glushachenko O., Openko N., Konoplasta E. The investigation of dynamic of sorption processes in the system "composite adsorbent – heterogenous medium" // 23 rd Bien. Conference on Carbon. – Pennstate, USA: Extended Abstracts, 1997; – P. 94-95.
7. D. Shvets, V. Strelko, S. Mikhalovsky, S. Waite, N. Openko. Carboncontaining sorbents for phytosorption decontamination of soils polluted by radionuclides and heavy metals // Conference on Carbon 2004 (Providence, USA): Extended Abstracts, 2004; CD, D6141.

*Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины,
г. Киев*

Поступило в редакцию 23.05.2008