

ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СВИНЦА МЕТОДОМ НЕЙТРОННОГО РАССЕЯНИЯ

**Н.М. Благовещенский*, Н.И. Логинов*, В.А. Морозов*, А.Г. Новиков*,
А.В. Пучков*, В.В. Савостин*, Д.В. Савостин*, А.Л. Шимкевич****

** ГНЦ РФ- Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск*

*** РНЦ «Курчатовский институт», г. Москва*



В статье изложены результаты исследований микродинамики и микро-структуры расплавов свинца, свинец-калий и натрий-свинец методом рассеяния нейтронов. Приведены микроскопические характеристики: дисперсионные кривые, структурные факторы, функции радиального распределения атомов. Обсуждаются кластерные конфигурации, которые имеют место в жидкой матрице расплавов.

ВВЕДЕНИЕ

Жидкий свинец представляет интерес с точки зрения как своих структурных, так и микродинамических особенностей. Будучи тяжелым многовалентным металлом, расплав свинца по структурным свойствам оказывается близок к жидким щелочным металлам: в отличие от своих соседей по периодической таблице он обладает симметричными пиками и в структурном факторе, и в функции радиального распределения, причем положение последнего совпадает с минимумом потенциала межчастичного взаимодействия. Что касается микродинамических свойств жидкого свинца, в частности, спектра элементарных возбуждений, то здесь до последнего времени имели место расхождения между данными различных авторов. Одни находили в этом спектре признаки существования дополнительной низкочастотной ветви дисперсионной кривой продольных коллективных мод, другие существование этой ветви отрицали, относя ее кажущиеся признаки на счет не вполне корректного учета эффектов многократного рассеяния (МКР), поскольку, на первый взгляд, в жидкости с простой структурой такой дополнительной ветви быть не должно.

Жидкий свинец и его сплавы интересны и с точки зрения их практического применения, имеющего отношение к проблемам ядерной энергетики. В мире широко известно использование расплава свинец-висмут как теплоносителя транспортных ЯЭУ [1]. Расплав свинец-калий некоторое время тому назад активно обсуждался как возможный кандидат теплоносителя для быстрых энергетических реакторов следующего поколения [2]. Предполагалось, что использование эвтектического расплава Pb-K с концентрацией примеси калия ~ 9 ат.% позволит решить некоторые из кор-

розионных проблем, возникающих в связи с применением свинцового теплоносителя. Наконец, было показано, что небольшая добавка свинца в жидкий натрий (до ~ 10 ат.%) существенно снижает химическую активность последнего [3]. Оработка технологии такого расплава позволит создать безопасную модификацию натриевого теплоносителя, являющегося безальтернативным вариантом для современных энергетических реакторов на быстрых нейтронах.

Изложенные выше соображения побудили нас провести исследования структурных и микродинамических свойств жидкого свинца и его сплавов методом нейтронного рассеяния. Эксперименты были выполнены на спектрометре ДИН-2ПИ [4], который при проведении нейтронно-динамического эксперимента использовался в режиме неупругого рассеяния, а при проведении нейтрон-дифракционного эксперимента – в режиме времяпролетной дифракции. В данной статье мы не будем останавливаться на методических деталях, связанных с проведением экспериментов и обработкой данных, а лишь кратко изложим физические результаты, полученные нами для упомянутых выше систем.

ЖИДКИЙ СВИНЕЦ

Жидкий свинец был одним из первых объектов исследования с помощью неупругого рассеяния медленных нейтронов на самых первых этапах становления этого метода. Позднее эксперименты на расплаве свинца были неоднократно повторены. Как упоминалось выше, причиной этому являлось отсутствие согласия между результатами различных авторов относительно спектра элементарных возбуждений этой жидкости. Поскольку свинец является так называемым когерентным рассеивателем, его спектр элементарных возбуждений может быть извлечен из данных эксперимента по неупругому рассеянию нейтронов в двух представлениях: в форме частотного спектра колебаний атомов или в форме дисперсионных кривых коллективных мод. Известно, что частотный спектр жидкого свинца имеет почти двугорбый вид, т.е. по его форме можно предположить существование двух типов возбуждений [5]: кроме одной основной дисперсионной кривой, как это имеет место в простых щелочных металлах, в жидком свинце могут появиться признаки существования еще и дополнительной дисперсионной кривой. Такие признаки находили некоторые из авторов предыдущих работ [6]. С другой стороны, в работах [7–9] дополнительной дисперсионной ветви не было найдено, что послужило одной из причин повторных экспериментов на расплаве свинца.

В этой связи мы еще раз провели нейтронно-динамический эксперимент на жидком свинце, при этом по возможности аккуратно учтя все методические эффекты и, прежде всего, МКР. Было установлено, что при малых волновых векторах нейтрона ($Q < 1 \text{ \AA}^{-1}$) эффект МКР действительно маскирует нижнюю (низкочастотную) ветвь дисперсионной кривой, однако по мере того, как с ростом Q относительная доля эффекта МКР в полной картине рассеяния убывает (с ~ 80% при $Q \sim 1 \text{ \AA}^{-1}$ до ~ 20% при $Q \sim 2 \text{ \AA}^{-1}$), нижняя ветвь становится все более визуализируемой. Наш результат представлен на рис. 1. Оказалось, что обычная высокочастотная ветвь дисперсионной кривой, полученная нами, неплохо совпадает с результатами предшествующих работ. В настоящий момент мы не можем предложить однозначной физической интерпретации причин появления низкочастотной ветви дисперсионной кривой. Не существует единого мнения на этот счет и в известной литературе.

РАСПЛАВ СВИНЕЦ–КАЛИЙ

Кроме упомянутых выше практических соображений расплавы свинец–калий и натрий–свинец оказываются весьма интересными и с физической точки зрения, а именно, своей склонностью к кластеризации [10]. Это свойство сплавов щелочных

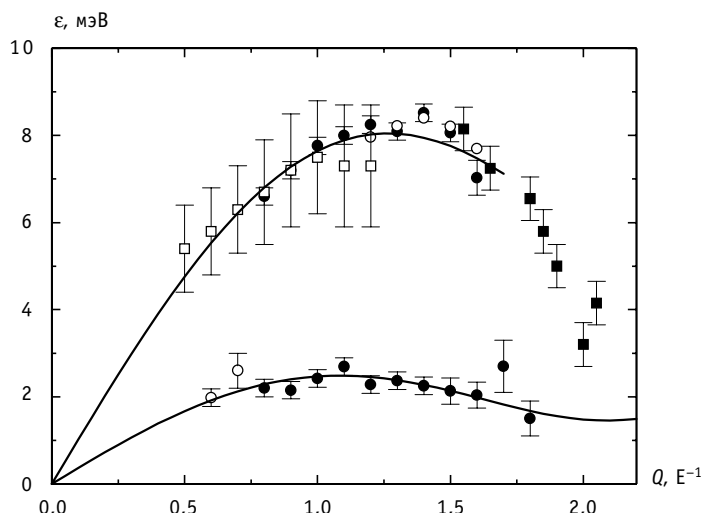


Рис. 1. Дисперсионные кривые в жидком свинце, полученные при учете двух компонент неупругого рассеяния: ○ ●

– данные [7, 8]; – результат настоящей работы
металлов с тяжелыми металлами, такими как Pb и Sn, было уже давно замечено, как появление экстремумов на концентрационных зависимостях целого ряда макроскопических свойств (электропроводности, вязкости, удельного объема). Причем, в случае легких щелочных металлов (лития, частично натрия) положение экстремумов приходится на 25-процентное содержание примеси тяжелого металла, и состав кластеров оценивался как Me_4Pb . В случае тяжелых щелочных металлов (K, Rb, Cs) положение экстремумов приходится на эквиатомный состав, которому соответствуют кластеры Цинтля Me_4Pb_4 . В структурной картине возникновение кластеров в расплаве проявляет себя как предпик, расположенный слева от главного пика структурного фактора [10].

К началу наших работ на расплаве Pb–K имеющиеся в литературе экспериментальные [11–13] и расчетные данные [14, 15] по его структуре относились лишь к концентрациям калия 25 ат.% и более. Проведенные нами исследования [16] имели целью выяснить, какова структура этого расплава при меньших концентрациях калия: от 0 до 25 ат.%.

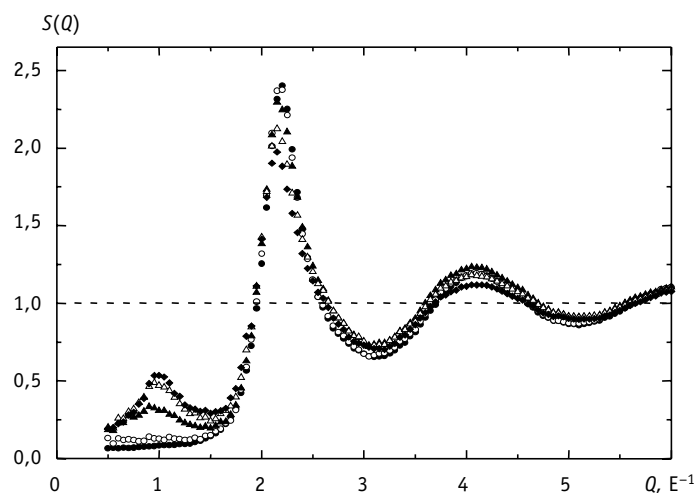


Рис. 2. Экспериментальные структурные факторы жидкого свинца и расплавов Pb–K ($T = 660 \text{ K}$):
○ – Pb; ▲ – $\text{Pb}_{0.95}\text{K}_{0.05}$; △ – $\text{Pb}_{0.86}\text{K}_{0.14}$; ◆ – $\text{Pb}_{0.78}\text{K}_{0.22}$; ● – $\text{Pb}_{0.75}\text{K}_{0.25}$

Структурные факторы $S(Q)$, полученные нами для всех исследованных составов расплава Pb–K, показаны на рис. 2. При концентрациях калия, больших 10 ат.%, в области $Q \approx 1 \text{ \AA}^{-1}$ на экспериментальных кривых явно просматривается предпик, который принято считать признаком существования в расплаве кластеров. Согласно [17], положение дифракционного пика ($Q_{\text{дп}}$) и расстояние между рассеивающими центрами, его обуславливающими ($R_{\text{ц}}$), связаны соотношением $R_{\text{ц}} \approx 7.73/Q_{\text{дп}}$. В нашем случае для предпика $R_{\text{ц}} \approx 7.7 \text{ \AA}$. Эту величину можно рассматривать как среднее расстояние между кластерами. Амплитуда предпика убывает с уменьшением концентрации калия, а при его концентрации менее ~ 10 ат.% предпик исчезает, хотя некоторое превышение интенсивности, по сравнению с данными для чистого свинца, остается в этой области Q даже при концентрации калия ~ 5 ат.%. Что касается главного дифракционного пика, то с ростом концентрации калия его амплитуда уменьшается, полуширина возрастает, а положение смещается в область меньших Q . Можно предположить, что это изменение связано с процессами кластеризации в расплаве Pb–K, происходящими в нем при добавлении к нему калия.

«Убыль» высоты главного пика структурного фактора Δ_1 и рост амплитуды предпика Δ_2 в относительных единицах в зависимости от концентрации калия показаны на рис. 3. Видно, что в пределах ошибок эксперимента обе зависимости оказываются близки друг к другу. Это обстоятельство можно объяснить с помощью несложной модели [16], которая предполагает, что в расплаве свинца идет образование раствора внедрения так, что катионы калия располагаются на границах тетраэдрических кластеров свинца, образующих плотную часть жидкой матрицы растворителя. С ростом концентрации примеси калия в расплаве свинца возникают пространственные корреляции между квазимолекулярными кластерами Pb_nK_m , в которые входят все примесные частицы калия.

Из рис. 3 видно, что ряд кластерных комбинаций, таких как Pb_4K_3 , Pb_6K_4 , Pb_3K_3 и Pb_5K_4 , наряду с кластером Цинтля Pb_4K_4 , в пределах ошибок соответствуют экспериментальным данным. Такой результат находится в согласии с результатами расчетов методом МД-моделирования [15] и обратным методом Монте-Карло [18–20], в которых обнаружено, что атомы свинца в расплавах свинец-щелочной металл группируются в тетраэдрические комплексы, однако расположение катионов калия вокруг них весьма хаотично. В этой связи полученные нами оптимальные кластерные комбинации

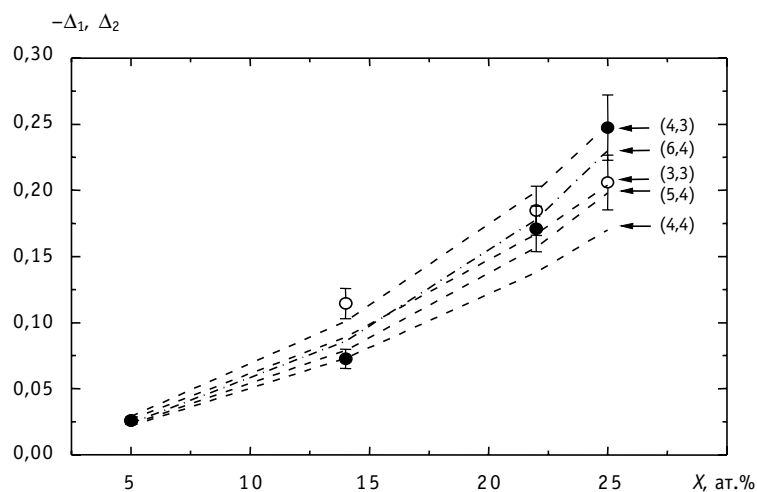


Рис. 3. Зависимость экспериментальных величин $-\Delta_1$ (●) и Δ_2 (○) в расплаве Pb–K от концентрации калия. Кривые показывают величину $\Delta_{\text{nm}}(x)$ для кластеров Pb_nK_m : Pb_4K_3 , Pb_6K_4 , Pb_3K_3 , Pb_5K_4 и Pb_4K_4

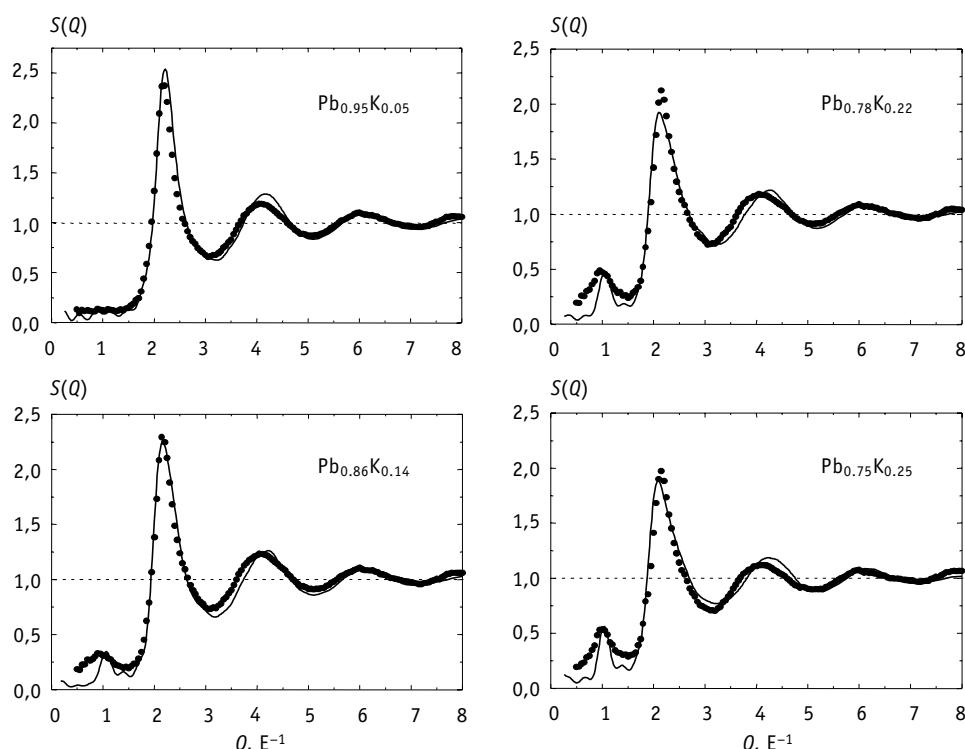


Рис. 4. Сравнение экспериментальных $S(Q)$ для расплавов Pb–K с расчетом: точки – эксперимент, кривая – МД-расчет [16]

ции выглядят обоснованными.

Отсутствие предпика в структурном факторе расплава Pb–K при низких концентрациях калия (и, в частности, при эвтектической концентрации 9 ат.%) говорит об отсутствии в расплаве эффекта кластеризации и подтверждает предположение о том, что в расплаве образуется раствор внедрения, и, следовательно, реализуются условия, когда калий модифицирует свойства жидкого свинца. С практической точки зрения это означает, что с добавлением 9 ат.% калия в свинец, теплоноситель, во-первых, переходит из разряда окислителей в разряд восстановителей, что резко снижает коррозию и позволяет сохранить конструкционные стали. Во-вторых, все примеси кислорода в эвтектике находятся в форме K_2O и могут быть легко удалены с помощью холодной ловушки.

Необходимо отметить, что имеет место общее удовлетворительное согласие наших экспериментальных данных [16] с результатами МД-моделирования как на уровне структурных факторов (рис. 4), так и на уровне функций радиального распределения, получаемых посредством Фурье-обращения экспериментальных $S(Q)$ (см. рис. 5).

РАСПЛАВ НАТРИЙ–СВИНЕЦ

Система Na–Pb занимает промежуточное положение между литием и тяжелыми щелочными металлами [10, 21]. Имеющиеся в литературе данные по структуре расплава Na–Pb относятся к системам с концентрацией свинца 20 ат.% и выше, которые явно демонстрируют наличие предпика в структурном факторе при $Q \sim 1 \text{ \AA}^{-1}$, что понимается как проявление эффектов кластеризации [22]. Наша же задача, как отмечалось во введении, состояла в том, чтобы получить представление о структуре расплава Na–Pb с низким содержанием свинца (менее 10 ат.%).

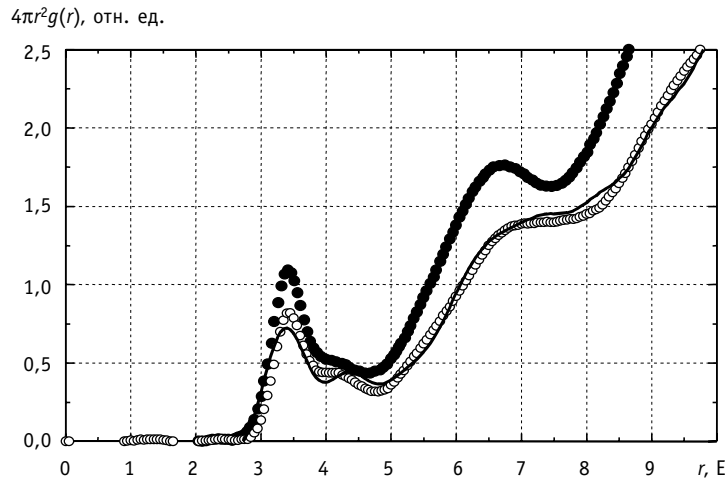


Рис. 5. Функции радиального распределения для жидкого свинца (черные точки) и расплава $\text{Pb}_{0.75}\text{K}_{0.25}$ (белые точки) – эксперимент, сплошная кривая – МД-расчет [16]

Структурные факторы $S(Q)$, полученные нами для расплавов Na–Pb с концентрациями свинца 1.5 и 7.9 ат.%, показаны на рис. 6. Видно, что даже при максимальном содержании свинца никаких признаков предпика в структурном факторе расплава не обнаруживается. Напомним, что у системы Pb–K при концентрации примеси менее 10 ат.% предпик также отсутствовал [16].

Структурный фактор бинарной системы, измеренный в эксперименте по дифракции нейтронов, представляет собой взвешенную сумму парциальных структурных факторов $S_{ij}(Q)$, соответствующих отдельным компонентам [23]:

$$S(Q) = c_1 b_1^2 S_{11}(Q) + (c_1 c_2)^{1/2} b_1 b_2 S_{12}(Q) + c_2 b_2^2 S_{22}(Q) / \langle b^2 \rangle, \quad (1)$$

где $\langle b^2 \rangle = c_1 b_1^2 + c_2 b_2^2$, b_i – амплитуда когерентного рассеяния компонентов сплава, c_i – относительная атомная концентрация компонентов ($c_1 + c_2 = 1$). Из (1) следует, что наличие экспериментальных данных для двух концентраций примеси и чистого натрия дает возможность оценить парциальные структурные факторы компонент расплава $S_{\text{NaNa}}(Q)$, $S_{\text{NaPb}}(Q)$ и $S_{\text{PbPb}}(Q)$ (рис. 7). Рассмотрение кривой $S_{\text{PbPb}}(Q)$ показывает, что на ней можно заметить некоторые признаки проявления предпика. Из рис. 8 сле-

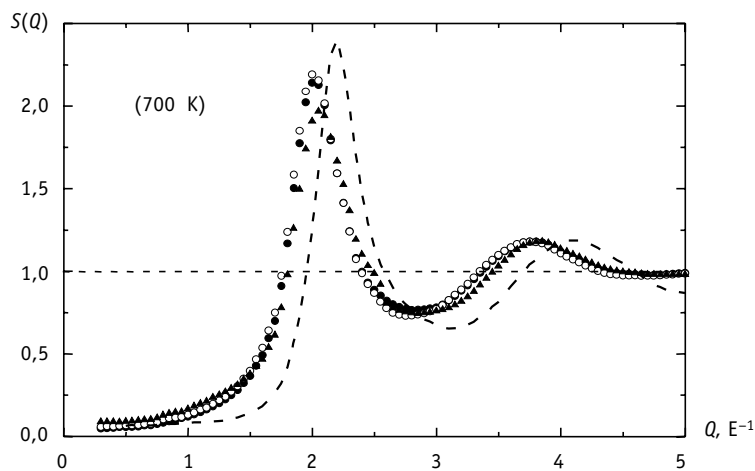


Рис. 6. Структурные факторы жидкого натрия и расплавов Na–Pb: \circ Na; \triangle $\text{Na}_{0.985}\text{Pb}_{0.015}$; \square $\text{Na}_{0.921}\text{Pb}_{0.079}$; \bullet Pb (600 K)

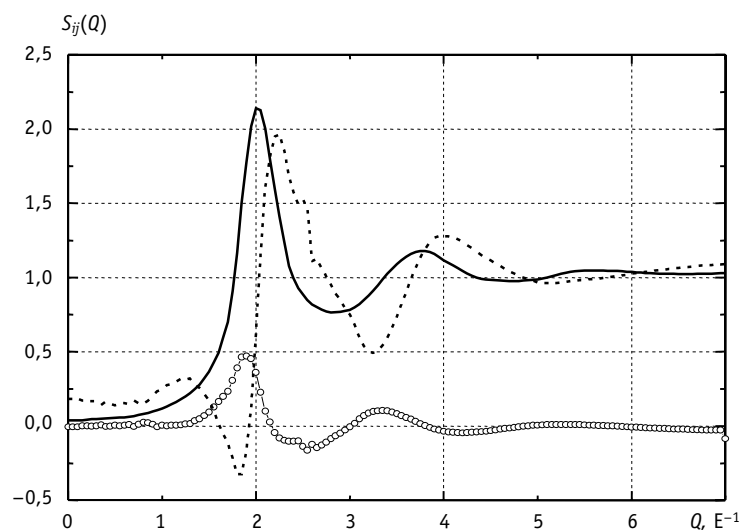


Рис. 7. Парциальные структурные факторы $S_{ij}(Q)$ расплава Na–Pb: — S_{NaPb} ; - - S_{NaNa} ; ··· S_{PbPb} .

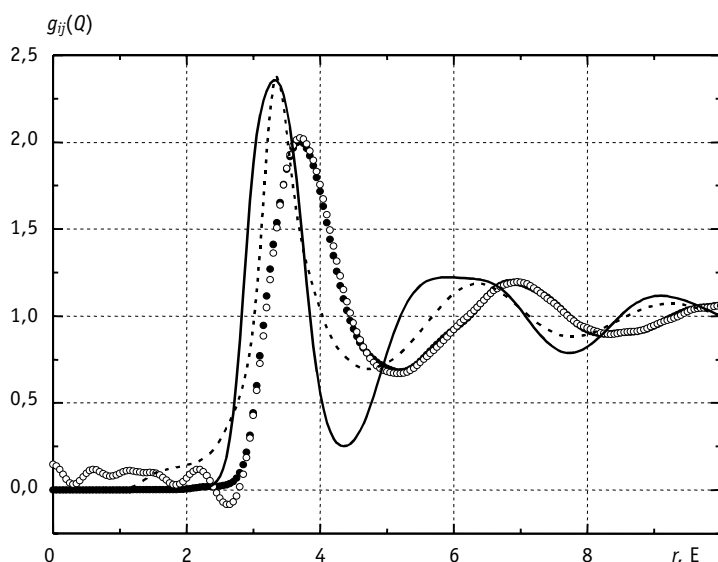


Рис. 8. Парциальные функции радиального распределения $g_{ij}(r)$ расплава Na–Pb: — g_{PbPb} ; - - - - - расплав чистого свинца; ··· g_{NaNa} ; ··· - - - - - расплав чистого натрия

дует, что парциальная функция радиального распределения (ФРР) для натрия в расплаве практически не отличается от таковой для чистого металла, тогда как для свинца, растворенного в натрии, в форме ФРР по сравнению с чистым металлом заметна разница, однако положение главного пика остается практически прежним.

На рис. 9 показана полученная нами корреляционная функция «концентрация–концентрация» [24]. Ее отрицательная особенность при $r \sim 3 \text{ \AA}$ соответствует корреляциям флуктуаций разноименных частиц и может быть соотнесена с межчастичным расстоянием в комплексе Na^+-Pb^- ($r \sim (1 + 2) \text{ \AA}$). Широкая положительная особенность при $r \sim (3.5 - 4.5) \text{ \AA}$ соответствует корреляциям флуктуаций одноименных частиц и может быть соотнесена с межчастичными расстояниями нейтральных атомов Na–Na ($r \sim 3.7 \text{ \AA}$) и Pb–Pb ($r \sim 3.5 \text{ \AA}$), а также ионов Pb^+-Pb^+ ($r \sim 4.0 \text{ \AA}$). Существование комплекса Na^+-Pb^- следует также и из данных МД-моделирования структуры об-

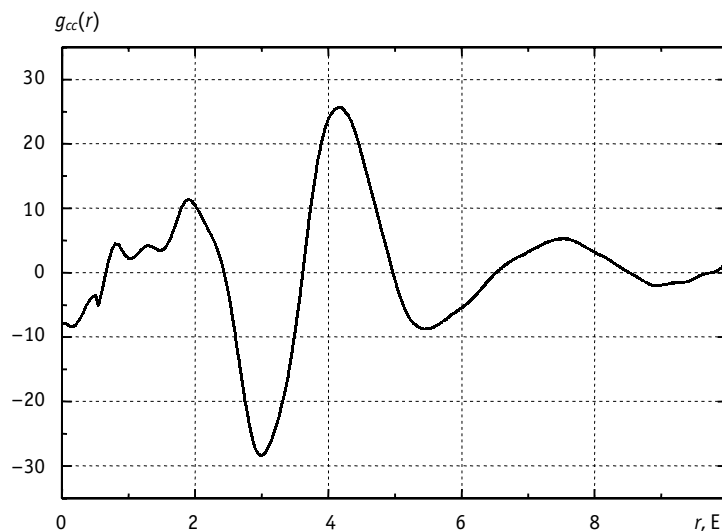


Рис. 9. Парная корреляционная функция «концентрация–концентрация»

суждаемого нами расплава [25]. Как утверждается в этой работе, анализ МД-данных с использованием методов статистической геометрии приводит к заключению, что комплексы $\text{Na}^+ - \text{Pb}^-$ объединяются в тетраэдрические квазимолекулы $(\text{NaPb})_2$, которые образуют перколяционные кластеры, являющиеся плотной частью жидкой матрицы расплава.

Таким образом, как из данных эксперимента, так и из данных МД-моделирования следует, что свинец в исследуемых расплавах присутствует скорее всего в форме комплексов $\text{Na}^+ - \text{Pb}^-$.

ВЫВОДЫ

Приведенные выше экспериментальные результаты демонстрируют возможности метода нейтронного рассеяния при исследовании структурно-динамических особенностей жидкометаллических систем: с одной стороны, он позволяет глубже понять физическую природу этих систем на микроуровне, с другой стороны, дает информацию, которая может оказаться полезной и в процессе практического использования металлических расплавов.

В результате проведенных исследований получена новая информация по физике жидких металлов. Установлено, что в спектре элементарных возбуждений жидкого свинца имеет место дополнительная низкочастотная ветвь. Таким образом, в расплаве свинца, по-видимому, существует два типа атомных колебаний.

Оценены оптимальные кластерные комбинации в жидкой матрице расплавов $\text{Pb}-\text{K}$ и $\text{Na}-\text{Pb}$.

Получен результат, применимый при практическом использовании модифицированного свинцового теплоносителя: в расплаве $\text{Pb}-\text{K}$ при низких концентрациях калия (менее 10 ат.%) реализуются условия, когда калий корректирует свойства жидкого свинца: теплоноситель переходит из разряда окислителей в разряд восстановителей, что резко снижает коррозию и позволяет сохранить конструкционные стали.

Литература

1. Громов Б.Ф., Субботин В.И., Тошинский Г.И. Применение расплавов эвтектики свинец-висмут и свинца в качестве теплоносителя ЯЭУ//Атомная энергия. – 1992. – Т. 73. – С. 19.

2. Орлов В.В. Ядерная энергетика следующего этапа: экономичный U–Pu-бридинг, безопасность, радиоотходы, нераспространение//Известия вузов. Ядерная энергетика. – 1997. – № 5. – С. 57.
3. Кузьмин А.М., Окунев В.С., Шмелев А.Н. О физических характеристиках быстрых реакторов, охлаждаемых сплавом Na–Pb//Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2000. – № 2. – С. 84.
4. User Guide. Neutron Experimental Facilities for Condensed Matter Investigation at JINR / Ed. by V. Sikolenko. – Dubna: JINR Press, 1997. – P. 25.
5. Благовещенский Н.М., Морозов В.А., Новиков А.Г., Савостин В.В., Шимкевич А.Л. Изучение спектра элементарных возбуждений жидкого свинца//Поверхность. – 2006. – № 6. – С. 10.
6. Cocking S.J., Egelstaff P.A. Co-operative Modes of Motion in Liquid Lead//J. Phys. C. – 1968. – V. 1. – P. 507.
7. Randolph P.D., Singwi K.S. Slow-Neutron Scattering and Collective Motions in Liquid Lead//Phys. Rev. – 1966. – V. 152. – № 1. – P. 99.
8. Soderstrom O., Copley J.R.D., Suck J.-B., Dorner B. Collective Excitations in Liquid Lead//J. Phys. F. – 1980. – V. 10. – P. L151.
9. Soderstrom O. Dynamic Scattering Function of Liquid Lead at 623K//Phys. Rev. A. – 1981. – V. 23. – № 2. – P. 785.
10. Van der Lugt W. Polyanions in Liquid Ionic Alloys: a Decade of Research//J. Phys.: Condens. Matter. – 1996. – V. 8. – P. 6115.
11. Reijers H.T.J., Saboungi M.-L., Price D.L. et al. Structural Properties of Alkali-Metal – Lead Alloys: NaPb, KPb, RbPb and CsPb//Phys. Rev. B. – 1989. – V. 40. – P. 6018.
12. Reijers H.T.J., van der Lugt W., van Dijk C., Saboungi M.-L. Structure of Liquid K–Pb Alloys//J. Phys.: Condens. Matter. – 1989. – V. 1. – P. 5229.
13. Stolz M., Leichtweiss O., Winter R. et al. Survival of Polyanions in Expanded Liquid Alloys//Europhys. Lett. – 1994. – V. 27. – P. 221.
14. Reijers H.T.J., van der Lugt W., Saboungi M.-L. Molecular-Dynamics Study of Liquid NaPb, KPb, RbPb and CsPb Alloys//Phys. Rev. B. – 1990. – V. 42. – P. 3395.
15. de Wijs G.A., Pastore G., Selloni A., van der Lugt W. First-Principles Molecular-Dynamics Simulation on Liquid CsPb//J. Chem. Phys. – 1995. – V. 103. – P. 5031.
16. Благовещенский Н.М., Морозов В.А., Новиков А.Г., Шимкевич А.Л., Шимкевич И.Ю. Микроскопическая структура жидкого свинца-натрия: нейтрон-дифракция и молекулярно-динамическое моделирование//Physica B. – 2005. – V. 364. – P. 255.
17. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. – М.: Высшая школа, 1980.
18. Howe M.A., McGreevy R.L. The Structure of Molten K–Pb, Rb–Pb and Cs–Pb Alloys//J. Phys.: Condens. Matter. – 1991. – V. 3. – P. 577.
19. Stolz M., Winter R., Howells W.S., McGreevy R.L. Computer Modelling Studies of Expanded Liquid KPb//J. Phys.: Condens. Matter. – 1995. – V. 7. – P. 5733.
20. Matsunaga S. Reverse Monte Carlo Simulations in Liquid Na–Pb and Na–Sn Alloys//J. Phys. Soc. Jap. – 1999. – V. 68. – P. 2468.
21. Senda Y., Shimojo F., Hoshino K. The Origin of the First Sharp Diffraction Peak in Na–Pb Alloys: Ab Initio Molecular-Dynamics Simulations//J. Phys.: Condens. Matter. – 1999. – V. 11. – P. 2199.
22. Takeda S., Harada S., Tamaki S., Matsubara E., Waseda Y. Structural Study of Liquid Na–Pb Alloys by Neutron Diffraction//J. Phys. Soc. Jap. – 1987. – V. 56. – P. 3934.
23. Ashcroft N., Langreth D. Structure of Binary Liquid Mixtures//Phys. Rev. – 1967. – V. 156. – P. 685.
24. Bhatia A.B., Thornton D.E. Structural Aspects of the Electrical Resistivity of Binary Alloys//Phys. Rev. B. – 1970. – V. 2. – P. 3004.
25. Шимкевич И.Ю., Шимкевич А.Л. Молекулярно-динамические исследования влияния параметров эффективного парного потенциала на структуру и динамику жидкого натрия/Препринт ФЭИ – 2803. – Обнинск, 1999.

Поступила в редакцию 1.09.2006

structure of resistant mineral-like new-formations isolating them from the environment. The treatment relies on the new non-oven technology of the self-propagating high-temperature synthesis (SHS), making it possible at high temperature to synthesize stable refractory matrix materials immobilizing biologically important radionuclides of the wastes.

УДК 621.039.543.4

The Properties of Modified Uranium Dioxide \ I.S. Kurina, V.V. Popov, V.N. Rumyantsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2007. – 8 pages, 7 illustrations. – References – 15 titles.

The results of the researches directed on achievement of new modification of UO_2 fuel microstructure, produced with using of modernized wet technology are presented. This modification allows to improve the thermophysical properties of fuel pellets. It is established, the increase of the thermal conductivity of UO_2 in 2-3 times at 1000°C was achieved owing to the application certain special techniques in the procedures relating to precipitation which results in the formation of nanoparticles less than 30 nm in size. The experimentally-theoretical substantiation of increase of the thermal conductivity of UO_2 is presented.

УДК 621.039.5: 541.44

Irradiation Resistance of Zirconium and Yttrium Hydrides Doped with Erbium, Boron and Gadolinium \ N.G. Primakov, G.A. Birzhevov, V.A. Rudenko, V.V. Kazarnikov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk 2007. – 9 pages, - References, 9 titles.

Results of investigating the resistance of hydrides of zirconium-erbium and zirconium-boron alloys (two-phase systems) and of hydrides of yttrium-gadolinium alloys (substitutional solid solution) to neutron irradiation in BR-10 fast reactor up to fluences of $3 \cdot 10^{25}$ n/m² at temperatures below 430° C are presented.

It is shown that swelling of yttrium-gadolinium hydrides is higher by factor of 3 as compared with the swelling of zirconium hydride.

УДК: 621.039.534.6: 539.175

Investigations of the Lead Based Liquid Metal Compositions by Neutron Scattering \ N.M. Blagoveshchenskiy, N.I. Loginov, V.A. Morozov, A.G. Novikov, A.V. Puchkov, V.V. Savostin, D.V. Savostin, A.L. Shimkevich; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk 2007. – 9 pages, 9 illustrations, – References, 25 titles.

In the article the results of investigations of microdynamics and microstructure of lead, lead-potassium and sodium-lead melts by method of neutron scattering are presented. Following microscopic characteristics are obtained: the dispersion curves, structure factors, radial distribution functions of atoms. The cluster configurations, which exist in liquid melt matrix, are discussed.

УДК: 621.039.534.6

Technology of Lead-Bismuth Coolant in NPP of the First and Second Generation \ A.D. Efanov, K.D. Ivanov, P.N. Martynov, Yu.I. Orlov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk 2007. – 7 pages, 2 illustrations, – References, 13 titles.

A short history of studying the lead-bismuth alloy as coolant in submarine reactor installations has been put forth. Two basic stages associated with the operation of NPP of the first and second generation with this coolant have been singled out. The major technology problems characteristic of these stages of coolant studying and the ways of their solution have been demonstrated.