

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова
Д.Ф.-М.Н. Федянин А.А.

« 30 » _____ 2014г.



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Волковой Надежды Евгеньевны

“Фазовые равновесия, структура и физико-химические свойства оксидов в системах
Sm-Ba-Co-Me-O (Me=Fe, Ni, Co)”,

представленную на соискание учёной степени кандидата химических наук по
специальности 02.00.04 – физическая химия.

Актуальность темы диссертационного исследования. Сложные перовскитоподобные оксиды $Ln_{1-x}A_xMO_{3-\delta}$ (Ln – катион РЗЭ, А – катион щелочноземельного металла, М – катион 3d-переходного металла) вызывают интерес исследователей благодаря их возможному практическому применению в качестве электродных материалов для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), мембран для отделения кислорода из газовых смесей и т.д. Практическое использования данного класса материалов связано с наличием у них смешанной (электронной и кислородно-ионной) проводимости, которая существенным образом зависит от химического состава, а также наличия дефектов и кристаллической структуры перовскитоподобного оксида. Из этого следует, что разработка методов получения таких сложных оксидов, сведения об их функциональных свойствах и термодинамической устойчивости как в условиях функционирования электрохимического устройства, так и по отношению к его смежным компонентам, является актуальной задачей. Именно изучению этих свойств и характеристик сложных оксидов, содержащих катионы 3d-металлов, и посвящена диссертация Волковой Н.Е., что обуславливает актуальность ее тематики. Актуальность работы также подтверждается и тем, что она проводилась в рамках различных грантов РФФИ, а также ФЦП .

Научная новизна. Впервые проведено систематическое исследование фазовых равновесий и построены изобарно-изотермические разрезы диаграмм состояния квазитройных систем Sm-Ba-Fe-O, Sm-Ba-Co-O и Sm-Fe-Co-O при 1100°C на воздухе. Впервые установлено влияние температуры на кристаллическую структуру и параметры элементарной ячейки сложных оксидов $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и $\text{SmBaFe}_2\text{O}_{6-\delta}$ на воздухе. Получено новое соединение $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$ с перовскитоподобной структурой, а также впервые определены области гомогенности твердых растворов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ (Me = Fe, Ni, Cu) на воздухе. Установлена температурная и барическая зависимость кислородного содержания сложных оксидов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ (Me = Fe, Ni, Cu) и $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$. Проведено моделирование дефектной структуры слоистых перовскитов $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и $\text{SmBaCo}_{1.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}_{6-\delta}$, что позволило установить наиболее адекватную модель их дефектной структуры. Впервые получены температурная и барическая зависимости общей электропроводности и термо-ЭДС оксидов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ (Me=Fe, Ni, Cu) и $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$. Проведено исследование химического взаимодействия оксидов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ (Me=Fe, Ni, Cu) и $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$ с материалами электролитов ТОТЭ на основе SDC и YSZ.

Практическая значимость работы. Изотермические сечения фазовых диаграмм систем Sm-Ba-Fe-O, Sm-Ba-Co-O и Sm-Fe-Co-O, а также результаты по исследованию свойств оксидов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ (Me = Fe, Ni, Cu) являются справочным материалом и в дальнейшем могут быть использованы для выбора оптимальных условий получения оксидных материалов с заданными свойствами и оценки их возможного применения в различных высокотемпературных электрохимических устройствах.

Диссертация имеет традиционную структуру и представлена в виде рукописи объемом 131 страница, в том числе 35 таблиц, 85 рисунков. Диссертация состоит из введения, четырех глав экспериментальной части, выводов, списка цитируемой литературы из 149 наименований.

Во введении сформулирована актуальность темы, цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен анализ литературных данных по фазовым равновесиям в подсистемах составляющих систему Sm-Ba-Fe-Co-O; условиям получения, областям гомогенности, кристаллической и дефектной структуре, кислородной нестехиометрии, электротранспортным и термомеханическим свойствам сложных перовскитоподобных оксидов $\text{LnBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($\text{Ln} = \text{Y}, \text{Pr-Ho}$; $\text{Me} = \text{Fe}, \text{Ni}, \text{Cu}$). В заключительной части главы представлены четко сформулированные конкретные задачи работы.

Во второй главе приведены характеристики исходных материалов, описаны методы синтеза образцов. Подробно описана уникальная методика гомогенизации и закалки образцов при пониженных парциальных давлениях кислорода, методика рентгенографических исследований, термогравиметрического и дилатометрического анализов, методики измерения высокотемпературной электропроводности и термо-эдс.

В третьей главе представлены полученные результаты. Приведены результаты исследования систем Sm-Ba-Fe-O, Sm-Ba-Co-O, а также Sm-Co-Fe-O при 1100°C на воздухе. При исследовании образцов $\text{Sm}_{1-y}\text{Ba}_y\text{FeO}_{3-\delta}$ ($0 \leq y \leq 1$) автором впервые установлено образование фазы $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$. Дифрактограмма данной фазы проиндцирована в кубической ячейке перовскита ($a = 3.934(1) \text{ \AA}$).

Установлено, что перовскитоподобная фаза $\text{SmBaFe}_2\text{O}_{6-\delta}$, не может быть получена при используемых условиях (1100°C , воздух). Однако однофазный образец $\text{SmBaFe}_2\text{O}_{6-\delta}$ был синтезирован автором при 1000°C и парциальном давлении кислорода 10^{-15} атм. Исследование полученной фазы при помощи высокотемпературной рентгенографии показало, что при нагревании на воздухе от комнатной температуры до 200°C наблюдается структурный переход от тетрагональной к ромбической структуре. Установлено, что при температуре выше 200°C происходит повышение симметрии структуры до тетрагональной, что связано, по мнению автора, с разупорядочением кислородных вакансий. Исследована термическая устойчивость $\text{SmBaFe}_2\text{O}_{6-\delta}$. Показано, что оксид устойчив вплоть до 900°C , а при $t > 1000^\circ\text{C}$ разлагается с образованием перовскитов $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$ и $\text{SmFeO}_{3-\delta}$. Показано, что при 1000°C фаза $\text{SmBaFe}_2\text{O}_{6-\delta}$ устойчива вплоть до $P_{\text{O}_2} = 10^{-8.5} \text{ атм}$, тогда как при повышении парциального давления кислорода вплоть до $P_{\text{O}_2} = 10^{-7.5} \text{ атм}$, наблюдается её разложение на

$\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{3-\delta}$ и $\text{SmFeO}_{3-\delta}$. При исследовании образцов состава $\text{Sm}_{2-x}\text{Ba}_x\text{FeO}_{4\pm\delta}$, диссертантом впервые установлено существование соединения $\text{Sm}_{0.4}\text{Ba}_{1.6}\text{FeO}_{4\pm\delta}$, кристаллизующегося в моноклинной сингонии. По полученным результатам построена фазовая диаграмма состояния системы Sm-Ba-Fe-O при 1100°C на воздухе.

В следующем разделе приведены результаты исследования фазовых равновесий в системе Sm-Ba-Co-O при $P_{\text{O}_2}=0.21$ атм и 1100°C . В системе Sm-Co-O подтверждено существование единственного оксида $\text{SmCoO}_{3-\delta}$, тогда как в системе Ba-Co-O в этих условиях устойчивыми являются бинарные оксиды $\text{BaCoO}_{3-\delta}$ и Ba_2CoO_4 . В системе Sm-Ba-Co-O установлено существование фазы $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и твердого раствора $\text{BaCo}_{1-u}\text{Sm}_u\text{O}_{3-\delta}$. Показано, что синтезированный $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ имеет ромбическую структуру $a_p \times 2a_p \times 2a_p$ (a_p - параметр кубического перовскита), пр. гр. *Rmmm*. Методом термогравиметрии в токе водорода установлено кислородное содержание $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$, составляющее 5.63. С использованием данных высокотемпературной рентгенографии автором исследована высокотемпературная кристаллическая структура $\text{SmBaCo}_2\text{O}_6$. Установлено, что при $t > 450^\circ\text{C}$ наблюдается повышение симметрии структуры до тетрагональной, что связано с уменьшением содержания кислорода.

По данным РФА построен изобарно-изотермический разрез диаграммы состояния Sm-Ba-Co-O при 1100°C на воздухе.

В заключительном разделе третьей главы представлены результаты исследования фазовых равновесий в системе Sm-Co-Fe-O при 1100°C на воздухе. Установлено образование твердого раствора $\text{SmFe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$ $0 \leq y \leq 1.0$, кристаллизующегося в ромбически искаженной структуре перовскита (пр. гр. *Pbnm*).

В четвертой главе приведены результаты исследования кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии и физико-химических свойств сложных оксидов, образующихся в системах Sm-Ba-Me-O (Me=Fe, Ni, Cu). Установлены области гомогенности и параметры ячеек твердых растворов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$, составляющие: Me=Fe, $0 \leq x \leq 1.1$; Me=Ni, $0 \leq x \leq 0.7$; Me=Cu, $0 \leq x \leq 1.2$. Рассмотрены закономерности изменения параметров и объемов элементарных ячеек этих фаз с изменением содержания кобальта. С использованием двух различных методов —

термогравиметрии в водороде, а также иодометрического титрования - установлено кислородное содержание полученных перовскитоподобных фаз. На основании данных термогравиметрического анализа на воздухе получены температурные зависимости кислородного содержания $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$. На примерах $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и $\text{SmBaCo}_{1.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}_{6-\delta}$ исследовано влияние парциального давления кислорода на их кислородное содержание. Показано, что для обоих составов кислородная нестехиометрия (величина δ) возрастает с увеличением температуры и понижением парциального давления кислорода. На основании полученных экспериментальных данных, автором проведено моделирование дефектной структуры оксидов $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и $\text{SmBaCo}_{1.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}_{6-\delta}$. Верификация предложенных автором моделей дефектной структуры этих фаз позволила установить, что модель, в которой эффективно положительно заряженные вакансии кислорода будут электростатически ассоциированы с эффективно отрицательно заряженным дефектом, а именно, Ba'_{Sm} , с образованием $[\text{Ba}'_{\text{Sm}} - \text{V}_\text{O}^{\bullet\bullet}]'$, наиболее корректно описывает дефектную структуру. Проведены расчеты величин энтальпий образования точечных дефектов в структурах $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и $\text{SmBaCo}_{1.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}_{6-\delta}$.

В следующем разделе четвертой главы приведены результаты исследования высокотемпературной электропроводности керамических образцов $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($\text{Me}=\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Cu}$; $x=0-0.6$) при варьируемом парциальном давлении кислорода $0.21 \cdot 10^{-15} \text{ атм}$. Показано, что на температурных зависимостях электропроводности фаз, измеренных на воздухе, имеются максимумы при 350-400°C. Измерения коэффициентов термо-ЭДС показали, что соединения являются проводниками *p*-типа. Установлено, что рост общей электропроводности в низкотемпературной области, в которой обмен кислородом между твердой и газообразной фазами практически не наблюдается, связан со смещением равновесия реакции диспропорционирования трехзарядных катионов 3d-элементов в сторону образования дополнительного количества носителей заряда (локализованных на атомах кобальта или железа дырок) и с увеличением подвижности локализованных электронных дырок с ростом температуры. Последующий рост температуры приводит к понижению общей проводимости, что объясняется увеличением кислородной нестехиометрии δ , и как следствие, ростом концентрации кислородных вакансий $\text{V}_\text{O}^{\bullet\bullet}$ и частичным восстановлением катионов

3d-элементов. Установлено, что частичное замещение кобальта на другой катион приводит к снижению общей электропроводности во всем исследованном интервале температур. Автором проанализировано влияние катионов Fe, Ni, Cu, замещающих кобальт, на механизм проводимости перовскитоподобных оксидов. Для $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ и $\text{SmBaCo}_{1.4}\text{Fe}_{0.6}\text{O}_{6-\delta}$ проведено исследование электропроводности от парциального давления кислорода при фиксированной температуре. Это позволило построить зависимости $\lg(\sigma)_T = f(\delta)$ и установить, что именно содержание кислорода во многом определяет величины электропроводности данных перовскитов. Для этих же фаз определена барическая зависимость коэффициента Зеебека при постоянной температуре. Из полученных результатов следует, что с увеличением температуры отношение подвижностей дырок и электронов уменьшается.

Следующая глава раздела посвящена результатам исследования термического расширения $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-x}$ ($x=0-0.8$), $\text{Me}=\text{Fe}$, Ni и Cu при высокой температуре, полученных при помощи дилатометрии, а также химического взаимодействия оксидов с материалами электролитов на основе $\text{Zr}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_{2-x/2}$ (YSZ) и $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-x/2}$ (SDC). Отмечаются наличие для большинства составов в температурном интервале 400-500°C перегибов на кривых зависимости $\Delta L/L=f(T)$, связанных с изменением кислородного содержания. Автором показано, что $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-x}$ уже при 900°C активно взаимодействуют с материалом YSZ, тогда как SDC не реагирует с $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($\text{Me}=\text{Fe}$, Ni) и $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Cu}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($x = 0.2; 0.4$) вплоть до 1100°C. $\text{SmBaCoCuO}_{6-\delta}$ вступает в реакцию с SDC уже при 1000°C с образованием BaCoO_3 .

8.

В заключительной части четвертой главы рассматриваются кислородная нестехиометрия и физико-химические свойства новой фазы, полученной автором - $\text{Sm}_{0.375}\text{Ba}_{0.625}\text{FeO}_{2.85}$. Приводятся результаты по исследованию температурных зависимостей кислородной нестехиометрии и общей электропроводности этого соединения. Из данных дилатометрии рассчитаны средние значения КТР, составившие в температурных интервалах 25-300°C и 300-1000°C $14.9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и $19.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, соответственно. Анализ дилатометрических кривых позволил автору успешно вычленить вклад “химического” расширения новой фазы, составившего $4.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

В целом, следует отметить, что высокий уровень экспериментальных результатов, полученных диссертантом, а также их грамотная и полная интерпретация, производит крайне благоприятное впечатление.

Выводы по работе обоснованы всем ее содержанием, корректны и адекватно отражают как суть работы, так и положения, выносимые на защиту.

Степень обоснованности и достоверность результатов диссертационного исследования. Достоверность полученных в диссертации результатов обусловлена высоким уровнем экспериментальных результатов, корректным применением известных теоретических положений физической химии и кристаллохимии; применением современных методов исследования.

По теме диссертации опубликовано 4 статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК и 18 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Научные публикации и автореферат полностью отражают содержание и основные выводы диссертации, а научные положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в опубликованных работах.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке и оптимизации катодных материалов для ТОТЭ, а также газоплотных керамических мембран в Институте высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Институте химии твердого тела УрО РАН (оба г. Екатеринбург), Институте физики твердого тела РАН (г. Черноголовка), Химическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова.

Положительно характеризуя работу в целом, имеются следующие замечания и вопросы:

1. В разделе 2.1 в Таблице 2.1 приведены используемые в работе химические вещества. Следует отметить, что среди них есть соединения, чей состав может существенно отличаться от номинального и они не являются весовыми формами. К ним относятся $\text{Ce}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zr}(\text{OH})_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Также может отличаться от стехиометрического количество воды в гидратах $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Каким образом устанавливался химический состав этих исходных веществ?

2. При анализе дифрактограмм в работе часто привлекается метод Ритвельда. Однако в ряде случаев не приводятся все результаты, присутствие которых позволяет оценить корректность проведенного полнопрофильного уточнения. Например, на стр. 58 на Рисунке 3.1 для SmFeO_3 и $\text{Sm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ приводятся наблюдаемые расчетные и разностные дифрактограммы, но в тексте не приводятся координаты, заселенности, параметры атомных смещений, R-факторы и межатомные расстояния. На странице 59 в Таблице 3.2 даны значения R-факторов, но не приведены соответствующие дифрактограммы. В Таблице 3.9 приведены координаты атомов, но отсутствуют R-факторы. В таблицах 3.5, 4.1 и 4.2, в которых приводятся значения координат атомов в структурах изученных оксидов, отсутствуют величины заселенностей позиций, а также параметры атомных смещений. Кроме того и в тексте диссертации никак не обсуждается процедура их уточнения. Отсутствуют также таблицы с величинами межатомных расстояний. Все это не позволяет оценить корректность проведенных уточнений кристаллических структур оксидов методом Ритвельда.

3. В результатах по рентгенографическому исследованию $\text{BaFeO}_{3-\delta}$ (страница 59) указано, что фаза имеет ромбическую структуру. При этом не приведены параметры элементарной ячейки этой фазы. В соответствующем разделе литературного обзора эта структура также не упоминается.

4. Автором работы был получен твердый раствор $\text{Sm}_{2-2z}\text{Ba}_z\text{O}_{3-\delta}$ с областью гомогенности $z=0-0.3$. В литературном обзоре отсутствуют сведения о существовании этого твердого раствора (страница 12). Таким образом, если получены новые результаты, то почему они практически не обсуждаются в тексте диссертации? Кроме того, из Таблицы 3.2 следует, что с увеличением содержания бария происходит уменьшение объема элементарной ячейки, несмотря на то, что ионный радиус катиона бария существенно больше ионного радиуса катиона самария. Этот момент следовало бы дополнительно обсудить.

5. При исследовании системы “ Sm_2FeO_4 ”-“ Ba_2FeO_4 ” (страница 63) автором установлено существование новой фазы состава $\text{Sm}_{0.4}\text{Ba}_{1.6}\text{FeO}_4$, кристаллизующейся в моноклинной ячейке. К сожалению, в тексте отсутствует рентгенограмма этой фазы, а также результаты ее индицирования, которые бы позволили оценить корректность предложенной элементарной ячейки.

6. К сожалению, в тексте диссертации не обсуждается вопрос о существовании Co^{3+} в различном спиновом состоянии в полученных фазах. Спиновое состояние Co^{3+} может существенно зависеть как от типа координационного полиэдра, так и от длин связей Co-O. На последние оказывают влияние присутствующие в составе оксида А- и В-катионы. Существенное отличие ионных радиусов Co^{3+} для низко- и высокоспинового состояния может сказаться как на композиционных зависимостях параметров элементарных ячеек $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_{6-\delta}$, так и на их высокотемпературных свойствах.

7. На странице 83 автор объясняет слабую зависимость объема элементарной ячейки твердого раствора $\text{SmBaCo}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_{6-\delta}$ от содержания никеля тем, что его кислородный состав существенно меняется с увеличением содержания никеля. Однако из Таблицы 4.5 следует, что кислородное содержание составов с $x=0.0, 0.2$ и 0.4 одинаково.

Однако вышеперечисленные замечания не подвергают сомнению высокое качество полученных экспериментальных результатов, а также выводов работы и не снижают позитивного впечатления о диссертационной работе, выполненной на высоком уровне.

Диссертационная работа Волковой Надежды Евгеньевны “Фазовые равновесия, структура и физико-химические свойства оксидов в системах Sm-Ba-Co-Me-O (Me=Fe, Ni, Co)” является научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения задач, имеющих существенное значение в области получения и анализа материалов со смешанным типом проводимости. По своему содержанию, объему выполненной работы, актуальности, полученным результатам, их научной и практической значимости диссертационная работа “Фазовые равновесия, структура и физико-химические свойства оксидов в системах Sm-Ba-Co-Me-O (Me=Fe, Ni, Co)” соответствует специальности 02.00.04 – физическая химия, отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842), как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для физической химии, а ее автор, Волкова Надежда Евгеньевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Работа заслушана и обсуждена на научном семинаре лабораторий неорганической кристаллохимии и направленного неорганического синтеза кафедры неорганической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 29 мая 2014 года (протокол № 29/2014 от 29 мая 2014 года).

Секретарь научного коллоквиума, доцент, к.х.н.

Розова М.Г.

(Розова Марина Геннадьевна, **телефон:** (495) 939-5244, **e-mail:** rozova@icr.chem.msu.ru)

Заведующий кафедрой неорганической химии

химического факультета МГУ

имени М.В.Ломоносова, профессор, д.х.н.

Шевельков А.В.

(Шевельков Андрей Владимирович, **телефон:** (495) 939-2074, **e-mail:** shev@inorg.chem.msu.ru)

Зам. декана по учебной работе химического

факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

профессор, д.ф.-м.н.



Бучаченко А.А.

(Бучаченко Алексей Анатольевич, **телефон:** (495) 939-2286, **e-mail:** alexei@classic.chem.msu.ru)

Почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет.