

вероятная величина при микроволновой обработке до 10 с сравнительно с контрольной величиной уменьшается. Судя по рис. 2.б, Увеличение времени обработки до 10с, приводит к тому, что величина коэффициента идеальности заметно возрастет.

Приведённые экспериментальные данные а также результаты обзорных статей [6,7] свидетельствуют о том, что можно выделить оптимальную дозу СВЧ облучений, в котором деградация параметров диодов

Шоттки не происходит. Дальнейшее облучение (свыше 10с) приводит к деградации прямой ветви ВАХ, уменьшается экспоненциальный участок, изменяется наклон ВАХ- α уменьшается, n растёт, что связано с генерацией структурных дефектов, образующихся в процессе релаксации внутренних механических напряжений стимулированными СВЧ обработкой в структуре $n-SiC$.

Литература

1. Агеев О.А., Беляев А.Е., Болтовец Н.С., Киселов В.С., Конакова В.С., Лебедев А.А., Миленин В.В., Охрименко О.Б., Поляков В.В., Светличный А.М., Чередниченко Д.И. Карбид кремния: технология, свойства, применение. - Харьков: «ИСМА». 2010. -С. 532.
2. Болтовец Н.С., Камалов А.Б., Колядина Е.Ю., Конакова Р.В., Литвин П.М., Литвин О.С., Матвеева Л.А., Миленин В.В., Ренгевич А.Е.. Релаксация внутренних механически напряжений в арсенид галлиевых приборных структурах, стимулированная микроволновой обработкой. Письма в ЖТФ, 2002, том 28, выпуск. 4. 26 февраля
3. Абдигалиев С.К., Кудрик Я.Я. Влияние микроволнового излучения на электрофизические свойства диодов с барьером Шоттки $Au-TiB_x(ZrB_x)-n-SiC6H$. // XIV Международное совещание «Радиационная физика твердого тела» (Севастополь, Украина, 2004). -С. 439- 444.
4. Абдигалиев С.К., Кудрик Я.Я. Электрофизические свойства диодов Шоттки под воздействием микроволнового излучения. //Петербургский журнал электроники. 2004, № 2, -С. 48-52.
5. Абдигалиев С.К., Исмаилов К.А. Влияние быстрых термических и микроволновых обработок на величину контактного сопротивления в структурах $Ni-n-SiC$ // Материалы третьей международной конференции, посвященной 15-летию Независимости Узбекистана «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» (Ташкент, Узбекистан, 2006 г.) -С.151-152.
6. Исмаилов К.А, Конакова, П.М, Абдигалиев С.К,Отениязов Е. Физико-технологические аспекты формирования приборных структур на карбиде кремния (Обзор). // «ВЕСТНИК» КГУ им. Бердаха. 2009. № А.Е.З. -С. 12-17.
7. Исмаилов К.А, Конакова, П.М, Абдигалиев С.К,Отениязов Е. Физико-технологические аспекты формирования приборных структур на карбиде кремния (Обзор). ВЕСТНИК КГУ им. Бердаха. 2009. № 4. -С. 3-5.
8. Исмаилов К.А., Абдреймова Г.Р., Сейтимбетова Г.А., Косбергенов Е.Ж. Влияние внешних воздействий на электрические характеристики карбидокремниевых диодных структур с барьером Шоттки $TiB_x(ZrB_x) - n-SiC 6H$. // «Вестник» 2016. № 4. -С. 3-6.
9. Абдигалиев С.К., Исмаилов К.А. Отениязов Е. Влияние микроволновой обработки на параметры диодов $Au-TiB_x - n-SiC 6H$. Материалы 2-международной конференции «Неравновесные процессы в полупроводниках и в полупроводниковых структурах», 12-14 ноября, 2009. Ташкент.

РЕЗЮМЕ

Мақолада микротўлқинли нурлантиришдан кейинги диодли структуралардаги дерадацион жараёнлар кўрсатилган.

РЕЗЮМЕ

В статье показаны деградационные процессы после микроволновой обработки в диодных структурах.

SUMMARY

The article shows the degradation processes after microwave annealing in diode structures.

МЕТОДИКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНО МУЛЬТИЭЛЕМЕНТНОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

М.А.Жумамуратов - кандидат технических наук, доцент

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажсинияза

Таянч сўзлар: Қорақалпоғистон, сув, нейтрон-фаоллашуви тахлили, кимёвий таркиб, зичлик, ер ости сувлари, ер ости сувлари, коэффициент, дарё сувлари, коллектор сувлари.

Ключевые слова: Каракалпакстан, вода, нейтронно-активационный анализ, химический состав, интенсивность, подпочвенные воды, коэффициент, речные воды, коллекторные воды.

Key words: Karakalpakstan, water, neutron-activation analysis, chemical composition, intensity, subsoil waters, coefficient, river waters, collector waters.

ВВЕДЕНИЕ

Аральская экологическая катастрофа, произошедшая за сравнительно короткий промежуток времени и выражающаяся в засолении почв, деградации растительного покрова, прогрессировании различных заболеваний среды населения и других негативных процессов, требует накопления информации о состоянии отдельных компонентов природной среды [1,2]. Наиболее опасным видом техногенного воздействия на природную среду является загрязнение среды химическими элементами, которые участвуют в биологических, биогеохимических, гидро-геохимических процессах. Актуальность и важность эколого-геохимических исследований Южного Приаралья определяется тем, что регион в этом плане не достаточно изучен.

До настоящего времени образовавшаяся катастрофическая экологическая ситуация в регионе приводит к сложным и глубоким негативным явлениям, которые

влияют на жизнедеятельность всех организмов. Не установлен элементный состав главных компонентов природной среды, влияющий на продуктивность почв, на здоровье людей. Поэтому, исследование элементного состава почв, природных вод, донных отложений, атмосферной пыли и осадков и выяснение их взаимосвязи между собой в условиях экологического кризиса зоны Приаралья с использованием мультиэлементного инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) является актуальной и важной задачей, поскольку позволяет проводить массовый анализ широкого спектра химических элементов в пробах в широком концентрационном диапазоне с удовлетворительными параметрами по пределу обнаружения и надежности для последующей разработки природно-охранных мероприятий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Увеличение селективности разрабатываемых мето-

дик анализа зависит от ядерно-активационных характеристик определяемых и мешающих химических элементов, временных факторов облучения и “охлаждения”, а также от типа и массы анализируемой пробы и, в ряде случаев, от параметров γ -спектрометра. В последнем случае улучшение энергетического разрешения γ -спектра в 2,4 раза позволило вести анализ по чётко разрешенным фотопикам, например ^{65}Zn (1115,5 кэВ), ^{46}Sc (1120,5 кэВ), ^{152}Eu (1112,1 кэВ). Эти фотопики при использовании γ -спектрометра с энергетическим разрешением 4,5 кэВ по γ -линии ^{60}Co , обычно не разрешались и вследствие этого на спектре γ -лучей облученной пробы мы регистрировали один суммарный фотопик, который необходим для определения цинка.

Проведённые исследования спектров γ -лучей при различных временных режимах с расчетом коэффициента селективности определения для каждого случая позволили выбрать оптимальные условия проведения активационного анализа почв, природных вод и донных отложений, отобранных в зоне Южного Приаралья.

Результаты исследований с применением инструментального мультиэлементного нейтронно-активационного анализа природных вод, почв, донных отложений и других объектов и их применение для оценки эколого-геохимической ситуации зоны Приаралья нами изложены в работах [3, 4].

Облучение проб проводили интегральным потоком нейтронов ядерного реактора ВВР-СМ. Регистрацию наведённой активности проб проводили на γ -спектрометре с $\text{Ge}(\text{Li})$ и Ge детекторами с энергетическим разрешением 4,5 кэВ (в начале выполненной данной работы) и 1,8 кэВ соответственно по γ -линии ^{60}Co .

При облучении проб в алюминиевых блок-контейнерах, в них вместе с пробами мы располагали по высоте контейнера 3 эталона (на дне, в середине и сверху) для контроля потока нейтронов. В качестве эталона можно использовать металлическую медь марки ЧДА или золото.

Анализ по короткоживущим радионуклидам. При определении содержания Al , Mg , Cl , Ca , Ti , V , Mn , Sr по их короткоживущим радионуклидам (^{28}Al , ^{27}Mg , ^{38}Cl , ^{49}Ca , ^{51}Ti , ^{52}V , ^{56}Mn , $^{87\text{m}}\text{Sr}$) оптимальные условия проведения анализа составили: $t_{\text{обл}}=10-15$ сек, $t_{\text{охл}}=10-20$ мин, $t_{\text{изм}}=100-300$ сек. Интервал времени после облучения, в течение которого с хорошей надёжностью (коэффициент селективности выше 3) определяются вышеуказанные элементы, составляет от 10 мин до 2,5 час.

Рассмотрим определение отдельных химических элементов по их короткоживущим радионуклидам.

Натрий и калий. В режиме определения короткоживущих радионуклидов вместе с другими короткоживущими радионуклидами, как видно из табл. 1.4, одновременно определяются Na и K . При этом селективность их определения очень высокая ($\eta > 3$). Предел обнаружения $\text{Na}=0,02$, а $\text{K}=0,22$ мг/л. Натрий и

калий достаточно хорошо определяются в почвах, донных отложениях, растениях и их органах. Погрешность определения не выше 0,1.

Алюминий определяется достаточно хорошо в почвах, донных отложениях и растениях. В природных водах, особенно в речных водах, при выбранных оптимальных условиях предел обнаружения (0,3 мг/л) не достаточен, в связи с чем алюминий определяли непосредственно в здании реактора, после “охлаждения” проб в течение 5-8 мин. ^{28}Al - образуется по трем ядерным реакциям типа (n, γ) , (n, α) , (n, p) из ^{27}Al , ^{28}Si и ^{31}P , которые содержатся в анализируемых пробах в значительных количествах. Поэтому, при расчете содержание Al по (n, γ) следует вводить поправку на конкурирующие ядерные реакции (n, p) и (n, α) .

Хлор. Определение хлора ведут по радионуклиду ^{38}Cl , который образуется по (n, γ) реакции из ^{37}Cl ($T_{1/2}=37,2$ мин, $\sigma=0,56$ барн, $\theta=24,47\%$, $E_\gamma=1642,4$ и 2167 кэВ). В зависимости от содержания элемента в пробе, часто в спектре γ -лучей облученной пробы обнаруживается фотопик с энергией γ -кванта равной 1146 кэВ, идентификация которого затруднена. Анализ спада фотопика 1146,1 кэВ показывает, что период полураспада данного фотопика составляет 37,6 мин, следовательно, он соответствует фотопику парного вылета радионуклида ^{38}Cl ($2167-1022=1145$ кэВ). Интенсивность данного фотопика в 2,5 раза выше, чем интенсивность основного, поэтому данный фотопик мы в дальнейшем использовали при определении хлора.

Кальций. Определение вели по радионуклиду ^{49}Ca (контроль содержания вели по ^{47}Ca). В качестве аналитического фотопика мы выбрали фотопик парного вылета 2061 кэВ, который формируется из фотопика 3083 кэВ ($3083-1022=2061$ кэВ). Данный фотопик обнаруживается во всех пробах (почвы, растения, донные отложения, воды) и по интенсивности более чем в 5 раз выше основного фотопика.

Титан и ванадий определяются по радионуклидам ^{51}Ti и ^{52}V . Массовый анализ на содержание обоих элементов затруднён в связи с малым периодом полураспада. Для их определения необходимы пневмотранспортные средства доставки пробы к γ -спектрометру непосредственно сразу после облучения.

Марганец и магний. Определение Mg и Mn ведут по радионуклидам ^{27}Mg ($T_{1/2}=9,46$ мин., $E_\gamma=843,8$ и $1014,4$ кэВ) и ^{56}Mn ($T_{1/2}=2,58$ мин., $E_\gamma=846,7$; $1810,7$; $2113,0$ кэВ). При использовании γ -спектрометра на основе $\text{Ge}(\text{Li})$ детектора с энергетическим разрешением 4,5 кэВ фотопики ^{27}Mg (843,5 кэВ) и ^{56}Mn (846,7 кэВ) энергетически не разрешаются и образуется суммарный фотопик 845,3 кэВ. В этом случае для количественного их определения используются фотопики 1014,4 кэВ и 1810,7 кэВ, либо после распада ^{27}Mg дополнительно измеряются фотопики ^{56}Mn , а затем вводится поправочный коэффициент на распад и путем вычитания определяется содержание обоих элементов. Такая процедура необходима, если селективность $\eta < 3$, а погрешность анализа высока (20-25%).

Таблица 1. Ядерно-активационные характеристики возможных присутствующих химических элементов в почвах, природных водах, донных отложениях и других объектах окружающей среды Каракалпакии. ($\bar{X}_{CP}$ - среднее содержание микроэлементов в почвах Каракалпакии, мг/кг.)

	Реакция образования	σ , барн.	Распространенность %	$T_{1/2}$	Энергия γ -квантов, кэВ	$\bar{X}_{CP}$	Предел обнаружения
Натрий*	$^{23}\text{Na}(n, \gamma)^{24}\text{Na}$	0,53	100	15 час	511,0; 1368,6; 2752,8 (100);	2,4	0,02
Магний	$^{26}\text{Mg}(n, \gamma)^{27}\text{Mg}$	0,04	11,17	9,46 мин	843,8 (71,8); 1014,4 (28,2)	-	0,08
Алюминий	$^{27}\text{Al}(n, \gamma)^{28}\text{Al}$	0,23	100	2,31 мин	1779 (100)	-	0,3
Хлор*	$^{37}\text{Cl}(n, \gamma)^{38}\text{Cl}$	0,56	24,47	38 мин	1642,4(31,6); 2166,7 (42,2)	138	0,22

Калий*	$^{41}\text{K}(\text{n}, \gamma)^{42}\text{K}$	1,2	6,88	12,4 час	2167 (20)	1,6	0,02
Кальций*	$^{48}\text{Ca}(\text{n}, \gamma)^{49}\text{Ca}$	1,1	0,19	8,75 мин	2571,5 (89)	4,8	0,08
Скандий	$^{45}\text{Sc}(\text{n}, \gamma)^{46}\text{Sc}$	22,3	100	83,9 дн	888,9; 1120,5; (100)	4,5	0,02
Хром	$^{50}\text{Cr}(\text{n}, \gamma)^{51}\text{Cr}$	13,5	4,31	27,7 дн	320,1 (9,83)	93,7	3,2
Марганец	$^{55}\text{Mn}(\text{n}, \gamma)^{56}\text{Mn}$	13,2	100	2,58 час	846,7(98,9); 1810,7(27,2); 2113,1(14,3)	280	0,5
Железо	$^{58}\text{Fe}(\text{n}, \gamma)^{59}\text{Fe}$	1,01	0,31	46,5 дн	1099,6 (56,5); 1291,6;(43,2)	1,3	40,0
Кобальт	$^{59}\text{Co}(\text{n}, \gamma)^{60}\text{Co}$	20	100	5,26 лет	1173,2; 1332,0(99,9)	12,1	0,03
Никель	$^{64}\text{Ni}(\text{n}, \gamma)^{65}\text{Ni}$	2,6	1,16	2,52 час	1115,5(14,8); 1481,8(23,5)	6,3	-
Медь	$^{63}\text{Cu}(\text{n}, \gamma)^{64}\text{Cu}$	2,1	100	12,7 час	511,0 (0,17)	7,5	2,6
Цинк	$^{64}\text{Zn}(\text{n}, \gamma)^{65\text{m}}\text{Zn}$	0,044	48,89	244 дн	1115,5 (50,8)	40,7	1,5
Мышьяк	$^{75}\text{As}(\text{n}, \gamma)^{76}\text{As}$	5,4	100	26,8 час	559,1 (45)	-	0,06
Селен	$^{74}\text{Se}(\text{n}, \gamma)^{75}\text{Se}$	67	0,87	120 дн	121,1(17,6);136,0(59,6);264(59,6);27 9,5(25,3);	4,6	0,025
Бром	$^{81}\text{Br}(\text{n}, \gamma)^{82}\text{Br}$	8,5	50,51	35,4 час	777,0 (83,5)	14,8	1,4
Рубидий	$^{85}\text{Rb}(\text{n}, \gamma)^{86}\text{Rb}$	0,8	72,15	18,7 дн	556,1; 1076,6 (8,76)	69,5	17,0
Стронций	$^{84}\text{Sr}(\text{n}, \gamma)^{85}\text{Sr}$	1,2	0,55	64,8 дн	514,0 (99,3)	348	2,0
Иттрий	$^{89}\text{Y}(\text{n}, \gamma)^{90\text{m}}\text{Y}$	10^{-3}	100,0	3,18 час	205,5(96,6); 479,5(90,7)	32,0	3,0
Цирконий	$^{96}\text{Zr}(\text{n}, \gamma)^{97}\text{Zr}$	0,053	97,0	17 час	252,2; 355,5	12,2	0,05
Индий	$^{115}\text{In}(\text{n}, \gamma)^{116}\text{In}$	155	95,77	54 мин	1233,5 (84,4)	-	0,22
Сурьма	$^{123}\text{Sb}(\text{n}, \gamma)^{124}\text{Sb}$	4,44	18,7	60,1 дн	602,7(97,6); 1692,0 (47)	4,8	2,0
Иод	$^{127}\text{I}(\text{n}, \gamma)^{128}\text{I}$	6,12	100	24,9 мин	443,0 (17)	-	0,5
Цезий	$^{133}\text{Cs}(\text{n}, \gamma)^{134}\text{Cs}$	2,6	100	2,91 лет	604,7(97,6);795,8(85,4)	4,6	1,0
Барий	$^{130}\text{Ba}(\text{n}, \gamma)^{131}\text{Ba}$	10	0,101	11,8 дн	123,8(29,2);216,1(19,9); 373,2(14,1);495,3 (47,2)	670	1,1
Лантан	$^{139}\text{La}(\text{n}, \gamma)^{140}\text{La}$	8,2	99,9	1,68 дн	328,8(20,7);487,0(45,9); 815,8(23,6); 1596 (95,4)	28,7	0,4
Церий	$^{140}\text{Ce}(\text{n}, \gamma)^{141}\text{Ce}$	0,6		32,5 дн	145,4 (48,5)	23,8	1,1
Европий	$^{151}\text{Eu}(\text{n}, \gamma)^{152}\text{Eu}$	5900	47,77	13,6 лет	121,8(28,8);344,3(26,9);778,9(13,1);1 408,0 (21,0)	1,2	0,1
Самарый	$^{152}\text{Sm}(\text{n}, \gamma)^{153}\text{Sm}$	210	26,9	1,96 дн	103,2 (5,25)	3,6	0,5
Тербий	$^{159}\text{Tb}(\text{n}, \gamma)^{160}\text{Tb}$	100	-	72,1 дн	298,6(26,6); 879,4(30,4);966,2(25,1); 1178,0(15,0)	12,1	0,04
Иттербий	$^{168}\text{Yb}(\text{n}, \gamma)^{169}\text{Yb}$	11000	0,14	32 дн	63,1(43,7);177,0(21,7);198,0(34,9)	0,6	0,42
Лютеций	$^{176}\text{Lu}(\text{n}, \gamma)^{177}\text{Lu}$	2100	2,5	6,71 дн	113,0; 208,4 (11,7)	0,6	0,037
Гафний	$^{180}\text{Hf}(\text{n}, \gamma)^{181}\text{Hf}$	10	35,22	42,4 дн	345,9; 482,1(80,6)	3,7	0,15
Тантал	$^{181}\text{Ta}(\text{n}, \gamma)^{182}\text{Ta}$	21,3	99,98	115 дн	1221,3(35,3); 1221,4 (27,1)	1,8	0,03
Вольфрам	$^{186}\text{W}(\text{n}, \gamma)^{187}\text{W}$	34,0	28,41	23,9 час	479,6(21,1);685(26,4)	9,7	0,15
Золота	$^{197}\text{Au}(\text{n}, \gamma)^{198}\text{Au}$	96	100	2,69 дн	411,8(95,5)	0,4	0,0028
Ртуть	$^{202}\text{Hg}(\text{n}, \gamma)^{203}\text{Hg}$	3,0	29,8	46,6 дн	279,1(81,5)	0,8	0,01
Торий	$^{232}\text{Th}(\text{n}, \gamma)^{233}\text{Th}$	7,5	100	23 мин	311,9(10,8)	7,2	0,13
Уран	$^{238}\text{U}(\text{n}, \gamma)^{239}\text{U}$	3,0	99,3	2,35 дн	106,1(22,9);228,2(10,8);277,6(14,2)	1,7	0,4

Данные затруднения не наблюдаются при использовании Ge детектора с энергетическим разрешением 1,8 кэВ по γ -линии ^{60}Co .

В любом случае определение Mg и Mn методом активационного анализа, благодаря их хорошим ядерно-активационным характеристикам экономически выгоднее, чем при использовании других аналитических методик. В принципе, при определении только одного марганца производительность анализа за рабочую смену можно довести до 50-70 проб.

Иттрий впервые удалось идентифицировать в спектре γ -лучей природных вод Приаралья в режиме определения элементов по короткоживущим радионуклидам в составе вод Амударьи, дренажно-коллекторных вод и озерных вод. Радионуклид $^{90\text{m}}\text{Y}$ образуется по реакции (n, γ) из ^{89}Y . Радионуклид $^{90\text{m}}\text{Y}$ ($T_{1/2}=3,18$ час, $E_{\gamma}=205,5$ и $479,5$ кэВ, $\theta=91\%$, $\sigma_a=10^{-3}$ барн). В спектре γ -лучей четко определяются оба фотопика и по ним можно вести определения иттрия. Иттрий определяли также в составе почв.

В целом нейтронно-активационный анализ природных вод по короткоживущим радионуклидам является перспективным методом в смысле проведения массовых анализов с высокой производительностью. В зависимости от целей и задач возможно создание узкоспециализированных установок и методов для проведения массовых дешевых анализов и методы могут быть реализованы на базе радионуклидных источников нейтронов (^{252}Cf , $^{124}\text{Sb}+^7\text{Be}$, $\text{Po}+^7\text{Be}$ и т.д.).

Следует подчеркнуть, что при определении короткоживущих радионуклидов из той же пробы ($t_{\text{охл}}=15$ сек) после "охлаждения", в течение 5-7 часов можно определить содержание цинка по короткоживущему радионуклиду $^{69\text{m}}\text{Zn}$ с энергией 438,8 кэВ, иттрия по радионуклиду $^{90\text{m}}\text{Y}$ с энергией 479,5 кэВ, меди по ^{64}Cu (511 кэВ), натрия по ^{24}Na (1368,1 кэВ), и марганца по ^{56}Mn (845,8 и 1810 кэВ), никеля по ^{65}Ni (1115,8 кэВ) и т.д. Данный режим позволил в инструментальном варианте активационного анализа впервые обнаруживать Zr, Y, Ni в почвах, водах и

донных отложениях, тем самым позволив увеличить число определяемых элементов. Данные по Zr и Y не рассчитывали, поскольку их биологическая роль не изучена.

Анализ проб по средне и долгоживущим радионуклидам. Оптимальные условия проведения анализа по средне- и долгоживущим радионуклидам, установленные экспериментально на основе изучения временных факторов и рассмотрения коэффициента селективности составили: $t_{обл}=5-15$ часов (в случае анализа природных вод), $t_{охл}=10-12$ дней (для средне живущих радионуклидов) и $t_{охл}=30-60$ дней (в случае долгоживущих радионуклидов) (рис. 1.6 и табл. 1.4). Масса анализируемой пробы для воды 50-100 мл (сухой остаток), почвы 50-100 мг, донные отложения 50-100 мг, атмосферной пыли -50-100 мг. В случае сильноминерализованных вод (до 30 г/л) пробы облучали в кадмиевых стаканчиках (по 2-3 пробы) для уменьшения наведенной активности ^{24}Na , ^{42}K и ^{82}Br , которые являются доминирующими в γ -спектре облученных проб. Для этого были измерены кадмиевые отношения Na, K, Br, которые дали следующие результаты: ^{24}Na -48,2; ^{42}K -37,8 и ^{82}Br -2,2. Это позволило для отдельных элементов, которые имеют резонансные уровни активации, улучшить отношение сигнал/фон в среднем в 1,5-2 раза.

К среднеживущим радионуклидам отнесены те радионуклиды, периоды полураспада которых измеряются величинами от 12 часов до нескольких дней. К ним относятся ^{42}K , ^{64}Cu , ^{24}Na , $^{69\text{m}}\text{Zn}$, ^{76}As , ^{82}Br , ^{97}Zr , ^{99}Mo , ^{122}Sb , ^{140}La , ^{239}Np и т.д. При выбранных оптимальных условиях коэффициент селективности для отдельных элементов выше 3 и достигает до 20, что обеспечивало хорошую надежность определения.

Определения натрия и калия выгодно проводить в этом режиме, поскольку для обоих элементов достигается высокое значение пределов обнаружения, в 10-15 раз лучше, чем в режиме короткоживущих. В последние годы использование Ge детекторов с энергетическим разрешением 1,8 кэВ значительно улучшило не только предел обнаружения, но и погрешность определения в 2,5 раза.

Медь и цинк. Содержание этих элементов в почвах, природных водах, донных отложениях достаточно высокое, в связи с этим их определение по радионуклидам ^{64}Cu и $^{69\text{m}}\text{Zn}$ представляются возможным с удовлетворительными параметрами. В активационном анализе определение меди по радионуклиду ^{64}Cu является сложным, поскольку в этой энергетической области радионуклидов, которые распадаются с энергией 511 кэВ очень много. Однако, большинство радионуклидов, распадающихся с энергией 511 кэВ либо короткоживущие, либо долгоживущие. Интерференция γ -лучей в этом режиме наблюдается только со стороны ^{24}Na . Вклад ^{24}Na мы учитывали, используя нормализованные спектры γ -лучей эталона ^{24}Na . Что касается определения цинка по $^{69\text{m}}\text{Zn}$, то это не представляет сложности, поскольку в фотопике 438,7 кэВ наложение спектров γ -лучей других радионуклидов мы не обнаруживали. По $^{69\text{m}}\text{Zn}$ предел обнаружения в 1,5 раза хуже, чем по радионуклиду ^{65}Zn (см табл. 1.4).

Определение железа и кобальта проводили по радионуклидам ^{59}Fe и ^{60}Co , периоды полураспада которых равны 46,5 дн и 5,26 лет, соответственно. Оба радионуклида имеют хорошие для нейтронно-активационного анализа ядерно-активационные параметры. Параметры их определения как при использовании детектора с энергетическим разрешением 4,5 кэВ, так и при использовании детектора с разрешением 1,8 кэВ хорошие, γ -линии других радионуклидов практически не мешают их

идентификации. При $t_{обл}=15$ часов и $t_{охл}=60$ дней получили удовлетворительные результаты по основным параметрам анализа (табл. 1.3).

Определения селена. Содержание селена в земной коре составляет 0,05 мг/кг, в природных водах 0,00045 мг/л, растениях 0,84 мг/кг, почвах 0,20 мг/кг, а в других природных объектах может доходить до 2,5 мг/кг, поэтому определение селена, который является необходимым элементом для организмов, особенно в условиях экологического кризиса Приаралья, представляется важной задачей аналитической химии. Здесь требуется разработка методик анализа с пределом обнаружения не хуже 0,001 мг/кг и погрешностью на уровне 10-15%.

Для определения селена оптимальными можно считать условия: $t_{обл}=20$ часов, $t_{охл}=60$ дней, масса навески 150-200мг. В спектре γ -лучей облученных проб в режиме определения долгоживущих радионуклидов достаточно надежно селен определяется в почвах и донных отложениях региона. В составе природных вод определяется только в дренажно-коллекторных водах и некоторых озерных водах дельты Амударьи.

Определение рубидия, стронция, цезия и бария. Эти геохимически родственные элементы определяются по долгоживущим радионуклидам ^{86}Rb , ^{85}Sr , ^{134}Cs и ^{131}Ba . Ядерно-активационные характеристики приводятся в таблице 1.4. В качестве аналитических фотопиков мы остановились на γ -линиях 1076,6 кэВ (8,76%) ^{86}Rb ; 514,0 кэВ (99,3%) ^{85}Sr ; 795,8 кэВ (854%) ^{134}Cs , 496,3 кэВ (47,2%) ^{131}Ba . Определения Rb, Sr, Ba проводится без помех со стороны других присутствующих радионуклидов, а определение Cs проводится на сильном фоне ^{46}Sc , энергия γ -квантов которого составляет 889,0 кэВ (100%). Высокора разрешающая γ -спектрометрия, особенно на спектрометре с Ge детектором (энергетическое разрешение 1,8 кэВ) позволило получить четкие разрешенные фотопики с высоким значением коэффициента селективности.

Определение сурьмы. Содержание сурьмы в природных объектах очень мало. Так, например её кларк в земной коре, почве и природных водах соответственно, составляют 0,5 мг/кг, 2-10 мг/кг, 0,00033-0,001 мг/л. Поэтому для определения сурьмы мы остановились на использовании долгоживущего радионуклида ^{124}Sb . Данный радионуклид удобен тем, что аналитический фотопик 1691,0 кэВ идентифицируется хорошо и определяется без помех со стороны других радионуклидов. Увеличение времени активации позволяет улучшить предел обнаружения более чем на порядок, а воспроизводимость результатов улучается в 3,0 раза.

Определение Sc и редкоземельных элементов мы проводили по радионуклидам ^{46}Sc , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{153}Sm , ^{152}Eu , ^{160}Tb , ^{169}Yb , ^{177}Lu в режиме для средне- и долгоживущих радионуклидов. Такие элементы как ^{140}La ($T_{1/2}=40,27$ дн, $E_{\gamma}=328,8$ кэВ; 487,0 кэВ; 815,8 кэВ; 1596,5 кэВ), ^{143}Ce ($T_{1/2}=1,38$ дн, $E_{\gamma}=293,3$ кэВ), ^{153}Sm ($T_{1/2}=1,93$ дн, $E_{\gamma}=103,2$ кэВ) определяются после "охлаждения" проб в течение 11-13дн при $t_{обл}=15$ час (масса 50-150мг). В этой энергетической области интерферирующие вклады других радионуклидов не обнаружены, за исключением ^{153}Sm , для которого часто мы имеем наложения фотопика 106,1 кэВ ^{239}Np в случае использования детектора с энергетическим разрешением 4,5 кэВ. При этом вклад каждого радионуклида учитывали с использованием нормализованных спектров эталонных образцов радионуклида ^{239}Np .

Определение гафния, тантала и вольфрама обычно проводят по радионуклидам ^{181}Hf ($T_{1/2}=42,4$ дн, $E_{\gamma}=133,0$ кэВ, 345,9 кэВ, 482,2 кэВ), ^{182}Ta ($T_{1/2}=115$ дн, $E_{\gamma}=67,8$ кэВ, 100,1 кэВ, 1121,3 кэВ, 1189,0 кэВ) и ^{187}W ($T_{1/2}=24$ час, $E_{\gamma}=72,0$ кэВ, 479,6 кэВ, 685,7 кэВ).

Вольфрам определяется в режиме среднеживущих радионуклидов, а Hf и Ta в режиме долгоживущих. Вольфрам обнаруживается в составе почв дельты Амударьи и донных отложениях, особенно в глинах, отбрасываемых с высохшей акватории Аральского моря.

Определение золота, ртути, тория и урана проводили по радионуклидам ^{198}Au , ($T_{1/2}=2,69$ дн, $E_{\gamma}=411,8$ кэВ), ^{233}Pa ($T_{1/2}=27$ дн, $E_{\gamma}=311,9$ кэВ, $340,5$ кэВ) и ^{239}Np ($T_{1/2}=2,36$ дн, $E_{\gamma}=106,1$ кэВ, $228,2$ кэВ, $277,6$ кэВ), ^{203}Hg ($279,1$).

Золото и уран определяются достаточно надежно в режиме среднеживущих радионуклидов. Определение урана по фотопику $277,6$ кэВ вызывает трудности, поскольку здесь мы имеем наложение фотопиков ^{203}Hg , а иногда и фотопика $279,5$ кэВ ^{75}Se . В подобных случаях вклады каждого составляющего радионуклида учитывали на основе нормализованных спектров эталонных образцов.

Определения цинка по радионуклидам ^{65}Zn является сложной задачей при использовании детектора с энергетическим разрешением $4,5$ кэВ по γ -линии ^{60}Co . В этом случае наблюдается наложение спектров γ -лучей ^{46}Sc , ^{182}Ta , ^{152}Eu . Определение можно проводить расчленив данный суммарный фотопик на отдельные составляющие, или можно использовать нормализованные спектры γ -лучей эталонных образцов по программе составленной Тиллаевым Т. Расчет содержания цинка лучше проводить после двухмесячного "охлаждения". Задача расчленения суммарного фотопика автоматически решается при использовании детектора с энергетическим разрешением $1,8$ кэВ. Последние годы мы проводили определение химических элементов с помощью γ -спектрометрических установок, которые находятся в

измерительном центре ИЯФ АН РУз. Следует подчеркнуть, что благодаря современной γ -спектрометрической аппаратуре и измерительной технике из схемы анализа исключено облучение третьей навески для определения долгоживущих радионуклидов, чем достигнуто некоторое упрощение методики активационного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе экспериментальных и методических исследований (выбор оптимальных условий проведения анализа и селективности для каждого элемента и объекта исследований и т.д.) и метрологических (воспроизводимость, правильность, и т.д.) вопросов созданы упрощенные схемы многоэлементного инструментального нейтронно-активационного анализа и с их помощью проведены анализы объектов природной среды на содержание около 35 химических элементов

На основе изучения состава сильно и умереннозасоленных почв и закономерностей распределения широкого спектра химических элементов по почвенному горизонту установлено, что засоление почв происходит не только за счёт природных вод, но и за счёт материнских пород, которые растворяются подпочвенными водами.

Таким образом, на основе исследования степени минерализации, элементного состава речных, дренажно-коллекторных, канальных, подпочвенных и водопроводных вод, а также атмосферной пыли и осадков проведён мониторинг фоновых уровней химических элементов речной воды. Установлены их сезонные изменения и годовая динамика изменения степени минерализации реки Амударья и показано, что основными загрязнителями природных вод региона являются Na, Cl, Ca, Cr, Co, Fe, Cu, Zn, Se, Br, Cd, Ba, La, Ce, Au.

Литература

1. Атаназаров К.М. Ухудшение качества питьевых вод республики Каракалпакстана как фактор формирования "экологических болезней". // Вестник ККО АН РУз, 1999. № 4-5. – С.3-4.
2. Атанязова О.А., Константинова Л.Г. Аральский кризис и медико-социальные проблемы Каракалпакстана. – Нукус: «Билим», 2001. – С. 116.
3. Жоллыбеков Б., Жумамуратов А., Ибрагимов Б. Тяжёлые металлы в окружающей среде Южного Приаралья. // Вестник ККО АН РУз, 1997. №4. – С.32-35.
4. Хатамов Ш., Жумамуратов А., Тиллаев Т. Агрогеохимия основных типов почв зон Узбекистана. Препринт ИЯФ АН РУз. 1997. -С. 3–637.

РЕЗЮМЕ

Турли вақт режимларида нейтронларнинг интеграл оқими билан намуналарни нурлантирилган γ -нурлар спектрини экспериментал ۇрганиш асоида намуналар ва элементларнинг ҳар бири учун селективлик коэффициенти ҳисоблаб чиқилган. Табиий сувлар, тупроқлар, аэрозоль чанглари ва ёғингарчилик сувларининг таркибидаги 30 дан ортиқ кимёвий элементларнинг ўртача миқдори бўйича янги маълумотлар олинди.

РЕЗЮМЕ

На основе экспериментального исследования спектра γ -лучей, облученных проб интегральным потоком нейтронов при различных временных режимах, рассчитан коэффициент селективности для каждого типа проб и элементов. Получены новые данные о среднем содержании более 30 химических элементов в составе природных вод, почв, аэрозольной пыли и атмосферных осадков.

SUMMARY

On the bases of experimental investigation of γ -irradiation spectra of probes activated with integral neutrons' flow at different time factors the selectivity coefficient is calculated for every probe and elements. New data are obtained on mean content of more than 30 chemical elements in the content of natural water, soil, bottom sediment, aerosol dust and atmospheric precipitation.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ РЕКИ АМУДАРЬ

М.А.Жумамуратов – кандидат технических наук, доцент

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажиязия

Таянч сўзлар: Амударё дарёси, сув, нейтрон-фаоллашуви таҳлили, кимёвий таркиб, қиш, куз, баҳор, ёз, микроэлементлар, дарё сувлари, коллектор сувлари.

Ключевые слова: река Амударья, вода, нейтронно-активационный анализ, химический состав, зима, осень, весна, лето, микроэлементы, речные воды, коллекторные воды.

Key words: Amu Darya river, water, neutron activation analysis, chemical composition, winter, autumn, spring, summer, micro elements, river waters, collector waters.

Общеизвестно, что формирование элементного состава природных вод определяется составом атмосферных осадков, аэрозольных частиц, взаимодействием вод с почвами, породами, живым веществом, а также сильно зависит от метеорологических условий и подвержено сезонным колебаниям. Поэтому, говоря о среднем элементном составе вод, где идут процессы деградации

экосистемы в целом, мы должны принимать во внимание то обстоятельство, что полученные данные относятся к тому моменту, когда были отобраны пробы. Вследствие того, что природные воды являются самыми динамичными, эрозийные, накопительные и антропогенные процессы, которые происходят в ландшафте, где образуется речной сток, значительно меняют эле-