

## Критическое поведение теплоемкости манганитов $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$ ( $x = 0,1; 0,15; 0,2$ ) в окрестности точки Кюри

А.Г. Гамзатов, К.Ш. Хизриев, А.Б. Батдалов,  
Ш.Б. Абдулвагидов, А.М. Алиев

*Институт физики ДагНЦ РАН, г. Махачкала, 367003, Россия*  
E-mail: gamzatov\_adler@mail.ru

О.В. Мельников, О.Ю. Горбенко

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, 119899, Россия*

Статья поступила в редакцию 17 октября 2008 г., после переработки 6 ноября 2008 г.

Исследовано критическое поведение теплоемкости манганитов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0,1; 0,15; 0,2$ ) вблизи температуры Кюри. Установлены закономерности изменения универсальных критических параметров вблизи точки фазового перехода. Все исследованные образцы соответствуют ферромагнитному гейзенберговскому 3D-классу универсальности критического поведения с критическими показателями:  $\alpha = -0,115, -0,106$  и  $-0,106$  для  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  соответственно. Показано, что класс универсальности критического поведения теплоемкости манганитов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  не зависит от концентрации серебра.

Досліджено критичне поведіння теплоємності манганітів  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0,1; 0,15; 0,2$ ) поблизу температури Кюрі. Установлено закономірності зміни універсальних критичних параметрів поблизу точки фазового переходу. Всі зразки, які досліджено, відповідають феромагнітному гейзенбергівському 3D-класу універсальності критичного поведіння із критичними показниками:  $\alpha = -0,115, -0,106$  та  $-0,106$  для  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  та  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  відповідно. Показано, що клас універсальності критичного поведіння теплоємності манганітів  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  не залежить від концентрації срібла.

PACS: 75.47.Lx Манганиты;  
75.40.Cx Статические свойства;  
75.30.-m Характерные свойства магнитоупорядоченных материалов;  
75.40.-s Эффекты в критических точках, удельные теплоемкости, ближний порядок.

Ключевые слова: точка фазового перехода, удельная теплоемкость, манганиты.

### Введение

Интерес к исследованию легированных манганитов со структурой перовскита, проявляющих эффект колоссального магнитосопротивления (КМС), обусловлен не только перспективами их практического применения, но и фундаментальной физикой, заключающейся в них [1,2].

Большая часть работ по манганитам посвящена исследованию КМС [1,2]. Изучению же аномалий различных теплофизических свойств (например, тепло-

емкости) в окрестности магнитного фазового перехода с расчетом значений универсальных критических параметров уделяется недостаточное внимание.

Ранее нами в [3,4] было подробно исследовано критическое поведение теплоемкости манганита  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$  (с условиями синтеза:  $T = 1100$  °С,  $P(\text{O}_2) = 1$  бар,  $\tau = 5$  ч) вблизи температуры магнитного фазового перехода в интервале  $3 \cdot 10^{-3} \leq t \leq 1,8 \cdot 10^{-2}$  ( $t = (T - T_C) / T_C$ ) и получено численное значение критического индекса теплоемкости  $\alpha = -0,127 \pm 0,009$ , которое близко к теоретически предсказанной оценке

$\alpha = -0,12$  [5] для изотропных гейзенберговских магнетиков.

Настоящая работа посвящена исследованию критического поведения теплоемкости манганитов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0,1; 0,15; 0,2$ ) вблизи температуры магнитного фазового перехода. Отметим, что в последние годы интенсивно исследуются манганиты, замещенные одновалентными ионами, в частности серебром. Основным преимуществом манганитов, легированных однозарядными катионами ( $\text{Na}^+, \text{Ag}^+$ ), по сравнению с манганитами, легированными двухзарядными катионами ( $\text{Sr}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$ ), является их высокая чувствительность к магнитному полю при комнатной температуре, что позволяет в более слабых широко доступных экспериментаторах полях исследовать проявляющиеся в них фундаментальные физические закономерности. Манганитам с таким составом, наряду с эффектом КМС [6,7], присуще и большие значения магнитокалорического эффекта [8–10], что обуславливает повышенный интерес исследователей к этим материалам и с точки зрения прикладных исследований.

**Результаты и обсуждение**

Исследованные образцы получены с помощью метода химической гомогенизации из водных растворов нитратов  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{AgNO}_3$ . Подробно технология синтеза образцов описана в [7,11]. Условия спекания для исследованных образцов были следующими:  $T = 1100^\circ\text{C}$ ,  $P(\text{O}_2) = 1$  бар,  $t = 20$  ч. Плотность полученных керамик составляла  $4,60\text{--}4,95$  г/см<sup>3</sup>, что соответствует 70–75% от теоретического значения, средний размер гранул  $\approx 1$  мкм. Качество полученных образцов контролировали методом рентгеноспектрального микроанализа, который не обнаружил следов серебра в чистом металлическом виде и потерь его в процессе рекристаллизации. Все полученные образцы имели однородную керамическую микроструктуру с ромбоэдрической перовскитной решеткой, относящейся к пространственной группе  $R\bar{3}c$ . Параметры элементарных ячеек для исследованных нами образцов приведены в табл. 1 ( $V_G$  — объем гексагональной ячейки,  $V_P$  — объем перовскитного куба).

Таблица 1. Параметры элементарных ячеек исследованных образцов

Состав	Гексагональные параметры		$V_G, \text{Å}^3$	Ромбоэдрические параметры		$V_P, \text{Å}^3$
	$a, \text{Å}$	$c, \text{Å}$		$a, \text{Å}$	$\alpha, \text{град}$	
$\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$	5,505	13,34	350,11	5,466	60,47	58,35
$\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$	5,494	13,38	349,76	5,473	60,25	58,29
$\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$	5,496	13,36	349,49	5,468	60,34	58,25

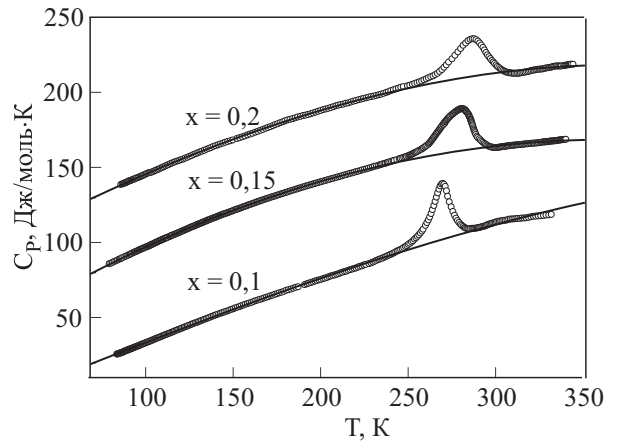


Рис. 1. Температурная зависимость теплоемкости образцов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$ . Линии соответствуют регулярной части, описываемой выражением (1). Данные для образцов с  $x = 0,15$  и  $0,2$  смещены относительно теплоемкости образца с  $x = 0,1$  на 50 и 100 Дж/моль·К соответственно.

Для измерения теплоемкости использовали оригинальную версию модуляционной калориметрии с относительной точностью не хуже 1% [12]. Образцы с характерными размерами  $\approx 3 \times 2 \times 0,4$  мм нагревали импульсами света с частотой модуляции  $\nu = 2$  Гц. Вызванные этим периодические осцилляции температуры образца измеряли хромель-константановой термопарой с диаметром проводов 0,025 мм. Для улучшения теплового контакта с образцом спай термопары, приклеиваемый к образцу, сплющивался до 5 мкм. В области фазовых переходов скорость изменения температуры не превышала 0,05 К/мин, точность измерений не хуже 1% [12].

На рис. 1 приведены результаты измерений теплоемкости образцов  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  в интервале температур 80–350 К. Для наглядности данные для образцов с  $x = 0,15$  и  $x = 0,2$  смешены относительно теплоемкости образца с  $x = 0,1$  на 50 и 100 Дж/моль·К соответственно. Как видно на рисунке, у всех образцов обнаруживается аномалия теплоемкости, связанная с магнитным фазовым переходом II рода ферромагнетик–парамагнетик. С увеличением концентрации серебра растет и значение  $T_C$  ( $T_C = 270, 280$  и  $287$  К для  $x = 0,1, 0,15$  и  $0,2$ ).

Для количественной оценки параметров критического поведения теплоемкости вблизи  $T_C$  аномальная часть теплоемкости  $\Delta C_p$  была выделена посредством вычитания из измеренной теплоемкости  $C_p$  (см. рис. 1) ее регулярной части  $C_B$ , представляющую собой аппроксимацию алгебраическим полиномом третьей степени измеренной теплоемкости  $C_p$  до и после магнитного фазового перехода:

$$C_B = A_0 + A_1T + A_2T^2 + A_3T^3 \quad (1)$$

Значение коэффициентов  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  для всех образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$

$x$	$A_0$ , Дж/моль·К	$A_1$ , Дж/моль·К <sup>2</sup>	$A_2$ , Дж/моль·К <sup>3</sup>	$A_3$ , Дж/моль·К <sup>4</sup>
0,10	-13,50632	0,47532	$-3,59902 \cdot 10^{-5}$	$-5,18421 \cdot 10^{-7}$
0,15	-23,03193	0,73184	$-9,70011 \cdot 10^{-4}$	$-5,655 \cdot 10^{-8}$
0,20	-15,11143	0,63236	$-5,73709 \cdot 10^{-4}$	$-5,02978 \cdot 10^{-8}$

На рис. 2 представлена аномальная часть теплоемкости ( $\Delta C_P = C_P - C_B$ ) в зависимости от температуры для образцов  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$ . Как видно на рис. 2, с ростом концентрации серебра аномалия теплоемкости уменьшается по своей амплитуде, размывается по температурной шкале и сдвигается в сторону более высоких температур. Такое поведение практически идентично поведе-

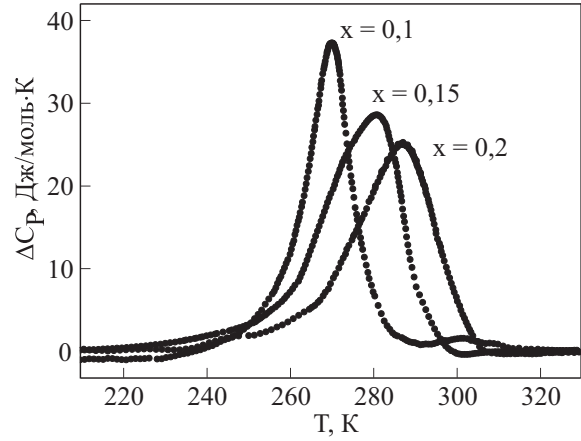


Рис. 2. Температурная зависимость аномальной части теплоемкости  $\Delta C_P = C_P - C_B$  образцов  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$ .

нию ферромагнетика в магнитном поле, что говорит об аналогии между влиянием допирования серебром и магнитного поля на теплоемкость  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  в области магнитного фазового перехода [13].

Таблица 3. Значения критического индекса теплоемкости  $\alpha$  и отношение критических амплитуд  $A^+/A^-$  для некоторых манганитов

Составы	$\alpha$	$A^+/A^-$	$T_C$	$t$	Ссылки
$\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$	-0,115(5)	1,11	269,9	$1,7 \cdot 10^{-3} - 2,8 \cdot 10^{-2}$	Настоящая работа
$\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$	-0,106(5)	1,27	281,3	$2,7 \cdot 10^{-3} - 3,5 \cdot 10^{-2}$	Настоящая работа
$\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$	-0,106(5)	1,06	287,4	$1,7 \cdot 10^{-3} - 2,9 \cdot 10^{-2}$	Настоящая работа
$\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$	-0,127	1,146	293,3	$3 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-2}$	[3]
$\text{YMnO}_3$	-0,16(1)	1,43(2)	75 ( $T_N$ )	$10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-1}$	[16]
$\text{NdMnO}_3$	-0,11±0,01	1,43	84,0 ( $T_N$ )	$7,1 \cdot 10^{-3} - 4,3 \cdot 10^{-2}$	[15]
$\text{PrMnO}_3$	-0,11±0,01	0,95	94,9 ( $T_N$ )	$9,5 \cdot 10^{-3} - 3,3 \cdot 10^{-2}$	[15]
$\text{LaMnO}_3$	-0,10±0,01	1,02	137,3 ( $T_N$ )	$9,5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$	[15]
$\text{La}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{MnO}_3$	-0,08±0,008	0,97	133	$4,9 \cdot 10^{-3} - 1,9 \cdot 10^{-2}$	[17]
$\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$	0,32±0,06	1,52	312	$9,7 \cdot 10^{-3} - 2,4 \cdot 10^{-2}$	[17]
$\text{La}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{MnO}_3$	0,21±0,01	0,99	342	$5,3 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-2}$	[17]
$\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$	0,11±0,01	0,81	358	$6,4 \cdot 10^{-3} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	[17]
$\text{La}_{0,65}\text{Sr}_{0,35}\text{MnO}_3$	0,11±0,004	0,74	349	$7,4 \cdot 10^{-3} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	[17]
$\text{La}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{MnO}_3$	0,05±0,07	0,81	345,6	$3,6 \cdot 10^{-4} - 7,3 \cdot 10^{-2}$	[21]
$\text{La}_{0,6}\text{Ca}_{0,4}\text{MnO}_3$	0,48±0,06		265,5	$\sim 5 \cdot 10^{-3}$	[26]
3D-изинговская модель	+0,11	0,524			[14]
3D-гейзенберговская модель	-0,115	1,521			[14]

Для описания критического поведения аномальной части теплоемкости  $\Delta C_P$  мы воспользовались следующими выражениями [19]:

$$\Delta C_P^+ = \frac{A^+}{\alpha} |t|^{-\alpha} (1 + D^+ |t|^\theta), \quad (2)$$

$$\Delta C_P^- = \frac{A^-}{\alpha'} |t|^{-\alpha'} (1 + D^- |t|^\theta), \quad (3)$$

где  $A^+$ ,  $A^-$  — критические амплитуды теплоемкости выше и ниже  $T_C$ ;  $D^+$ ,  $D^-$  — амплитуды коррекции к скейлингу;  $\theta$  — поправочный индекс к скейлингу (в нашем случае  $\theta = 0,55$ , что соответствует модели Гейзенберга [5]);  $\alpha$ ,  $\alpha'$  — критические индексы теплоемкости выше и ниже  $T_C$ ;  $t = (T - T_C)/T_C$  — приведенная температура.

На рис. 3 приведены зависимости аномальной части теплоемкости соответственно для образцов  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  от приведенной температуры в полулогарифмическом масштабе как при  $T > T_C$ , так и при  $T < T_C$ . На этих же рисунках сплошные линии соответствуют аппроксимации  $\Delta C_P$  по формулам (2) и (3).

Аппроксимация критического поведения теплоемкости была проведена с помощью нелинейного метода наименьших квадратов (рис. 3, а, б, в). В табл. 3 приведены интервалы аппроксимации аномальной части теплоемкости от  $t_{\min}$  до  $t_{\max}$  с помощью формул (2) и (3). Выбор именно этих параметров, указанных в табл. 3, обусловлен тем, что при этих значениях среднеквадратичная ошибка  $R$  при аппроксимации наших данных по формулам (2) и (3) минимальна. Полученные значения критических индексов  $\alpha$  и отношения критических амплитуд теплоемкости  $A^+/A^-$  для образцов  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  сведены в табл. 3. Помимо наших результатов, в таблице приведены литературные значения критического индекса теплоемкости  $\alpha$  и отношения критических амплитуд  $A^+/A^-$  для разных манганитов. Видно, что наблюдается большой разброс в значениях критического индекса  $\alpha$  для различных классов манганитов. Анализ этих данных показывает, что на критическое поведение сильно влияет замещение двухвалентного редкоземельного элемента. В зависимости от процентного содержания одно- или двухвалентного замещающего элемента возможно изменение класса универсального критического поведения манганитов. Однако стоит отметить, что для всех «материнских» составов  $\text{LaMnO}_3$ ,  $\text{PrMnO}_3$ ,  $\text{NdMnO}_3$  [15],  $\text{YMnO}_3$  [16] полученные критические индексы теплоемкости близки к теоретическому значению, соответствующему 3D-гейзенберговскому классу универсальности. Отметим также, что некоторые манганиты лантана, допированные стронцием ( $x = 0,2; 0,25$ )

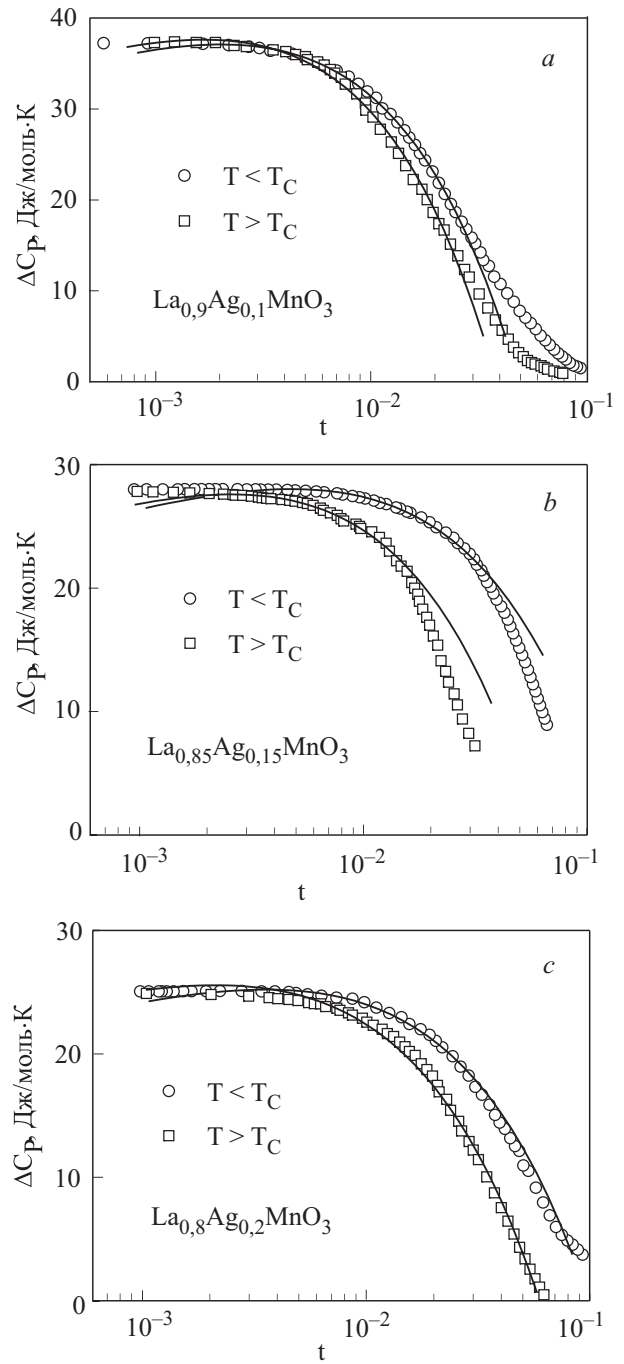


Рис. 3. Зависимость аномальной части теплоемкости от приведенной температуры как выше  $T_C$ , так и ниже  $T_C$ . Линии соответствуют аппроксимации по формулам (2) и (3).

[17], дают критические параметры, не подпадающие ни под один известный класс универсальности критического поведения. Это говорит о том, что имеются определенные проблемы количественной оценки критических параметров манганитов и влияния допирования на их критические индексы и амплитуды.

Для системы  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  наблюдается большой разброс критического индекса теплоемкости в зависимости от концентрации стронция, тогда как для системы  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  критическое поведение практичес-

ки не зависит от концентрации серебра (табл. 3). Возможно, такое поведение является характерным признаком для систем, допированных одновалентными ионами, в данном случае серебром. О независимости критического поведения от степени легирования серебром свидетельствуют и магнитные исследования в работе [18], где показана принадлежность манганитов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0,1; 0,15$ ) к  $3D$ -гейзенберговскому классу универсальности по значениям критических индексов восприимчивости  $\chi$ .

Следует отметить, что смена класса универсальности для системы  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  с концентрацией стронция наблюдается и по данным критических показателей самопроизвольной намагниченности. В частности, в работе [19] для монокристалла  $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$  критический индекс самопроизвольной намагниченности близок к гейзенберговскому классу универсальности, тогда как для поликристаллического образца  $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$  значение критического показателя самопроизвольной намагниченности, полученное в работе [20], находится в хорошем согласии с теорией среднего поля. По данным работы [21] значения критических индексов намагниченности и восприимчивости для манганита  $\text{La}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{MnO}_3$  находятся между значениями для среднего поля и  $3D$ -изинговским классом универсальности.

Критические индексы намагниченности  $\beta$ , полученные в работах [19,22,23] для одного и того же состава  $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$  различными методами, существенно различаются. В частности, в работе [23] значение  $\beta$ , полученное методом нейтронной дифракции, равно  $0,295 \pm 0,002$ , тогда как метод микроволнового поглощения [22] дает  $\beta = 0,45 \pm 0,05$ , а из аппроксимации степенными функциями экспериментальных данных температурной зависимости намагниченности [19] следует, что  $\beta = 0,37 \pm 0,04$ . Это говорит о том, что неоднозначно определяется класс универсальности критического поведения даже для одного и того же состава у разных авторов. Такой же разброс значений наблюдается и для других критических параметров [24].

Полученные нами численные значения критического индекса теплоемкости  $\alpha = -0,115, -0,106$  и  $-0,106$  соответственно для  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  близки к теоретической оценке  $\alpha = -0,12$  для  $3D$ -изотропных гейзенберговских магнетиков. Заметим, что значения критического индекса  $\alpha$  для образца  $x = 0,1$ , полученное в настоящей и в предыдущей [3] работах, хорошо согласуются между собой, несмотря на то, что условия синтеза этих образцов были различны. Как сказано выше, еще одним примером, указывающим на независимость критического поведения манганитов, допированных серебром, от условий синтеза, являются результаты работы [18], где исследования

критического поведения магнитной восприимчивости  $\chi$  в окрестности точки Кюри в манганитах  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0,1; 0,15$ , с условиями синтеза  $T = 1200$  °C и  $\tau = 40$  ч) также показывают, что критическое поведение соответствует  $3D$ -гейзенберговскому классу универсальности с критическими индексами  $\gamma = 1,395$  и  $1,382$  соответственно для  $x = 0,1$  и  $0,15$  [18].

Из полученных значений критического индекса теплоемкости  $\alpha$  и отношений критических амплитуд  $A^+/A^-$  нами найдена пространственная размерность  $d$  магнитного параметра порядка и количество его компонент  $n$ . Значение  $d$  с хорошей точностью совпадает с реальной физической пространственной размерностью магнитной подсистемы исследованных в настоящей работе манганитов, которая, как известно, является кубической. Оценка числа компонент магнитного параметра порядка с помощью выражения  $A^+/A^- = n/2^{d/2}$  и данных для  $A^+/A^-$  из табл. 3 дает значение  $n = 3$ . Эти значения  $d = n = 3$  подтверждают принадлежность критического поведения теплоемкости исследованных нами манганитов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  к классу универсальности классического  $3D$ -гейзенберговского ферромагнетика [25].

### Заключение

Технологические параметры синтеза исследованных нами образцов, несмотря на различие условий приготовления, оказываются достаточными для получения образцов с высокими качественными характеристиками, что позволило исследовать их критическое поведение в области фазовых переходов и получить правдоподобные количественные результаты. Наблюдение истинного критического поведения, принадлежащее классу универсальности  $3D$ -гейзенберговского ферромагнетика, позволяет говорить, что эффекты, связанные с неудовлетворительным качеством образцов и препятствующие наблюдению реального критического поведения, оказываются несущественными в исследованных нами образцах  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$ .

Полученные результаты показывают, что вплоть до  $t_{\min} \sim 10^{-3}$  критическое поведение теплоемкости манганитов  $\text{La}_{0,9}\text{Ag}_{0,1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0,85}\text{Ag}_{0,15}\text{MnO}_3$  и  $\text{La}_{0,8}\text{Ag}_{0,2}\text{MnO}_3$  подобно критическому поведению классического  $3D$ -гейзенберговского ферромагнетика.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (06-02-96612), программы ОФН РАН.

Авторы выражают благодарность профессору А.К. Муртазаеву за ценные и полезные замечания.

1. M.B. Salamon and M. Jaime, *Rev. Modern Phys.* **73**, R5901 (2001).
2. Э.Л. Нагаев, *УФН* **166**, 833 (1996).

3. A.G. Gamzatov, A.M. Aliev, K.Sh. Khizriev, Sh.B. Abdulvagidov, A.B. Batdalov, O.Y. Gorbenko, and O.V. Melnikov, *Physica* **B390**, 155 (2007).
4. А.Г. Гамзатов, Ш.Б. Абдулвагидов, А.М. Алиев, К.Ш. Хизриев, А.Б. Батдалов, О.В. Мельников, О.Ю. Горбенко, А.Р. Кауль, *ФТТ* **49**, 1686 (2007).
5. И.К. Камилов, А.К. Муртазаев, Х.К. Алиев, *УФН* **169**, 773 (1999).
6. L. Pi, M. Hervieu, A. Maignan, C. Martin, and B. Raveau, *Solid State Commun.* **126**, 229 (2003).
7. И.К. Камилов, А.Г. Гамзатов, А.М. Алиев, А.Б. Батдалов, Ш.Б. Абдулвагидов, И.В. Мельников, О.Ю. Горбенко, А.Р. Кауль, *ЖЭТФ* **132**, 835 (2007).
8. Y.X. Zhang, Z.G. Liu, H.H. Zhang, and X.N. Xu, *Mater. Lett.* **45**, 91 (2000).
9. T. Tang, K.M. Gu, Q.Q. Cao, D.H. Wang, S.Y. Zhang, and Y.W. Du, *J. Magn. Magn. Mater.* **222**, 110 (2000).
10. I.K. Kamilov, A.G. Gamzatov, A.M. Aliev, A.B. Batdalov, A.A. Aliverdiev, Sh.B. Abdulvagidov, O.V. Melnikov, O.Yu. Gorbenko, and A.R. Kaul, *J. Phys.* **D40**, 4413 (2007).
11. O.Yu. Gorbenko, O.V. Melnikov, A.R. Kaul, A.M. Balagurov, S.N. Bushmeleva, L.I. Koroleva, and R.V. Demin, *Mater. Science Eng.* **B116**, 64 (2005).
12. Ш.Б. Абдулвагидов, Г.М. Шахшаев, И.К. Камилов, *ПТЭ* **5**, 134 (1996).
13. А.Г. Гамзатов, А.М. Алиев, Ш.Б. Абдулвагидов А.М. Алиев, А.Б. Батдалов, О.В. Мельников, О.Ю. Горбенко, *Письма в ЖЭТФ* **86**, 393 (2007).
14. T. Shnider and J.M. Singer, *Phase Transition Approach to High Temperature Superconductivity*, Imperial College Press (2000), p. 432.
15. A. Oleaga, A. Salazar, D. Prabhakaran, and A.T. Boothroyd, *J. Phys. Condens. Matter* **17**, 6729 (2005).
16. M. Tachibana, J. Yamazaki, H. Kawaji, and T. Atake, *Phys. Rev.* **B72**, 064434 (2005).
17. A. Oleaga, A. Salazar, D. Prabhakaran, and A.T. Boothroyd, *Phys. Rev.* **B70**, 184402 (2004).
18. M. Kar, A. Perumal, and S. Ravi, *Phys. Status Solidi* **B243**, 1908 (2006).
19. K. Ghosh, C. J. Lobb, R. L. Greene, S.G. Karabashev, D.A. Shulyatev, A.A. Arsenov, and Y. Mikovskii, *Phys. Rev. Lett.* **81**, 4740 (1998).
20. Ch. V. Mohan, M. Seeger, H. Kronmuller, S.G. Karabashev, D.A. Shulyatev, A.A. Arsenov, and Y. Mikovskii, *J. Magn. Magn. Mater.* **183**, 348 (1998).
21. D. Kim, B.L. Zink, F. Hellman, and J.M.D. Coey, *Phys. Rev.* **B65**, 214424 (2002).
22. S.E. Lofland, V. Ray, P.H. Kim, and S.M. Bhagat, *Phys. Rev.* **B55**, 2749 (1997).
23. M.C. Martin, G. Shirane, Y. Endoh, K. Hirota, Y. Moritomo, and Y. Tokura, *Phys. Rev.* **B53**, 14285 (1996).
24. J. Yang, Y. Lee, and Yan Li, *Phys. Rev.* **B76**, 054442 (2007).
25. M.E. Fisher, *Rev. Modern Phys.* **46**, 597 (1974).
26. D. Kim, B. Revaz, B.L. Zink, F. Hellman, J.J. Rhyne, and J.F. Mitchell, *Phys. Rev. Lett.* **89**, 227202 (2002).

Critical behavior of specific heat of  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.1; 0.15; 0.2$ ) manganites near the Curie point

A.G. Gamzatov, K.Sh. Khizriev, A.B. Batdalov, Sh.B. Abdulvagidov, A.M. Aliev, O.V. Melnikov, and O.Yu. Gorbenko

The critical behavior of specific heat of manganites  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.1; 0.15; 0.2$ ) around the Curie point has been researched. The regularities of changes of the common critical parameters near the point of phase transition have been found. All the specimens studied correspond to the ferromagnetic Heisenberg 3D universality class of critical behavior with critical points  $\alpha = -0.115, -0.106$  and  $-0.106$  for  $\text{La}_{0.9}\text{Ag}_{0.1}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0.85}\text{Ag}_{0.15}\text{MnO}_3$  and  $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.2}\text{MnO}_3$ , respectively. It is shown that the class of universality of critical behavior of specific heat of manganites  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  is independent of silver concentration.

PACS: 75.47.Lx Manganites;  
75.40.Cx Static properties;  
**75.30.-m** Intrinsic properties of magnetically ordered materials;  
**75.40.-s** Critical-point effects, specific heats, short-range order.

Keywords: point of phase transition, specific heat, manganites.