



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

ISBN 978-5-7103-3884-1



9 785710 338841



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н. П. ОГАРЁВА»

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 75-ЛЕТИЮ
ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, АКАДЕМИКА РААСН,
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРА
СЕЛЯЕВА ВЛАДИМИРА ПАВЛОВИЧА

(3–5 декабря 2019 г.)



САРАНСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2019

УДК 624.01:69.04:691:699.88
ББК Н45
Д 64

Редакционная коллегия:

*В. П. Селяев, В. В. Петров, Е. М. Чернышов, С. В. Федосов,
Т. А. Низина, А. Л. Лазарев (отв. ред.)*

Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций : материалы Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию засл. деятеля науки РФ, акад. РААСН, д-ра техн. наук, проф. Селяева В. П. (3–5 дек. 2019 г.) / редкол.: В. П. Селяев [и др.] ; отв. ред. А. Л. Лазарев. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. – 516 с.
ISBN 978-5-7103-3884-1

В сборнике докладов конференции, посвященной 75-летию заслуженного деятеля науки Российской Федерации, академика РААСН, доктора технических наук, профессора В. П. Селяева, изложены результаты научных исследований в области строительного материаловедения, а также методов оценки и прогнозирования долговечности строительных изделий и конструкций, представленные профессорско-преподавательским составом, научными сотрудниками, аспирантами и докторантами ведущих строительных вузов России.

Для научных и инженерно-технических работников, научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, а также докторантов, аспирантов и студентов вузов строительного профиля.

УДК 624.01:69.04:691:699.88
ББК Н45

ISBN 978-5-7103-3884-1

© Коллектив авторов, 2019
© ФГБОУ ВО «МГУ
им. Н. П. Огарёва», 2019
© Оформление. Издательство
Мордовского университета, 2019

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ШИХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

*Акст Д.В., младший научный сотрудник, Столбоушкин А.Ю., д.т.н.,
доцент, Фомина О.А., к.т.н.*

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия*

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты определения оптимальных составов шихты из техногенного и природного сырья для получения декоративной стеновой керамики матричной структуры. С использованием программного статистического комплекса установлены функциональные зависимости прочности, температуры обжига керамических образцов от содержания в шихте красящих техногенных добавок.

Ключевые слова: декоративный керамический кирпич, матричная структура, марганецсодержащие отходы, ванадиевый шлак, оптимальные составы шихты.

Декоративный керамический кирпич всегда отличался своей надежностью, высокими эксплуатационными и эстетическими свойствами. На сегодняшний день для его получения используется множество различных способов и технологий, таких как рустикация, ангобирование, глазурирование, плазмохимическая обработка, флеш-обжиг и другие [1–3]. Однако в современной заводской практике большее предпочтение отдается традиционному объемному окрашиванию керамического черепка [4].

Для этого в шихтовую смесь вводят корректирующие добавки (концентрированные керамические пигменты, тонкомолотые горные породы, рудные материалы и техногенные отходы). Как правило, высокоэффективные модификаторы цвета для производства декоративного кирпича закупаются из-за рубежа, и их использование значительно удорожает технологию. Кроме того, даже самые дорогостоящие пигменты без использования соответствующего оборудования и современных мешалок не гарантируют получение равномерной окраски и насыщенных оттенков черепка после обжига [5].

По мнению авторов, большое значение для развития отрасли декоративного керамического кирпича имеет потенциальная замена рафинированных импортных пигментов на техногенные и природные сырьевые материалы с пониженным содержанием металлов-хромофоров (марганца, железа, ванадия хрома и др.) [6]. Однако при использовании традиционных технологий пластического формования и полусухого прессования такие красители не приведут к значительному изменению цвета, в связи с этим был предложен способ

формирования матричной объемноокрашенной структуры декоративных керамических изделий [7]. В рамках исследования формирование матричного слоя в керамике осуществлялось по двум вариантам: в первом случае пространственный каркас был образован из красящих марганецсодержащих отходов вокруг базовой компоненты на основе легкоплавкого глинистого сырья; а во втором – неспекающееся техногенное сырье в виде шламистых железорудных отходов покрывалось смесью глины и ванадийсодержащего шлака. Результаты исследования вещественного состава и керамико-технологических свойств сырьевых материалов приведены в [8, 9].

Целью настоящего исследования являлась разработка оптимальных составов шихты для получения декоративной стеновой керамики матричной структуры.

Для определения требуемого количества техногенного компонента, достаточного для выраженной окраски керамического черепка и исключаяющего значительного ухудшения прочности изделий, процентное содержание «красящих» отходов изменялось в пределах 2,5 % до 10 % по массе в составе шихты. Составы керамических шихт представлены в табл. 1.

Табл. 1. Составы керамических шихт

Сырьевой материал	Массовое содержание в составе шихты, %									
Среднепластичное глинистое сырье	100	97,5	95	92,5	90	20	17,5	15	12,5	10
Шламистые железорудные отходы	–	–	–	–	–	80	80	80	80	80
Ванадиевый шлак	–	–	–	–	–	–	2,5	5	7,5	10
Марганецсодержащие отходы	–	2,5	5	7,5	10	–	–	–	–	–

Результаты физико-механических испытаний показали, что применение разработанного способа изготовления стеновой керамики [10] приводит к увеличению прочности керамических образцов с 10 % добавкой марганецсодержащих отходов в среднем на 10 % по сравнению с контрольными образцами без добавки. В свою очередь, предел прочности образцов, окрашенных ванадиевым шлаком, возрастает в 2–3 раза, а водопоглощение снижается с 14,8 % до 7,9 % при 10 % количестве шлака в шихте.

Визуальная оценка внешнего вида образцов показала, что выраженное окрашивающее действие марганец- и ванадийсодержащих отходов проявляется уже при их 5 % содержании в составе шихты. Увеличение количества техногенной добавки до 10 мас. % приводит к окраске образцов в темно-коричневый и черный цвет (рис. 1).

По результатам экспериментальных исследований и изучения свойств лабораторных образцов был установлен оптимальный состав шихты для приготовления декоративного керамического кирпича из природного глинистого сырья с добавкой марганецсодержащих техногенных отходов, мас. %:

– ленинск-кузнецкая глина 90–95;

– марганцевая пыль газоочистки 5–10.

Установлен оптимальный состав шихты для приготовления декоративного керамического кирпича из техногенного сырья с добавкой глинистого сырья и ванадийсодержащих отходов, мас. %:

– шламистая часть отходов обогащения железных руд 80;
 – ленинск-кузнецкая глина 15–20;
 – ванадиевый шлак 5–10.

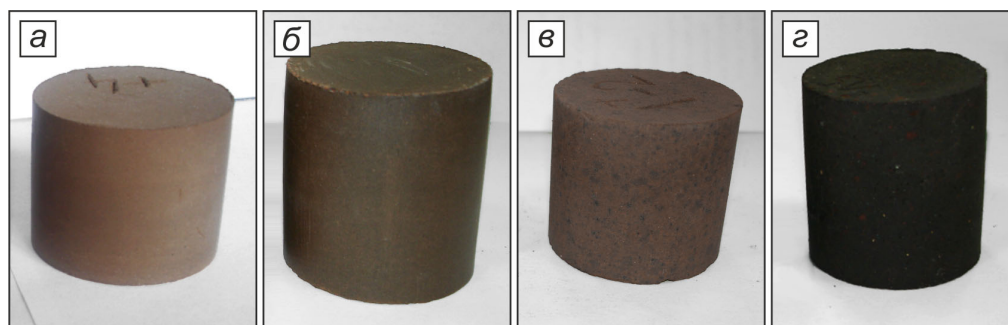


Рис. 1 – Цветовая окраска керамических образцов из шихты на основе глинистого сырья с добавкой 10 мас. % марганецсодержащих отходов (а, б) и из шихты на основе железнорудных отходов и глинистого сырья с добавкой 10 мас. % ванадиевого шлака (в, г), изготовленных обычным (а, в) и разработанным (б, г) способами

Для повышения достоверности результатов и оптимизации технологических параметров и режимов производства декоративного керамического кирпича и снижения количества погрешностей в расчетах была проведена математическая обработка полученных экспериментальных данных.

При обработке данных эксперимента в исследовании был использован программный пакет для статистического анализа «STATISTICA Advanced» (Dell, США) [11]. С привлечением статистических методов и алгоритмов определена функциональная зависимость между параметрами массива данных и выполнена графическая визуализация корреляционных матриц. Установлено и рассчитано соотношение между показателями физико-механических свойств строительных материалов и технологическими параметрами их изготовления как функциональная зависимость между тремя параметрами X , Y , Z вида:

$$z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2, \quad (1)$$

где a, b, c, d, e, f – числовые коэффициенты.

Математическая обработка показателей физико-механических свойств декоративных керамических образцов для различных шихтовых составов проводилась на примере предела прочности при сжатии (табл. 2, 3) в зависимости от температуры обжига керамики.

Табл. 2. Прочность при сжатии керамических образцов из глинистого сырья и марганецсодержащих отходов при различных температурах обжига

Температура обжига, °С	Содержание марганцевой пыли газоочистки в составе шихты, %				
	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
<i>Прочность при сжатии, МПа</i>					
850	18,2	19,7	17,5	20,8	20,9
900	29,1	29,8	30,4	30,5	31,1
950	33,4	34,5	34,1	35,5	35,2
1000	37,9	38,8	39,2	41,5	41,7
1050	36,3	37,2	37,8	36,4	35,1

Графическая интерпретация установленных функциональных зависимостей показана на рис. 2.

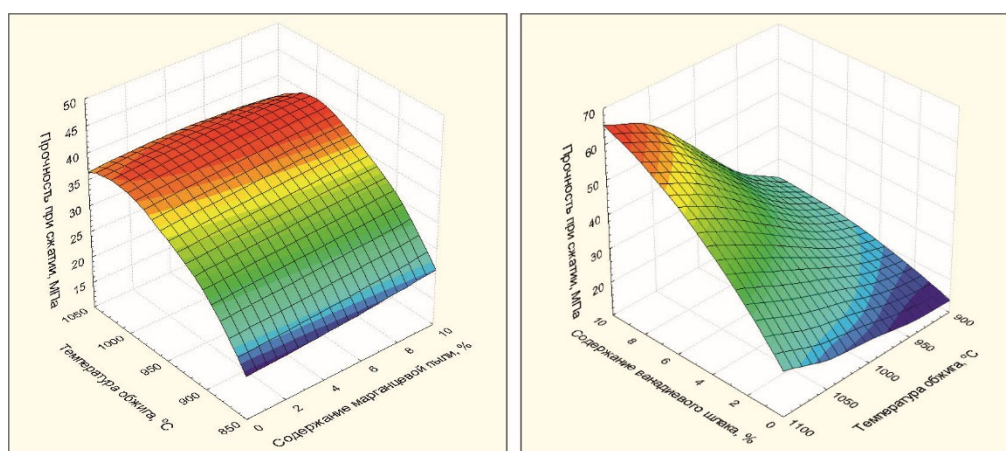


Рис. 2. Графическая зависимость предела прочности при сжатии от количества марганцевых отходов (слева) и ванадиевого шлака (справа) в составе шихты при различных температурах обжига керамических образцов

По результатам математической обработки экспериментальных данных была определена зависимость предела прочности при сжатии ($R_{сж}$) для керамических образцов на основе среднепластичного глинистого сырья с добавкой марганецсодержащих отходов как функция приближения второго порядка:

$$R_{сж}(x,y) = 1,344x + 1,566y - 0,011x^2 - 0,0011xy - 0,0008y^2 - 753,078 \quad (2)$$

Табл. 3. Прочность при сжатии керамических образцов из шламистых железорудных отходов, глинистого сырья и ванадиевого шлака при различных температурах обжига

Температура обжига, °С	Содержание ванадиевого шлака в составе шихты, %				
	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
<i>Прочность при сжатии, МПа</i>					
850	14,2	17,4	21,0	24,3	25,1
900	15,4	17,6	28,2	28,3	29,4
950	16,9	29,5	34,8	38,2	47,9
1000	19,2	21,4	49,7	57,1	61,8
1050	24,8	38,1	51,3	59,2	62,4

Аналогичным образом в зависимости от температуры обжига определена функция приближения второго порядка $R_{сж}$ для керамических образцов на основе отходов обогащения железных руд со смесью среднепластичного глинистого сырья и ванадиевого шлака:

$$R_{сж}(x,y) = 34,350 - 13,021x - 0,091y - 0,153x^2 - 0,017xy \quad (3)$$

В функциях второго порядка (2, 3) многочлены с числовыми коэффициентами близкими к нулю не показаны.

Выводы. С применением автоматизированного статистического программного комплекса для обработки экспериментальных данных установлены оптимальные составы и температуры обжига гранулированных керамических шихт на основе глинистого сырья с марганецсодержащими отходами (мас.%): ленинск-кузнецкая глина – 90–93; марганцевая пыль газоочистки – 7–10; температура обжига – 970–1000 °С. Оптимальный состав шихты из техногенного сырья, со смесью глины и ванадийсодержащих отходов (мас. %): шламистая часть отходов обогащения железных руд – 80; ленинск-кузнецкая глина – 13–15; ванадиевый шлак – 5–7; температура обжига – 1020–1050 °С.

Исследования проведены при финансовой поддержке Федерального фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 12839ГУ/2018 от 26.04.2018 г. «Разработка декоративного керамического кирпича с использованием минеральных промышленных отходов»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Болбеко, А.В. Применение ангобов в керамике / А.В. Болбеко, А.И. Бровикова, Н.А. Арвентьева // Gaudeamus igitur. – 2015. – № 1. – С. 52–54.
2. Салахов А.М. Керамика вокруг нас / А.М. Салахов, Р.А. Салахова. – М. : ООО РИФ «Стройматериалы», 2008. – 160 с.
3. Rathossi C. Effect of firing temperature and atmosphere on ceramics made of NW Peloponnese clay sediments: Part II. Chemistry of pyrometamorphic minerals and comparison with ancient ceramics / C. Rathossi, Y. Pontikes // Journal of the European Ceramic Society. – 2010. – № 30. – P. 1853–1866.
4. Пищ, И.В. Методы окрашивания керамического кирпича / И.В. Пищ, Г.Н. Масленникова, Н.А. Гвоздева и др. // Стекло и керамика. – 2007. – № 8. – С. 15–18.
5. Мойсов, Г.Л. Разработка эффективных хромофорных добавок для выпуска цветного керамического кирпича на предприятиях Краснодарского края / Г.Л. Мойсов // Строительные материалы. – 2001. – № 10. – С. 16–18.
6. Preparation of nano-iron oxide red pigment powders by use of cyanided tailings / L. Dengxin, G. Guolong, M. Fanling, J. Chong // Journal of Hazardous Materials. – 2008. – № 155. – P. 369–377.
7. Обоснование эффективности компрессионного формования керамических строительных материалов / Г.Д. Ашмарин, В.В. Курносков, С.Е. Беляев, В.Г. Ласточкин // Строительные материалы. – 2011. – № 2. – С. 8–9.
8. Столбоушкин, А.Ю. Использование промышленных отходов при окрашивании керамических матричных композитов на основе природного и

техногенного сырья / А.Ю. Столбоушкин, Д.В. Акст, О.А. Фомина // Материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2016. – С. 154–160.

9. Получение декоративной стеновой керамики из глинистого сырья и отходов добычи марганцевых руд / А.Ю. Столбоушкин, О.А. Фомина, Д.В. Акст и др. // Строительные материалы. – 2016. – № 12. – С. 38–44.

10. Пат. 2641533 РФ. Способ получения сырьевой смеси для декоративной стеновой керамики / А.Ю. Столбоушкин, Д.В. Акст, А.И. Иванов и др. // Бюл. – 2018. – № 2. – С. 7.

11. Боровиков, В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA / В.П. Боровиков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 288 с.

УДК 624.07

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОСЛОЙНОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Алимов М.Ф., аспирант

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена имитационная модель послойной деградации конструкции фундаментной плиты с применением ПК SCAD 21.1. Предложена методика прогнозирования сроков службы и конструктивного обеспечения ресурса конструкции при заданных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: фундаментная плита, агрессивная среда, напряженно-деформируемое состояние, деградационная функция.

Наиболее распространенной агрессивной эксплуатационной средой для многих инженерных конструкций является хлоридосодержащая среда. Повреждения, вызванные воздействием хлоридной коррозии, являются основной причиной снижения долговечности и целостности железобетонных конструкций.

Согласно результатам химического анализа природных и сточных вод в г. Саранске установлено, что они содержат около 369,107 мг/л ионов хлора. С учетом накопления ионов хлора грунты являются агрессивными по отношению к бетону, вызывают коррозию арматуры, снижают прочность бетона. Поэтому задача расчета сроков эксплуатации армобетонных конструкций, эксплуатирующихся в грунте, либо соприкасающихся с грунтом, который насыщен ионами хлора, является актуальной [1, 4].

СОДЕРЖАНИЕ

АКАДЕМИК РААСН ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЧ СЕЛЯЕВ	3
РАЗВИТИЕ БАЗОВОГО НАУЧНОГО ЗНАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ (Чернышов Е.М.)	5
К ЮБИЛЕЮ ВЛАДИМИРА ПАВЛОВИЧА СЕЛЯЕВА	6
ВОЗМОЖНОСТИ УСИЛЕНИЯ КАРБАМИДНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г.)	8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ШИХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ (Акст Д.В., Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А.)	13
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОСЛОЙНОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ (Алимов М.Ф.)	18
РАСЧЕТ И ОЦЕНКА НДС ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ (Алимов М.Ф., Селяев П.В.)	24
РЯД ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РФ (Анпилов С.М., Сорочайкин А.Н.)	30
К ВОПРОСУ О НАПРЯЖЕНИЯХ В НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ В.В. НОВОЖИЛОВА (Бакушев С.В.)	35
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРУБОПРОВОДОВ С КОРРОЗИОННЫМ РАСТРЕСКИВАНИЕМ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ (Баширзаде С.Р.)	42
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КИРПИЧА МЯГКОЙ ФОРМОВКИ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ (Божко Ю.А., Терёхина Ю.В.)	48
КИНЕТИКА СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ (Бритвина Е.А., Шведова М.А., Ибряева А.И., Бабенко Д.С.)	53
ОСВЕЩЕНИЕ ВОПРОСОВ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (Евсеева С.С., Аверина Л.К.)	58

Научное издание

**ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ**

**Материалы Всероссийской научно-технической конференции,
посвященной 75-летию заслуженного деятеля науки Российской Федерации,
академика РААСН, доктора технических наук, профессора
Селяева Владимира Павловича**

(3–5 декабря 2019 г.)

*Печатается в авторской редакции в соответствии
с представленным оригинал-макетом*

Дизайн обложки Н. С. Ковтуненко

Подписано в печать 25.11.19. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Усл. печ. л. 29,99. Тираж 100 экз. Заказ № 2313.

Издательство Мордовского университета
Типография Издательства Мордовского университета
430005, г. Саранск, ул. Советская, 24