

которая залегает в почве, м; W_g – урожайность ботвы корнеплодов, кг/м². Приведенные теоретические расчётные зависимости есть неотъемлемыми исходными положениями при последующем расчете и обосновании конструктивно кинематических и технологических параметров транспортно технологических систем корнеуборочных машин.

Литература

1. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татянюк. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Барановський В.М. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин // Науковий журнал. Вісник ДДУ, Тернопіль, 2006. Том 11, № 2. – С. 67-75.
3. Барановський В.М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів // Вісник ХНТУСГ. – Вип. 75. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Том 1. – Харків, 2008. – С. 111-120.
4. Барановський В.М. Оптимізаційні математичні моделі процесу викопування вороху коренеплодів пасивним сферичним диском // Вісник Льв. нац. агр. університету “Агроінженерні дослідження”. – Львів, 2008. – № 12, т. 2. – С. 337-349.
5. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини // Науковий вісник НАУ. 36. наук. праць, випуск 73, частина 1. - 2004. – С. 249-255.
6. Г.А. Герасимчук, В.М. Барановський, О.О. Герасимчук. Імітаційне моделювання процесу взаємодії біла очисника з головою коренеплоду // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник. – Луцьк: ЛДУ, 2008. – Вип. 12. – С. 67-72.

УДК 539.1.08

ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Лагутин А.Е., канд. техн. наук

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
Минск, Республика Беларусь

Характерной чертой современных технологий является их активное вторжение в мир нанометровых размеров. Многие из перспективных направлений в нанотехнологиях связываются в последнее время со структурами, состоящими из небольшого числа упорядоченных в пространстве атомов. Они привлекательны потому, что их физико-химические свойства, как правило, разительно отличаются от объемных свойств макроскопических материалов того же состава. Поэтому такие наноразмерные структуры рассматриваются сегодня как «крупные блоки» для конструирования новых материалов, необычных лекарственных средств, приборов [1].

Нанобиотехнологии – растущая область, использующая наномасштабные явления и процессы, порождающая интригующие и малоизведанные пути развития биологии, физики, химии и медицины. Для развития отрасли ставятся задачи использования биологических структур и процессов для получения новых материалов, биосенсоров, биоэлектронных устройств [2] или поатомной сборки наномашин с использованием биологических компонентов [3]. Другое направление исследований вытекает из потребностей медицинских приложений и осуществляет привнесение искусственных наноразмерных частиц, технических материалов и интерфейсов в мир биосистем, что подразумевают развитие новых методов инструментального исследования живых систем, диагностики и лечения заболеваний. Очень важно, чтобы пригодность и качество результатов измерений при диагностике и сертификации материалов, в том числе и биологических объектов, снабжались единой характеристикой точности, которой на сегодняшний день в соответствии с международными требованиями [4] является неопределенность – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. Это позволит выражать точность измерения в Беларуси в соответствии с международными нормами, что имеет одно из первостепенных значений при сотрудничестве с зарубежными странами, устранении технических барьеров посредством установления взаимного доверия к измерительной информации [5]. Успехи в

развитии и внедрении новых технологий зависят от совершенствования имеющихся и разработки новых методов анализа качества пищевых и растительных объектов, отличающихся повышенными аналитическими характеристиками. В [6] представлены основные ядерно-физические методы (ЯФМ) исследования приповерхностных слоев материалов таким образом, что для каждого метода выделяется небольшое число характерных признаков, по которым можно производить выбор метода для конкретного применения.

Среди этих методов важная роль принадлежит ЯФМ анализа, основанным на особенностях взаимодействия высокоэнергетических ионов с приповерхностными слоями материала, таким, как метод ионноиндуцированного характеристического рентгеновского излучения (ХРИ), резерфордовское обратное рассеяние ионов (РОР) в сочетании с каналированием, протонов отдачи (ПО) и другие. При помощи этих методов во многих случаях удается получать информацию о структуре и составе приповерхностных слоев с большей чувствительностью, лучшим разрешением по глубине и избирательностью, чем это возможно при использовании других, чаще всего разрушающих образец методов. К тому же, методы ядерного микроанализа позволяют применять их для исследования динамики поведения приповерхностных слоев образцов в различных процессах. В основу методики РОР заложены принципы упругого рассеяния заряженных частиц в кулоновском поле атомных ядер [7]. Измеряя спектры рассеянных в приповерхностных слоях частиц, можно получить информацию о глубинном распределении элементов в этих слоях образцов. Измеряемая глубина, естественно, не превышает половины длины пробега налетающих частиц.

Современные полупроводниковые детекторы заряженных частиц обеспечивают энергетическое разрешение 12 кэВ для α -частиц с энергией 5,5 МэВ. Таким образом, из

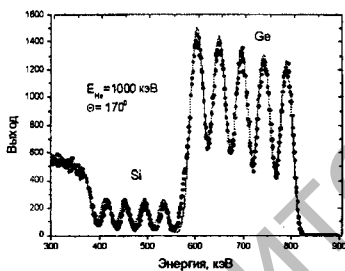


Рисунок 1 – Спектр ионов гелия, рассеянных на слоистом образце

лучка моноэнергетических ионов формируется спектр частиц, рассеянных в толстом слое, состоящем из разных элементов. Типичный спектр ионов гелия, рассеянных на угол 170° , на слоистом образце показан на рисунке 1. В результате обработки этого спектра получена следующая информация о составе и структуре образца. На кремниевой подложке находятся 5 слоев германия толщиной 40 нм, разделённых слоями кремния толщиной 28 нм. Спектр рассеянных ионов гелия на рисунке 1 показывает высокое совершенство межслойных границ в образце, а, кроме того, показывает, что аналитические возможности метода при данных экспериментальных условиях сохраняются на глубине более 300 нм.

Принцип работы метода ПО основан на измерении спектра атомов водорода, выбитых из приповерхностного слоя мишени пучком ускоренных ионов гелия. Спектр протонов отдачи измеряется под углом 30° относительно пучка налетающих ионов гелия. Таким образом, совместное применение методик РОР и ПО даёт полную информацию о глубинных профилях любых элементов. Возбуждение характеристического рентгеновского излучения пучком заряженных частиц в исследуемом образце положено в основу методики ХРИ. Каждый ионизованный пучком атом после заполнения вакансии испускает рентгеновский квант. Современные детекторы рентгеновского излучения позволяют измерять спектры ХРИ с энергетическим разрешением порядка 150 эВ для К-линии Мп – 5,9 кэВ. Таким образом, по спектру ХРИ имеется возможность различать два соседних по атомному номеру сравнительно тяжёлых элемента. Некоторые аналитические задачи, в частности, исследования загрязнения окружающей среды, требуют точной идентификации тяжёлых микропримесей наряду с определением концентрации элементов в образцах. В таких случаях предпочтительным оказывается совместное использование методик РОР и ХРИ. При этом методика ХРИ позволяет точно идентифицировать любой из тяжёлых элементов по спектру характеристического излучения,

а концентрация его может быть вычислена достаточно точно с использованием спектра РОР. В частности исследование состава примесей в воздухе [8] проводилось путём одновременного измерения спектров ХРИ и РОР для образцов фильтров, через которые прокачивалось определённое количество воздуха. На рисунках 2, 3 показаны, соответственно, спектры ХРИ и РОР для одного из таких образцов. На рисунке 3 видны характеристические линии К-серии для различных элементов от Si до Zr, а также L-серия Ba. Рассчитанные концентрации 20 элементов, обнаруженных на поверхности фильтра, через который был прокачан загрязнённый воздух, приведены в таблице.

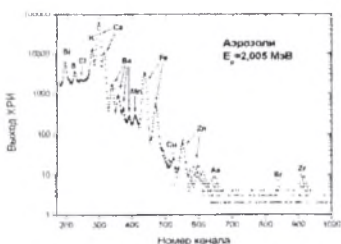


Рисунок 2 – Спектр ХРИ для аэрозолей

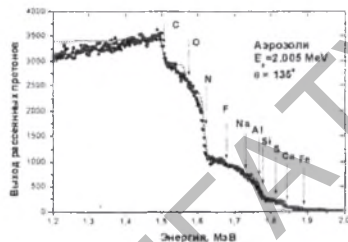


Рисунок 3 – Спектр протонов для аэрозолей

Таблица — Концентрации состава примесей в воздухе

Элемент	C	N	O	F	Na	Mg	Al	Si	S	Cl
Кон. ат. %	41	20.5	28	2.6	2.5	1.3	1.3	1.8	0.2	0.01
Элемент	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Ba
Кон. ат. %	0.1	0.53	0.007	0.14	0.002	0.01	0.001	0.001	0.005	0.01

С помощью методики ХРИ проводились исследования присутствия тяжелых ионов в продуктах питания и мозге животных, находившихся в районах с высокой степенью урбанизации [9]. Представлены спектры РОР и ХРИ для образцов, полученных путем лиофилизации молока. Спектр характеристического рентгеновского излучения содержит К-серии 9 элементов от фосфора до стронция (P, Cl, K, Ca, Fe, Zn, Br, Rb, Sr), а в спектре рассеянных протонов видны основные элементы C, N, O и Ca.

Литература

1. Дьячков, П.Н. Углеродные нанотрубки: Материалы для компьютеров XXI века [Текст] / П.Н. Дьячков // Природа. – 2000. – №11. – С. 11-25.
2. Niemeyer, C. Nanobiotechnology. Concepts, Applications and Perspectives [Text] / C. Niemeyer C., C. Mirkin. – Wiley, 2004. – 257 p.
3. Goodsell, D. Bionanotechnology: Lessons from Nature [Text] / Goodsell, D. – Wiley-Liss, 2004. – 324 p.
4. ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. ISO, Geneva, 1993.
5. Лагутин, А.Е. Разработка комплекса методов для анализа, аттестации и сертификации материалов [Текст] / А.Е. Лагутин // Інженірія і апаратура хімічна. – 2008. – №2. – С. 40-41.
6. Фелдман, Л. Основы анализа поверхности и тонких пленок / Л. Фелдман, Д. Майер. – М.: Мир, 1989. – 342 с.
7. Chu, W.K. Backscattering Spectrometry / W.K. Chu, J.W. Mayer, M.A Nicolet. – N.Y., San Francisco, London: Academic Press, 1978. – P. 377.
8. Кобзев, А.П. Основные направления исследований на ускорителе ЭГ-5 ОИЯИ [Текст] / А.П. Кобзев // Труды XII Междунар. конф. по электростатическим ускорителям. – Обнинск, 1999. – С. 33-38.
9. Кобзев, А.П. Элементный анализ аэрозолей [Текст] / А.П. Кобзев, Ш. Гэрбиш, Д. Мончка, Ц. Амартайван. – Сообщения ОИЯИ P18-2005-188.