

29

На правах рукописи



00345748 1

АМХА Бетемариям Гезму

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ
ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ НА КАРЬЕРАХ**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

12 ДЕК 2008

Тула - 2008

Работа выполнена в Тульском государственном университете.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Булычев Николай Спиридонович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Копылов Андрей Борисович

кандидат технических наук Батуков Петр Михайлович

Ведущая организация:

Подмосковный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт (ОАО «ПНИИИ»)

Защита состоится «30» декабря 2008 г. в 12 час. на заседании диссертационного совета Д 212.271.04 в Тульском государственном университете по адресу: 300600 г. Тула, пр. Ленина, 90., ауд. 302
Тел./факс: (0872) 352-113; E-mail: nsb@sps.tsu.tula.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тульского государственного университета.

Автореферат разослан “28” ноября 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А.Е. Пушкарев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Горная промышленность любой страны играет важную роль в ее минерально-сырьевом балансе. В соответствии с программой реструктуризации и общей стратегией развития горной промышленности различных стран предусматривается превращение ее в устойчиво функционирующую и рентабельную отрасль за счет создания конкурентоспособных предприятий, освоения месторождений с благоприятными горно-геологическими условиями, внедрения новых технологий, комплексной экологически чистой переработкой полезных ископаемых. При этом особое место в этих стратегических планах занимает открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых. Объем же взрывных работ на карьерах всегда весьма значительный.

На современном этапе развития горнодобывающей промышленности буровзрывные работы должны обеспечивать формирование компактного навала отбитой горной массы, качественное дробление пород, минимальное нарушение целостности законтурной части массива, защиту от сейсмического воздействия взрыва. Важную роль в этом отношении играют проработка подошвы уступа, тесно связанная с величиной «перебура» скважин и определение формы и размеров зоны дробления пород для получения определенной крупности горной массы при взрыве скважинного заряда.

Эти вопросы в настоящее время пока еще недостаточно изучены, о чем свидетельствуют неоправданные расходы на бурение взрывных скважин, обусловленные поглощением основной энергии взрыва массивом горных пород. Это приводит к неравномерному дроблению пород, наличию негабарита и недостаточный выход горной массы с 1 м взрывной скважины, что является одним из основных показателей эффективности взрывных

работ на карьерах. Взрывные работы являются одним из основных источников загрязнения атмосферы пылегазовыми выбросами.

Существующие методы прогнозирования пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах требуют более глубокого научного обоснования рациональных параметров взрывных работ. Это повысит точность прогнозных расчетов при инвентаризации источников загрязнения атмосферы при добыче полезных ископаемых открытым способом.

В связи с этим представленная диссертационная работа, направленная на совершенствование методики расчета пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах является актуальной.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическим планом хозяйственных и госбюджетных научно-исследовательских работ кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений ТулГУ.

Целью работы являлось уточнение закономерностей влияния перебура взрывных скважин в конкретных условиях взрывания с учетом крепости горных пород для совершенствования метода прогнозирования пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах, что повысит эффективность экологического мониторинга при открытом способе добычи полезных ископаемых.

Идея работы заключается в том, что совершенствование метода прогнозирования пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах, повышающего эффективность экологического мониторинга при открытом способе добычи полезных ископаемых, основывается на физически обоснованных параметрах взрывных работ на карьерах.

Методы исследования включают систематизацию, обобщение и анализ предшествующих исследований, методы математической статистики и корреляционного анализа, а также - метод анализа размерностей, для установления требуемых зависимостей.

Новые научные результаты, полученные лично соискателем:

1. Установлена эмпирическая зависимость выхода горной массы с 1 м взрывной скважины при уступной разработке карьера от комбинации следующих параметров взрывных работ: диаметр скважины; удельный расход ВВ; расстояние между рядами зарядов; расстояния между зарядами в ряду линии сопротивления по подошве уступа; величина перебура взрывной скважины; категория взрываемости пород; коэффициента крепости горных пород по шкале М.М. Протодяконова.

2. На основании анализа промышленного опыта взрывных работ на карьерах получена корреляционная зависимость величины требуемого заглубления взрывной скважины ниже подошвы уступа (перебур скважины) от коэффициента крепости пород по Протодяконову.

3. Усовершенствована методика прогнозирования пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах.

Достоверность научных положений и выводов диссертационных исследований обеспечивается представительностью принятых к анализу материалов по экспериментальным и промышленным взрывам скважинных зарядов на карьерах, который охватывает широкий диапазон инженерно-геологических условий (в работе использовались данные по 98 взрывам скважинных зарядов) и достаточно высокими коэффициентами корреляции полученных корреляционных зависимостей (0,69; 0,93).

Научное значение заключается в установлении закономерностей влияния параметров взрывных работ на выход горной массы с 1 м взрывной скважины и мощность пылегазового выброса в атмосферу, что является показателем технологической и геоэкологической эффективности взрывных работ.

Практическое значение, реализация работы. На основании установленных закономерностей разработан метод расчета рациональных параметров массовых взрывов на карьерах, который позволяет получить наи-

более рациональный вариант технологии управления энергией взрыва с минимальными затратами на производство взрыва и достоверными оценками экологических последствий взрывных работ.

Результаты работы реализованы в учебном процессе на кафедре ГиСПС ТулГУ и будут реализованы на открытых разработках полезных ископаемых в Эфиопии.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на конференциях профессорско-преподавательского состава Тульского государственного университета (г. Тула, 2006-2007) и на IV - Международной конференции “Геомеханика. Механика подземных сооружений” (г. Тула, 2007) .

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 4 научных работы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 80 наименований, включает 22 рисунка, 31 таблицу.

Автор благодарит сотрудников кафедры ГиСПС ТулГУ за помощь при подготовке данной диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Проблеме разрушения массива горных пород взрывом и управления энергией взрыва посвящено большое количество исследований и публикаций, однако до сих пор нет единой точки зрения на физическую сущность процесса развития взрыва в горных породах. Можно выделить следующие основные концепции воздействия взрыва на массив горных пород:

- принцип пропорциональности разрушенного объема пород массе зарядов ВВ и учет различных видов сопротивления среды действию взрыва (М.М. Боресков, М.М. Фролов, А.Ф. Суханов и др.);

- воздействие взрывных волн, в том числе – ударной волны (Ф.А. Баум, А.Н.Ханукаев, Кумао Хино (Kumaо Hino) и др.);

- гидродинамическая теория действия взрыва (О.Е.Власов, группа исследователей под руководством М.А.Лаврентьева и др.);

- энергетическая схема действия взрыва (Г.П. Демидюк, Л.В.Дубнов, Г.И. Покровский, и др.).

Количественные закономерности действия взрыва в твердой среде получены Г.И. Покровским. Ф.А. Белаенко, Ю.В. Гаек, М.Ф. Друкованный, Е.П. Максимова считали, что к цилиндрическим зарядам могут быть применены положения теории упругости. Ф.А.Белаенко пришел к выводу, что основной объем разрушений вызывается трещинами, распространяющимися от заряда.

Основы расчета дробления горных пород взрывом разработаны О.К. Власовым и С.А. Смирновым и развиты в работах А.Е. Азарковича, Г.И. Покровского, Б.Н. Кутузова и др. Труды П.В. Мельникова и Л.Н. Марченко связаны с разработкой рациональных конструкций зарядов.

Отсутствие обоснованных теоретических представлений о механизме разрушения горных пород взрывом является одной из причин отсутствия единых и эффективных методов расчета параметров БВР, технологических решений по управлению качеством дробления, объемом выхода взорванной горной массы, пылегазовыми выбросами при взрыве и др.

Таким образом, современное состояние знаний по рассматриваемой проблеме, цель и идея работы обусловили необходимость постановки и решения следующих задач.

1. Изучить содержание и структуру существующей базы данных по воздействию взрывных работ на карьерах на окружающую среду и взаимосвязи пылегазовых выбросов в атмосферу с технологическими параметрами буро-взрывных работ.

2. Установить закономерности влияния параметров скважин на массу заряда и формирования пылегазовых выбросов в атмосферу при открытом способе разработке месторождений полезных ископаемых.

3. Разработать программный комплекс на базе имеющихся математических пакетов системы Microsoft Office для статистической обработки данных по параметрам буровзрывных работ в геомеханических условиях.

4. Усовершенствовать методику расчета пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах, осуществить практическую апробацию на известняковых карьерах Тульской области.

При разработке карьеров с применением скважинных зарядов типовой является уступная схема размещения зарядов, показанная на рис 1.

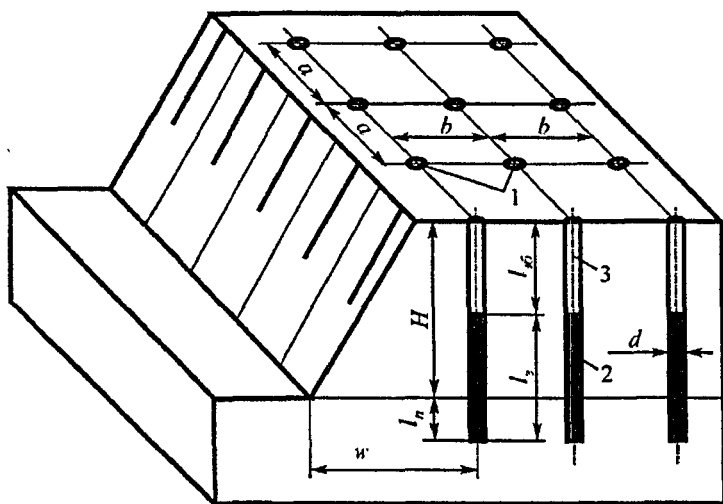


Рис. 1. Типовая схема расположения скважинных зарядов в уступе:

1 – скважины; 2 – заряды; 3 – забойка

Здесь и далее по тексту приняты следующие обозначения: a – расстояние между зарядами в ряду; b – расстояние между рядами зарядов; d – диаметр скважины; l_3 – длина заряда вдоль скважины; $l_{3б}$ – длина забойки; l_n – глубина перебура скважины; H – высота уступа; w – линия сопротивления по подошве уступа

Эффективность взрывных работ на карьерах оценивается по выходу раздробленной горной массы, единицей измерения которой является выход раздробленной горной массы, приходящийся на 1 м взрывной скважины.

Теоретического решения такой задачи не имеется, поэтому в представленной работе при разработке метода расчета параметров скважинных зарядов в широком диапазоне изменения входных данных принят за основу вероятностно-статистический расчетный метод. Автором использован обширный материал, опубликованный в научно-технической литературе, а также – собранный на кафедре СПС университета, по экспериментальным и промышленным взрывам на карьерах скважинных зарядов, который охватывает разнообразные условия, имеет представительный объем и достаточную полноту сведений. Использовались данные по 98 взрывам скважинных зарядов (массовых взрывов).

Для решения этой задачи предварительно изучались парные зависимости между исследуемыми параметрами, а затем было установлено уравнение множественной регрессии. В результате обработки данных было получено 72 уравнения парных линий регрессии между исследуемыми параметрами. Искомое множественное уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$V_{cp} = 67,20 - ,15a + 4,74b - 208,89d - 0,24 f + \\ + 0,01 I_n + 5,33 k_1 - 21,99q + 1,16 w, \quad (1)$$

где V_{cp} - среднее значение объема горной массы, приходящейся на 1 м взрывной скважины; f – коэффициент крепости по Протодьяконову; k_1 – категория взрываемости горных пород ; q - удельный расход ВВ.

Область применения полученной формулы лежит в следующих пределах изменения исходных параметров: расстояние между зарядами в ряду от 4 м до 9 м ; расстояние между рядами зарядов от 4 м до 8 м; линия

сопротивления по подошве уступа от 7 м до 15 м; диаметр скважин от 190 мм до 320 мм ;глубина перебура от 1,5 м до 5 м ; удельный расход ВВ от 0,3 кг/м³ до 0,7 кг/м³; коэффициент крепости горных пород по шкале М.М. Протодяконова от 2 до 20 и категория взрываемости пород от II до V.

Полученная зависимость послужила основой для разработки метода расчета рациональных параметров скважинных зарядов для массового взрыва. Метод (порядок) поэтапного расчета позволяет получить наиболее рациональный вариант технологии управления энергией взрыва с минимальными затратами на производство взрыва.

На рис. 1 и в формуле (1) фигурирует участок взрывной скважины, заглубленный в подошву уступа – перебур. Определение величины перебура – это вторая актуальная задача, сформулированная в диссертации.

Перебур скважин ниже подошвы уступа облегчает её проработку. Основное назначение перебура - поддержание подошвы уступа на заданной отметке в нормальном состоянии. Выступы (пороги) на подошве уступа после взрыва не только требуют трудоемких работ по их ликвидации, но и вызывают простои горно-транспортного оборудования. Поэтому качественная проработка подошвы уступа является существенным показателем успешного ведения взрывных работ.

На выбор величины перебура влияют физико-механические свойства взрываемых горных пород, условия залегания и мощность напластования пород нижней части уступа, параметры буровзрывных работ, конструкция заряда, характеристики ВВ, схема взрыва и др. Влияние такого большого количества факторов на выбор величины перебура не позволяет сделать общие рекомендации по выбору рациональной-величины перебура. Они устанавливаются в каждом конкретном случае с учетом факторов, влияющих на выбор величины перебура.

Значительный вклад в изучение проблемы перебура внесли Ю.К. Валухин, В.И. Гуцин, Г.П. Демидюк, М.Ф. Друкованный, У. Лангефорсом,

А.Б.Фадеев, М.Б. Эткин, Kumaо Niно и др.

Технологическая необходимость перебура скважин наряду с отмеченными достоинствами имеет целый ряд отрицательных сторон. Во-первых, вследствие высокой стоимости бурения скважин на карьерах основным недостатком перебура является дополнительный расход на бурение. Во-вторых, коэффициент полезного использования энергии взрыва в области перебура незначителен, так как основная энергия взрыва расходуется на создание сейсмических колебаний массива, находящегося ниже подошвы уступа. То обстоятельство, что значительная часть заряда ВВ располагается в перебуре, в значительной мере обуславливает плохое дробление верхней части уступа.

В-третьих, большие перебуры приводят к тому, что верхняя часть следующего уступа нарушается трещинами. Наличие трещин отрицательно сказывается на забуривании скважин, при этом резко снижается производительность буровых станков. Кроме того, наличие трещин в верхней части уступа повышает выход негабарита, что объясняется как трещиноватостью пород, так и значительным удалением заряда от разрушаемой части массива.

В большинстве случаев при проектировании буровзрывных работ на карьере величину перебура определяют в зависимости от одного, в редких случаях, двух влияющих факторов. Так, технические правила и работы ряда других исследователей рекомендуют принимать величину перебура в зависимости от диаметра скважины по формуле: $l_n = K_n d$. Что касается коэффициента K_n , то он принимает значения 7-15. Для установления величины перебура взрывных скважин использовано большое количество опубликованных экспериментальных и промышленных данных из опыта работы карьеров, в том числе – имевшихся на кафедре геотехнологий и СПС Тульского государственного университета. Были рассмотрены следующие карьеры: Александровский, Барсуковский, Березовский, Дубенский, Ива-

новский, Калуга – Вязьма карьер, Карагайский, Катав-Хребетский, Лебединский, Малый Кузбасс, Мансуровский, Орский, Старо-Смолинский, Южный ГОК и ряд других.

Кроме того, были использованы результаты исследования величины перебура на моделях, выполненные для слабых пород ($f = 2-4$) в лаборатории взрывных работ на кафедре СПС университета, предоставленные автору доц. В.А. Герасимовым. В качестве ВВ применялся аммонит БЖВ, диаметры скважин составляли 5, 6, и 8 мм. Иницирование зарядов осуществлялось электродетонаторами ЭД-8. Качество дробления оценивалось ситовым анализом.

Для изучения влияния диаметра заряда на величину перебура из полученных материалов были выбраны следующие параметры: диаметр заряда - от 150 до 269 мм; высота уступа – от 10 до 15 м; коэффициент крепости породы от 2 до 20 по шкале М.М. Протодяконова.

В результате получена следующая корреляционная зависимость для инженерных расчетов перебура взрывных скважин:

$$l_n = d(5,2 + 0,9f - 0,03f^2) . \quad (2)$$

В результате исследований установлена существенная положительная связь между величиной перебура и коэффициентом крепости пород по шкале Протодяконова (коэффициент корреляции $R = 0,93$). На рис. 2 показан график зависимости отношения величины перебура к диаметру заряда K_n от коэффициента крепости пород.

Одной из важных задач является теретическое решение задачи прогноза выхода дробленной горной массы, получаемой при массовом взрыве на карьере. Доказано, что вид функциональной зависимости для математического описания процесса взрыва может быть установлен с

использованием метода анализа размерностей. В диссертации приведены предварительные результаты такого исследования, нуждающиеся в дальнейшем развитии.

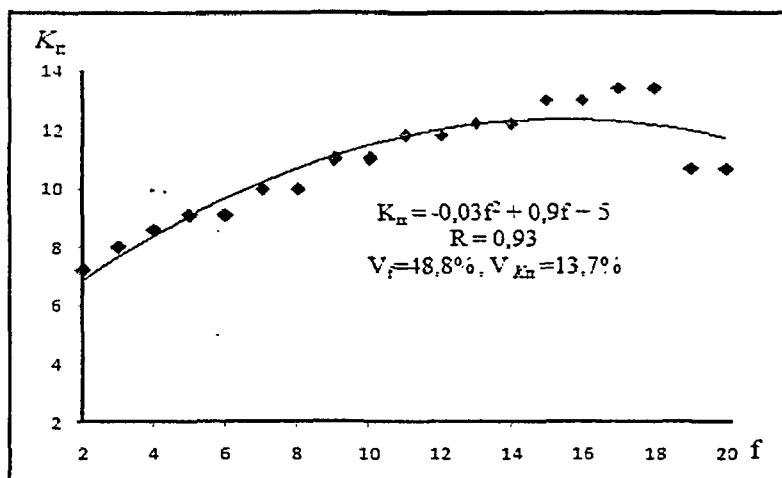


Рис. 2. Зависимость глубины перебура к диаметру заряда K_n от коэффициента крепости пород f по шкале проф. М.М. Протодьяконова

Выброс пыли в атмосферу при проведении взрывных работ рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot p_1 \cdot a_4 \cdot D \cdot 10^6}{t}, \quad (3)$$

где a_1 – количество материала, поднимаемого в воздух при взрыве 1 кг взрывчатого вещества – 4т/кг; a_2 – доля переходящей в аэрозоль летучей пыли с размером частиц 0-50 мкм по отношению к взорванной массе – $2,10 \cdot 10^{-5}$; a_4 – коэффициент, учитывающий обводнение скважины и пред-

варительное обводнение забоя; P_1 – коэффициент, учитывающий скорость ветра в зоне взрыва; D – величина заряда ВВ; t – продолжительность эмиссии пыли – 1200с.

Выброс в атмосферу оксидов углерода и азота осуществляют по формуле:

$$M = \frac{g}{\xi} \cdot \mu \cdot 10^{-5}, \quad (4)$$

где g – объем образующихся газов при взрыве заданной массы ВВ; ξ – число Авогадро; μ – масса одного моля.

Результаты прогнозирования пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьере «Турдейский» составили: пыли – 2,12 т/год; оксида углерода – 3,1 т/год; оксида азота – 0,46 т/год. Прогноз пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на известняковом карьере «Хомяковский» составили: пыли – 0,2448 т/год; оксида углерода – 2,4636 т/год; оксида азота – 3,3996 т/год.

Основные научные результаты работы использованы в учебном процессе на кафедре геотехнологий и строительства подземных сооружений ТулГУ и будут реализованы на открытых разработках полезных ископаемых в Эфиопии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании установленных эмпирических зависимостей, отражающих закономерности формирования выхода дробленой горной массы в процессе массовых взрывов на карьерах, разработан метод расчета рациональных параметров скважинных зарядов, позволяющий

усовершенствовать методику прогнозирования пылегазовых выбросов при взрывных работах на карьерах и повысить эффективность технологии управления энергией массовых взрывов на карьерах по аэрологическому фактору, что имеет существенное значение для экономики открытых горных работ.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации работы заключаются в следующем:

1. Усовершенствована методика расчета пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах на основании установленных зависимостей, отражающих закономерности формирования выхода дробленой горной массы в процессе массовых взрывов.

2. Практическая апробация предлагаемой методики расчета пылегазовых выбросов в атмосферу и результаты прогнозирования пылегазовых выбросов при взрывных работах на известняковых карьерах Тульской области показывают, что валовые выбросы загрязнителей в среднем составляют: пыли – 2,3648 т/год; оксида углерода – 5,5636 т/год; оксида азота – 3,8596 т/год.

3. Установлено, что средний объем выхода дробленой горной массы, а, следовательно, и пылегазовый выброс при взрывных работах зависят от удельного расхода ВВ, диаметра заряда (скважины), расстояния между рядами (скважинами) в ряду, расстояния между рядами зарядов, величины заглубления заряда в почву уступа (перебура), линии сопротивления по подошве уступа, коэффициента крепости горных пород по М.М. Прото-дьяконову и категории взрываемости пород.

4. Установлена зависимость величины требуемого заглубления взрывной скважины ниже подошвы уступа (перебур скважины) от коэффициента крепости пород по М.М. Прото-дьяконову (коэффициент корреляции составляет $R = 0,93$).

5. Область применения установленных закономерностей лежит в следующих пределах изменения исходных параметров: расстояние между рядами в ряду от 4 м до 9 м; расстояние между рядами зарядов от 4 м до 8 м; линия сопротивления по подошве уступа от 7 м до 15 м; диаметр скважин от 190 мм до 320 мм; глубина перебура от 1,5 м до 5 м; удельный расход ВВ от 0,3 кг/м³ до 0,7 кг/м³; коэффициент крепости горных пород по шкале М.М. Протоdjяконова от 2 до 20 и категория взрываемости пород от II до V.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Амха Б.Г., Герасимов В.А. Влияние параметров скважинных зарядов ВВ и свойств взрывааемых пород на выход горной массы. – М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. Вып.9. – Издательство МГГУ, 2007. - С.119-121.

2. Герасимов В.А., Амха Б.Г. Расчет величины перебура скважин при взрывании на карьерах // Вестник ТулГУ Сер. Геомеханика. Механика подземных сооружений. Вып.1 – Тула, 2007. - С. 61-63.

3. Амха Б.Г. Проблемы в теории разрушения горных пород энергией взрыва // Вестник ТулГУ Сер. Геомеханика. Механика подземных сооружений. Вып.1 – Тула, 2007. - С. 80 - 83.

4. Амха Б.Г. Метод определения выхода разрушенной горной массы с метра взрывной скважины на карьере // Известия ТулГУ. Естественные науки. Сер. Науки о земле. Вып.2. – Тула, 2007. - С. 206-209.

Изд. лиц. ЛР №020300 от 12.02.97. Подписано в печать 24.11.08.
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл.-печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 047
Тульский государственный университет. 300600, г. Тула, просп. Ленина, 92.
Отпечатано в Издательстве ТулГУ. 300600, г. Тула, ул. Болдина, 151.

16