

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВ БЕРИЛЛИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЛИТИЯ

Г.Я. Новикова, В.В. Петухов

Институт ядерных исследований РАН, г. Москва



Измерение потока солнечных нейтрино с помощью радиохимического детектора на основе лития является одним из наиболее важных и перспективных с точки зрения физики экспериментов. Обусловленность выбора металлического лития в качестве мишени для нейтрино, а также основные технологические проблемы этого детектора рассмотрены в работе [1]. В статье исследуются химические проблемы, связанные с извлечением бериллия из лития после фильтрования последнего.

ПОВЕДЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ЛИТИИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ

Как известно, низкотемпературная фильтрация является распространенным методом очистки жидких щелочных металлов от азота, кислорода и некоторых металлов. Таким образом, ловушка, помимо извлеченного бериллия и части оставшегося на фильтре лития, будет содержать соединения азота, кислорода и ряда других элементов. Так, например, при концентрации нитрида лития в литии на уровне 0.001 в результате перекачивания жидкого металла (50 кг) из одной секции в другую при температуре 200°C, на фильтре-ловушке будет собрано около 30 г нитрида лития. Совместно с нитридом лития на фильтре концентрируется и бериллий, что было показано в работах [2,3]. Но при извлечении микроколичеств бериллия порядка 1-50 мкг из 10 т лития важно влияние примесных элементов. Предварительно было исследовано [4] - как ведут себя эти элементы при фильтрации. Исследование проводилось на установке объемом 1 л, изготовленной из нержавеющей стали, внутренняя поверхность была защищена молибденовой фольгой. В качестве фильтра использовалась мелкая танталовая стружка. Анализ примесных элементов в литии проводился с помощью атомно-эмиссионного спектрометра BAIRD-PS-4 (Нидерланды). Условия анализа и характеристики прибора представлены в работе [5]. Анализировались водные растворы лития. Концентрация по литию не превышала 1.5 г/л, т.к. в противном случае присутствие лития мешает определению других элементов. Результаты трех последовательно проведенных фильтраций представлены в табл.1.

Видно, что для большинства исследованных металлов (кроме Ва) фильтрация не приводит к заметному снижению их концентрации в литии, поэтому количество примесных элементов, сопутствующих извлеченному при фильтрации бериллию, будет определяться количеством лития, задержанным на ловушке в результате смачивания.

Таблица 1

Содержание примесных элементов в литии до и после фильтрации

Элемент	До фильтрации	После 1 фильтрации	После 2 фильтрации	После 3 фильтрации
Ni	5.1	<1	2.5	1.2
Cu	1.1	1.2	0.95	1.1
Mn	0.1	0.08	<0.1	0.07
Ba	230	160	37	25
Fe	1.4	4.8	4.2	1.5
Mg	2.4	1.5	2.3	1.3
Al	<2	<1	3.7	0.41
Zn	1.7	3.6	1.8	2.3
Cr	1.4	1.48	0.35	0.07

ПРОЦЕДУРА РАСТВОРЕНИЯ ЛИТИЯ С ФИЛЬТРА

Второй этап извлечения заключается в растворении содержимого холодной ловушки и приготовлении раствора для проведения дальнейшей жидкостной экстракции. Растворение осуществляется в тщательно контролируемых условиях на отдельном, специально оборудованном стенде. Перед началом растворения воздух из ловушки откачивается и заполняется аргоном. Затем в ловушку подается этиловый спирт, охлажденный до температуры порядка 0°C. Это позволяет проводить начальную стадию реакции с достаточно низкой скоростью; по мере растворения к спиртовому раствору прибавляется дистиллированная вода и соляная кислота для нейтрализации образующегося гидроксида лития, поскольку растворимость хлорида лития в воде (78,5 г) и в спирте (3,8 г) намного выше соответствующей растворимости гидроксида лития (12,8 г в воде и 0,2 г в спирте) [6]. Исходя из ожидаемого количества лития в одной ловушке (около 100 г), растворимости хлорида лития и плотности насыщенного раствора, объем раствора с одной ловушки будет порядка 0,5 л.

ЭКСТРАКЦИЯ БЕРИЛЛИЯ ИЗ ЛИТИЕВЫХ РАСТВОРОВ

Для экстракции бериллия из хлоридно-литиевых растворов был выбран раствор ацетилацетона (НАА) в хлороформе. Предварительные исследования показали, что коэффициент распределения ацетилацетона между органической и водной фазой зависит от pH раствора и концентрации лития. На рис.1 представлена зависимость коэффициента распределения ацетилацетона для чистой воды и раствора хлорида лития с концентрацией 10,5 моль/л, откуда видно, что в случае литиевого раствора коэффициент распределения ацетилацетона выше, чем в случае чистой воды, а спад кривой распределения начинается при меньших pH. Очевидно, что падение коэффициента распределения связано с появлением заряженных частиц, которые не переходят в неполярный органический растворитель. В случае воды заряженные ионы появляются вследствие диссоциации ацетилацетона, которая усиливается с ростом pH, а в случае литиевых растворов образуются заряженные комплексы лития с анионами ацетилацетона, появление которых объясняется малым радиусом и большим кулоновским притяжением иона лития. Определение коэффициента распределения лития, который оказался равным 10^{-4} , подтверждает эту точку зрения. (Анализ лития проводился на пламенно-эмиссионном спектрофотометре; распределение ацетилацетона исследовалось с помощью УФ-спектрофотометра). Таким образом, литий не будет переходить в

хлороформ при экстракции ацетилацетоном. Бериллий образует более устойчивое соединение с ацетил-ацетоном по сравнению с литием и легко будет замещать последний в ацетилацетонатном комплексе (константы нестойкости ацетилацетоната бериллия и ацетилацетоната лития равны, соответственно, $2,35 \times 10^{-15}$ и 6×10^{-4} [7]). Для определения оптимальных условий экстрагирования бериллия была определена эффективность экстракции в зависимости от pH водного раствора (рис.2).

Все исследования проводились с использованием бериллия, меченого изотопом ^7Be . Эффективность экстракции подсчитывалась по формуле:

$$E = \frac{(d \Delta V_{\text{орг.}} / V_{\text{вод.}})}{(d \Delta V_{\text{орг.}} / V_{\text{вод.}} + 1),$$

где d - коэффициент распределения бериллия, $d = J_{\text{орг.}} / J_{\text{вод.}}$, где $J_{\text{орг.}}$, $J_{\text{вод.}}$ - удельная активность органической и водной фаз, $V_{\text{орг.}}$, $V_{\text{вод.}}$ - объем органической и водной фаз.

Из рис.2 видно, что эффективность экстракции бериллия из литиевых растворов близка к 100% при pH=4,5-11 (pH измерены после установления равновесия, мольное отношение бериллия к ацетилацетону равно 1:100).

Одновременно с изучением зависимости экстракции от pH водного раствора исследовалась адсорбция бериллия на стекле и фторопласте. Результаты этих исследований представлены в табл.2. Видно, что адсорбция бериллия на фторопласте существенно меньше, чем на стекле и почти не зависит от pH. Следовательно, все работы с растворами, содержащими бериллий, должны вестись во фторопластовой посуде.

Известно, что ацетилацетон является хорошим экстрагентом не только для бериллия, но и для ряда других металлов. Чтобы предотвратить ацетилацетонатную экстракцию сопутствующих бериллию элементов, необходимо вводить в раствор дополнительные комплексообразователи, связывающие эти элементы. Для этой цели наилучшим образом подходит этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и ее соли - динатриевая (трилон-Б) и диаммониевая, поскольку комплексы многих металлов с ЭДТА (кроме бериллия) более устойчивы, чем с ацетилацетоном [8,9]. Нами исследовалась экстракция примесных элементов, содержащихся в литии, в присутствии трилона-Б и без него и показано, что при наличии трилона-Б только алюминий экстрагируется в органическую

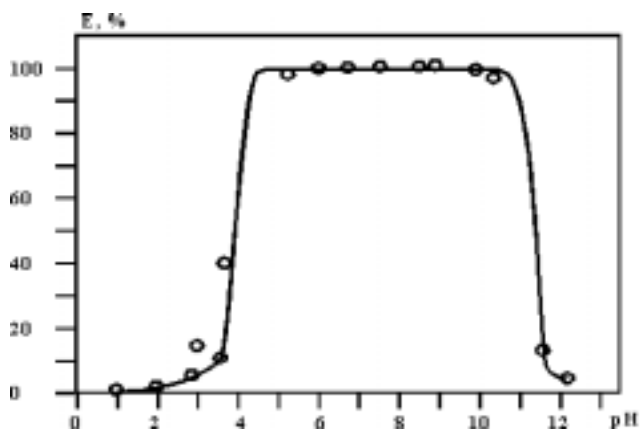
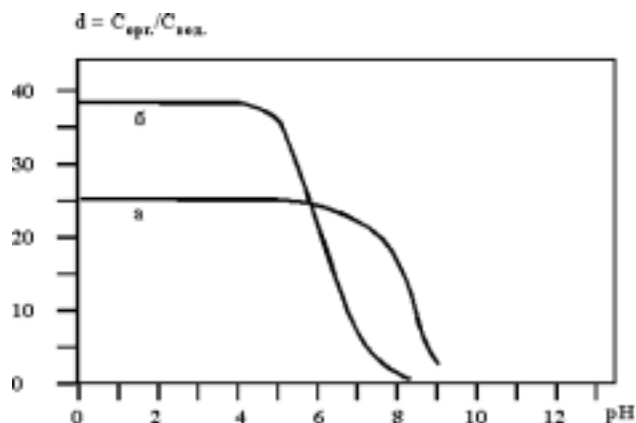


Таблица 2

Значения адсорбции на стекле и фторопласте в зависимости от pH раствора

N	pH	стекло, %	фторопласт-4, %
1	2.2	1.3	0.1
2	3.5	1.0	0.1
3	4.4	0.5	0.07
4	6.2	4.0	0.1
5	8.4	7.2	1.25
6	9.8	10.0	
7	11.8	24.0	0.7
8	12.4	22.8	0.2
9	12.9	4.7	0.2

фазу в заметных количествах (табл.3).

Для лучшей очистки, а также уменьшения объема органической фазы после экстракции следует проводить реэкстракцию, а потом опять повторять экстракцию. Реэкстракцию следует осуществлять концентрированной соляной кислотой при соотношении органической и водной фаз равным 1:5. Потерь бериллия при этом не наблюдается.

Дальнейшие стадии извлечения и очистки бериллия зависят от того, какой способ регистрации единичных атомов ^7Be будет использован. Рассматривались два способа регистрации ^7Be :

- с помощью пропорционального счетчика [10];
- с помощью низкотемпературного калориметра [11].

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕТУЧЕСТИ СОЕДИНЕНИЙ БЕРИЛЛИЯ

При детектировании ^7Be в пропорциональном счетчике требуется перевести бериллий в наиболее летучее соединение и вести счет распадов при той температуре, при которой это соединение будет находиться в парообразном состоянии. Количество носителя - стабильного изотопа бериллия определяется в этом случае объемом счетчика и давлением насыщенного пара выбранного соединения. Как известно, наиболее лету-

Таблица 3

Экстракция примесных элементов ацетилацетоном в присутствии трилона-Б и без него (мг)

Элемент	До экстракции	Реэкстракт с трилоном-Б	Реэкстракт без трилона-Б	После экстракции с трилоном-Б	После экстракции без трилона-Б
Be		0.00185	0.00163		
Cu	0.025		0.006	0.017	
Mn	0.027		0.0004	0.024	0.024
Ba	59.95	0.012	0.97	56.56	57.80
Fe	1.63	0.0055	1.32	1.61	0.42
Mg	0.21	0.001	0.006	0.22	0.20
Mo	6.62	0.034	0.153	7.11	7.53
Al	0.90	0.15	0.60	0.67	0.12
Zn	0.167	0.006	0.007	0.23	0.27
Cr	0.1	0.004	0.008	0.082	0.060

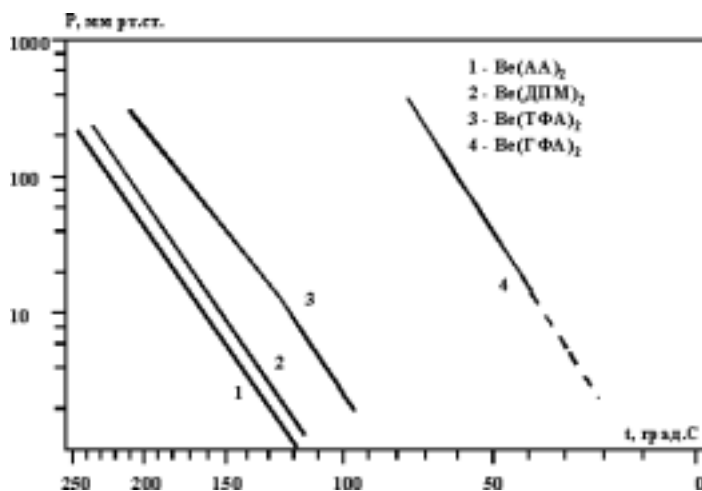


Рис.3. Зависимость давления насыщенных паров β -дикетонатов бериллия от температуры: 1 - $\text{Be}(\text{AA})_2$; 2 - $\text{Be}(\text{ДПМ})_2$; 3 - $\text{Be}(\text{ТФА})_2$; 4 - $\text{Be}(\text{ГФА})_2$

компенсационным методом с помощью кварцевого манометра Бурдона ложечного типа на установке, описанной в работе [15] и прокалиброванной по давлению насыщенных паров бензойной кислоты. На рис.3 представлена зависимость давления насыщенных паров этих соединений от температуры.

Из рисунка видно, что самым летучим из этих соединений является $\text{Be}(\text{ГФА})_2$. Однако получение этого комплекса связано с большими трудностями, чем остальных β -дикетонатов, т.к. вследствие своей сильной гидролизуемости $\text{Be}(\text{ГФА})_2$ не может быть получен простой экстракцией из водных растворов. Оптимальным с точки зрения летучести и легкости получения является $\text{Be}(\text{ТФА})_2$, поэтому при экстракции бериллия из водных растворов, первые экстракции надо вести с ацетилацетоном, как более дешевым реагентом, а последнюю проводить с помощью хлороформного раствора трифторацетилацетона.

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА БЕРИЛЛИЯ

Заключительная стадия очистки и количественный анализ бериллия осуществляются с использованием газо-адсорбционного хроматографа. Перед хроматографированием органический растворитель и избыток β -дикетона откачивается под вакуумом при температуре не выше 50°C , а затем β -дикетонат бериллия при $110\text{--}130^\circ\text{C}$ возгоняется на специальную ловушку с коаксиальными кранами, которая потом используется для ввода его в хроматограф. На стадии возгонки происходит дополнительная очистка от менее летучих примесей, таких как β -дикетонаты железа, титана и других металлов, которые не возгоняются при этой температуре. Поскольку газо-адсорбционный хроматограф предназначен для ввода жидких или газообразных продуктов, был сконструирован специальный узел ввода для твердых образцов. Ловушка с возогнанным на нее β -дикетонатом бериллия подсоединялась к камере испарителя и нагревалась до температуры последней, а газовый поток подводился к ней от места ввода газовых образцов. Для хроматографической очистки применялись колонки длиной 2 м и внутренним диаметром 2 мм, заполненные хромосорбом W-LAS с 5% апиезона-N. Условия хроматографирования следующие: температура испарителя и детектора (катарометр) - 200°C , скорость газа-носителя (ге-лий) - 50 мл/мин, температура колонок задавалась по программе: $T_1=50^\circ\text{C}$ (5 мин), $R=39,9$ град/мин, $T_2=130^\circ\text{C}$ (0 мин), $R=39,9$ град/мин, $T_3=175^\circ\text{C}$ (3 мин) - для $\text{Be}(\text{AA})_2$ или $T_3=135^\circ\text{C}$ для $\text{Be}(\text{ТФА})_2$. Программирование тем-

чими из стабильных соединений бериллия являются β -дикетонаты [12]. Нами была исследована термодинамика процессов парообразования следующих β -дикетонатов бериллия: ацетилацетоната $\text{Be}(\text{AA})_2$, дипивалоилметаната $\text{Be}(\text{ДПМ})_2$, трифторацетилацетоната $\text{Be}(\text{ТФА})_2$ и гексафторацетилацетоната $\text{Be}(\text{ГФА})_2$. Результаты представлены в работах [13,14]. Давление пара измеряли

пературы позволяет наилучшим образом избавиться от следов β -дикетона и воды, которые могут присутствовать в возогнанном образце. Сбор пропущенного через хроматограф β -дикетоната бериллия осуществляется на такую же ловушку, подсоединенную к препаративной приставке хроматографа. Для записи и обработки хроматограмм используется SP-410 Computing integrator фирмы Spectra-Physics. Проведенные исследования показали, что потерь бериллия при хроматографировании и детектировании не наблюдается, т.е. не происходит необратимой сорбции на колонке и разрушения β -дикетоната на нитях катарометра. Эффективность сбора на ловушку после хроматографирования составляет 97%. Эффективность определялась путем повторного присоединения ловушки с собранным на нее после хроматографирования β -дикетонатом бериллия к испарителю и сравнения полученной хроматограммы с предыдущей. Хроматографический анализ дублировался анализом на атомно-эмиссионном спектрометре BAIRD-PS-4, в этом случае бериллий с ловушки предварительно смывался концентрированной соляной кислотой. Результаты двух видов анализа оказались идентичными. Таким образом, применение хроматографа на последней стадии извлечения и очистки бериллия позволяет одновременно проводить и его анализ непосредственно перед возгонкой β -дикетоната в пропорциональный счетчик. Возможности регистрации ^7Be с помощью пропорционального счетчика оценивались в работе [10].

ОЧИСТКА И КОНЦЕНТРАЦИЯ БЕРИЛЛИЯ ДЛЯ КРИОГЕННОГО ДЕТЕКТОРА

В настоящее время разрабатывается методика детектирования распадов ^7Be с помощью микрокалориметра, работающего при сверхнизких температурах [11]. В этом случае к соединениям бериллия предъявляются совершенно другие требования. Они должны иметь низкую теплоемкость и малую молярную массу. Таким требованиям удовлетворяют оксид и карбид бериллия. Синтез последнего связан с большими трудностями по сравнению с оксидом.

Очистка с использованием газовой хроматографии

Для получения оксида бериллия можно воспользоваться вышеописанной методикой, добавив к ней несколько новых стадий:

- собранный после хроматографа β -дикетонат бериллия смыть с ловушки этиловым спиртом;
- спирт выпарить при комнатной температуре;
- добавить небольшое количество 6М раствора соляной кислоты и высушить при температуре 250°C для удаления остатков органики;
- добавить меньшее количество 6М HCL и высушить при температуре 180°C;
- к остатку добавить минимально возможное количество 0,2М азотной кислоты;
- перенести полученный раствор на абсорбер и нагреть до температуры разложения нитрата бериллия;

Очистка бериллия с использованием жидкостной ионообменной хроматографии

Поскольку при использовании этого способа регистрации ^7Be нет необходимости в выделении и очистке β -дикетоната бериллия, вместо газо-адсорбционной хроматографии можно использовать жидкостную ионообменную хроматографию.

Благодаря очень малому ионному радиусу и большому размеру гидратированного иона, бериллий сравнительно слабо сорбируется катионитами из слабокислых растворов и весьма легко вымывается растворами более концентрированных кислот [16].

Исследовалась методика выделения микроколичеств Be из водных растворов, содержащих литий, с использованием катионита AG-50Wx8 фирмы Bio-Rad на последней стадии извлечения. Исследования проводились с помощью изотопа ^7Be , который был по-

лучен путем облучения LiF протонами. Облученный кристаллик LiF массой 104 мг был растворен при нагревании в концентрированной HNO_3 и затем азотная кислота была выпарена досуха. К сухому остатку добавлено 5 мл деионизованной воды и 300 мкл азотно-кислого раствора бериллиевой бронзы с концентрацией по бериллию 30 мкг/мл для внесения носителя - стабильного изотопа Be в количестве 9 мкг. Активность полученного раствора составляла 3338,6 расп./сек. Вначале проводилась экстракция бериллия 0,1 М раствором ацетилацетона в хлороформе с предварительным введением аммиачного раствора ЭДТА для связывания иона меди, присутствующего в бронзе (0,32 мг ЭДТА растворялось в 0,5 мл конц. раствора аммиака), pH раствора доводилось до 8 с помощью раствора аммиака. Экстракцию повторяли 5 раз с продолжительностью каждой экстракции 3 мин. при соотношении объемов 1 : 1. Активность органической фазы после 1-ой, 2-ой, 3-ей, 4-ой и 5-ой экстракции равна, соответственно, 2365,0; 593,7; 223,3; 25,3; 12,5 расп./сек. Общая эффективность экстракции составила 96,45% (цвет водной фазы остался голубым, что говорит о том, что медь не экстрагировалась в органический растворитель). Далее объединяем все органические фазы в одну и проводим реэкстракцию бериллия в водную фазу концентрированным раствором соляной кислоты при соотношении органической и водной фаз 5:1. Реэкстракцию повторяем 2 раза. Активность водной фазы после 1-ой и 2-ой реэкстракции равна, соответственно, 1970,6 и 1025,6 расп./сек. Общая эффективность реэкстракции после двух реэкстракций составила 93%. Затем реэкстракт выпариваем в тefлоновом стакане досуха с добавлением в конце 1 мл концентрированной HNO_3 и смываем сухой остаток дважды 5 мл 0,2 М HNO_3 . Активность раствора после 1-го и 2-го смывания равна, соответственно, 2677,0 и 132,5 расп./сек. Далее пропускаем этот водный раствор ($V=10$ мл, 0,2 М HNO_3) через тefлоновую колонку (диаметром 0,7 см и длиной 4 см), наполненную катионитом марки AG-50Wx8 (200-400 mesh) фирмы Bio-Rad (в водородной форме). Активность раствора после пропускания через катионит была на уровне фона, следовательно, весь ^7Be остался на катионите.

Десорбцию бериллия с катионита осуществляли более концентрированными растворами азотной кислоты. При этом оказалось, что только при использовании концентрированной HNO_3 происходит заметная десорбция ^7Be . Так, после последовательного пропускания 3-х порций концентрированной HNO_3 (по 5 мл каждая) через катионит активность этих порций составила, соответственно, 1507,6; 808,8; 203,3 расп./сек., но при использовании концентрированной азотной кислоты одновременно с бериллием будут смываться и ионы более тяжелых металлов, сорбционная способность которых выше, чем у бериллия; т.е. в этом случае бериллий будет очищаться только от щелочных металлов, которые первоначально не сорбировались на катионите из слабокислых растворов. Очевидно, требуется подобрать более селективный сорбент для бериллия (возможно более макропористый, чем AG-50Wx8), который позволял бы смывать бериллий малыми порциями разбавленных кислот, не затрагивая остальных катионов. Следует подчеркнуть, что при использовании низкотемпературного калориметра в качестве детектора ^7Be , очень жесткие требования предъявляются к чистоте реактивов на последних стадиях извлечения, при испарении этих реактивов не должно оставаться абсолютно никаких примесей (вода должна быть деионизована, а азотная кислота дополнительно перегнана под вакуумом в тefлоновой посуде).

Результаты проведенных исследований, связанных с методом регистрации ^7Be с помощью низкотемпературного калориметра, носят предварительный характер. Дальнейшие исследования по отработке окончательной технологической цепочки с использованием криогенного детектора ^7Be являются плановой текущей работой.

В заключение авторы выражают благодарность А.В.Копылову и Е.А.Яновичу за плодотворные обсуждения и редакцию статьи.

Список литературы

1. Арнольдов М.Н. и др. Литий в проблеме солнечных нейтрино // Известия вузов. Ядерная энергетика. - 1999. - №3.
2. Веретенкин Е.П., Гаврин В.Н., Янович Е.А. // Атомная энергия. - 1985. - Т.58. - С.65-66.
3. Гаврин В.Н. и Янович Е.А. // Известия АН СССР (серия физическая). - 1987. - №6. - С.51-52.
4. Бакулина Н.И., Гребенюк Л.И., Новикова Г.Я., Тимофеев П.В., Янович Е.А. Концентрирование и очистка микроколичеств бериллия из литиевых растворов: Препринт ИЯИ АН СССР, П-688, 1991.
5. Гаврин В.Н., Пономаренко С.В., Тимофеев П.В., Янович Е.А. Определение содержания бериллия в литии с помощью атомно-эмиссионного спектрометра: Препринт ИЯИ АН СССР, П-0603, 1989.
6. Ланская Н.Г., Новикова Г.Я., Руденко Н.П., Севастьянов А.Н. Скорость растворения металлического лития в некоторых водно-органических растворах: Препринт ИЯИ, П-689, 1991.
7. Sary J., Hladky E. // Anal. Chim. Acta. - 1963. - V.28. - P.227.
8. Talanta. - 1968. - V.15. - P.87.
9. Jorнал Phys. Chem. - 1960. - V.64. - P.487.
10. Гаврин В.Н., Захаров Ю.И., Петухов В.В. Регистрация ^7Be в пропорциональном счетчике: Препринт ИЯИ. П-0544. 1987.
11. Galeazzi M. et al. Phys. Lett. B398, 187, 1997.
12. Соколов Д.Н. Газовая хроматография хелатов металлов. - М., 1981.
13. Гринберг Я.Х., Петухов В.В., Новикова Г.Я. и др. // Ж.Ф.Х. - 1987. - Т. LXI. - №11. - С.2894-2897.
14. Гринберг Я.Х., Лазарев В.Б., Петухов В.В., Новикова Г.Я., и др. Доклады Академии наук СССР. - 1987. - Т.297. - №3. - С.633-637.
15. Гринберг Я.Х. и др. // Ж.Ф.Х. - 1986. - Т. LX. - №6. - P.1386-1389.

(Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 9 pages, 1 illustration. - References, 14 titles.

Results of development of the method of processing radioactive wastes of alkali metals used as the coolant in NPP are given. The method includes processing and conditioning of the products of processing for the ecologically safe long-time burial. Dispersion of an alkali metal on the solid inert carrier, dissolution and low baking into geocement stone are described. The features of the technological procedure and properties of a final product are shown.

УДК 621.039.53

The Basic Stages of Examinations of Corrosion in Liquid Metals \V.A. Ivanov, V.A. Solovjev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 4 pages, 1 illustration. - References, 7 titles.

The development stages of the corrosion of structural materials in liquid metals is classified and the prediction of essential works necessary for the development of an expert system and for the formulation of theoretical principles of the liquid metal corrosion is made.

УДК 621.039.553

On Physicochemical Similarity of Liquid Metal Loops \A.L. Shimkevich, B.A. Shmatko; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 9 pages, 1 table, 4 illustrations. - References, 13 titles.

Derivation of the criterion of physicochemical similarity of circulating systems based on the solution of a nonuniform transport equation for technological impurities in the liquid metal coolants is shortly considered. The behaviour of a thermodynamic activity of oxygen in nonisothermal loops with the lead-bismuth coolant investigated by monitoring method is discussed. The accent is made on Permissible Activity Domain (PAD) related to normal operation of loops with lead-bismuth coolant.

УДК 681.128:538.4

Electromagnetic Flowmeters for Lead-Bismuth Eutectic Alloy \N.I. Loginov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 9 pages, 4 illustrations. - References, 7 titles.

Some methods of elimination of influence of contact electric resistance between a liquid lead-bismuth alloy and a stainless steel pipe on accuracy of measurement by the electromagnetic flowmeters are considered.

The constructions of the flowmeter permitting to realize these methods and providing the accuracy of flow measurement with an error 2,5...5% are offered. The method of measurement of the contact resistance is proposed, and experimental data on the contact resistance as a function of temperature and concentration of oxygen in alloy are published for the first time.

УДК 530.1:536.4

Oxygen Inhibition of Structural Materials in Melts of Lead-Bismuth Eutectic and Lead \B.F. Gromov, G.S. Yachmenev, A.Eu. Rusanov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 8 pages, 3 tables. - References, 4 titles.

Experimental data related with influence of the concentration of dissolved oxygen on corrosion resistance of steels in a lead-bismuth alloy of an eutectic composition and in the lead melt are represented. It is shown, that at fixed concentration of oxygen dissolved in coolant steel is passivated: the protective oxide film Me_3O_4 , Me_2O_3 (where Me - Fe, Cr, Si etc. - the steel components with high affinity to oxygen) forms on its surface. The oxide film essentially hampers the action of aggressive liquid-metal medium on a material. The most effective influence on protective properties of an oxide film renders a steel doping of steel with silicon ($\sim 1\div 3\%$ by mass).

УДК 669.884:539.12

Lithium in the Problem of Solar Neutrino \M.N. Arnoldov, A.V. Kopylov, I.V. Orehov, V.V. Petuhov, Eu.A. Janovich; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 6 pages, 2 tables, 1 illustration. - References, 7 titles.

The problems of detection of the solar neutrino of intermediate energies by means of the metallic lithium detector is discussed in the paper. The possibility of extraction the product of neutrino-lithium interaction, i.e. beryllium-7 from lithium, by filtering of lithium at temperature close to its melting temperature are described.

УДК 621.039.534

Extraction of Microquantities of Beryllium from Aqueous Solutions of Lithium \G.Ja. Novikova, V.V. Petuhov; Editorial

board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 8 pages, 3 tables, 3 illustrations. - References, 15 titles.

Measuring of the solar neutrino flux using the radiochemical detector on the basis of lithium is one of most important and perspective from the point of view of physics of experiments. From the point of view of chemistry the lithium detector is one of the most complex. A conditionality of choice of metal lithium as a target for neutrino and also the basic technological problems of this detector is discussed in [1]. The chemical problems related to extraction of beryllium from lithium after filtering the latter are investigated in this paper.

УДК 669.884:539.12

Development of the High Efficiency Method of Registration of Low Activity ^7Be in Lithium Detector of the Solar Neutrino \G.Ya. Novikova, V.V. Petuhov, Eu. A. Janovich, V.E. Janz; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 5 pages, 2 tables, 2 illustrations. - References, 6 titles.

The method of detection of low-active ^7Be isotope formed in the lithium solar neutrino detector by means of high-temperature proportional counter is described in the paper. It is shown that expected counting rate of ^7Be forming from nuclear-active cosmic ray component exceeds the background one.

УДК 541.135 – 537.311

Thermoelectrochemical Converter Based on Ceramic Electrolyte $\text{Na}-\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$ \B.A. Shmatko; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 7 pages, 2 tables, 3 illustrations. - References, 17 titles.

Estimated performances of the autonomous thermoelectrochemical energy source $w=0.5$ kw with direct transformation of a thermal energy into electrical one on the basis of ceramic solidelectrolyte transducer with sodium as a working medium and coolant are represented in the paper. The efficiency of the energy source with gas preheating reaches about 20% within the working range of temperatures 973-600 K.

УДК 669.536.422

On the Specific Features of the Sodium Heat Pipe System Technology \I.I. Zasorin, M.N. Ivanovski, A.V. Morozov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 11 pages, 5 tables, 3 illustrations. - References, 23 titles.

An analysis and classification of data on the impurities source in sodium heat pipes is presented. Special attention is given to the volume source of oxygen in walls of the heat pipes defining resource of the device. An estimation of time of degassing of steel from hydrogen and the method of determination of temperature condition for restoration of oxide layers as well as the experimental method of the prognosis of resource of the heat pipes are considered in the paper.