

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им.Х.М. БЕРБЕКОВА

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

**РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

Для студентов заочного вида обучения специальности:
290300 – Промышленное и гражданское строительство

НАЛЬЧИК 2003

УДК 624.1 (075)
ББК 38.581 я73

Рецензент:
кандидат физико-математических наук,
зав. лабораторией ВГИ
Х.М. Машуков

Составители: Вороков В.Х., Бозиев И.А., Гучапшев Х.М.
Механика грунтов. Руководство к лабораторным работам. – Нальчик:
Каб.-Балк. ун-т, 2003. – 18 с.

Настоящее издание содержит краткие методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Механика грунтов».

Издание предназначено для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство».

Рекомендовано РИСом университета

УДК 624.1 (075)
ББК 38.581 я73

© Кабардино-Балкарский государственный
университет, 2003

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Занятия в лаборатории проводятся одновременно со всей подгруппой.
2. К занятиям допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, оформившие отчет по предыдущему занятию и ознакомившиеся с содержанием работ (по рекомендованной литературе).
3. В начале занятий преподаватель проверяет готовность группы к выполнению очередных работ. Студенты, получившие при проверке готовности неудовлетворительные оценки, к занятиям не допускаются.
4. Во время выполнения работы каждый студент обязан вести записи всех измерений и показаний приборов в своем журнале (тетради). В журнал вносятся также результаты расчетов, которые вместе с результатами опытов предъявляются преподавателю по окончании лабораторной работы.
5. Студенты, пропустившие лабораторные занятия по уважительной причине, обязаны выполнить соответствующие работы в день повторных занятий, назначаемых по особому расписанию.
6. Каждая работа после проведения необходимых вычислений и оформления защищается индивидуально. Работа считается завершенной, если она зачтена преподавателем.
7. Не разрешается накопление незавершенных (незащищенных) работ к концу семестра. Студент, не защитивший две предыдущие работы, к последующим работам не допускается.
8. После выполнения всех намеченных работ в соответствии с рабочей программой данной дисциплины устраивается зачет по лабораторным работам. Студентам, обнаружившим при выполнении лабораторных работ хорошую подготовленность и сознательное отношение к учёбе, отметка о зачете проставляется автоматически после завершения и оформления в журнале всех работ.
9. В лаборатории студенты обязаны соблюдать трудовую дисциплину, бережно относиться к государственному имуществу.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ВЕСОВЫМ СПОСОБОМ

Влажностью грунта называют отношение массы воды, содержащиеся в образце грунта к массе этого же образца, высушенного при температуре 100–150 °С до постоянной массы.

Необходимое оборудование

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. Технические весы. | 4. Сушильный шкаф |
| 2. Комплект разновесок. | 5. Эксикатор. |
| 3. Бюксы. | 6. Нож. |

Порядок определения

1. Взвешивают алюминиевую бюксу. Записывают номер бюксы и ее вес – q_0 .
2. Взвешивают бюксы с грунтом (вес q_1). Проба грунта должна весить около 10 г.
3. Высушивают грунт при открытой крышке бюксы при 100-105 °С.
4. Накрывают бюксу крышкой и помещают для охлаждения в эксикатор, а затем взвешивают (q_2). Взвешивание производят с точностью до 0,01 г.

Результаты измерений и вычислений по определению влажности грунта весовым способом вносятся в таблицу 1.

Таблица 1

№ № п/п	Номер бюкса	Вес стаканчика	Вес стаканчика с грунтом естественной влажности	Вес стаканчика грунта после высушки		Принятый постоянный вес грунта сухого со стаканом	Влажность грунта в долях единиц
				первое взвешивание	второе взвешивание		
	№	q_0	q_1	q_2'	q_2''	q_2	W
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
4							

Влажность грунта определяется по формуле (1):

$$W = \frac{q_1 - q_2}{q_2 - q_0} \quad (1)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГРУНТА

Плотность грунта – ρ – отношение массы грунта, включая массу воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему.

Рассмотрим два метода определения плотности грунта:

1. Метод режущего кольца.
2. Метод парафинирования.

1. Метод режущего кольца. Этот метод применяется для глинистых грунтов, поддающихся обработке ножом. Применяют для этой цели металлическое кольцо с заостренными краями. Рекомендуется кольцо диаметром не менее 50 мм и высотой 20-30 мм.

Необходимое оборудование

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1. Технические весы. | 4. Разновески. |
| 2. Кольцо режущее. | 5. Сушильный шкаф. |
| 3. Нож. | |

Порядок определения

1. Определить массу режущего кольца (q_1).
2. Определить объем режущего кольца (V).

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h ;$$

где: h – высота кольца,

d – диаметр кольца (внутренний).

3. Набрать в кольцо монолит грунта. Для этого на выровненную площадку монолита грунта поставить кольцо острым краем вниз. Придерживая кольцо одной рукой, вырезать острым ножом столбик грунта диаметром на 0,5-1мм превышающем наружный диаметр кольца. Одновременно понемногу нажимать на кольцо, чтобы грунт заполнял кольцо. После заполнения аккуратно и ровно срезать верх и низ кольца.

4. Кольцо вместе с грунтом взвесить (q).

5. Определить плотность грунта по формуле (2):

$$\rho = \frac{q - q_1}{V}, \text{ г/см}^3 \quad (2)$$

6. Взять из кольца часть грунта и определить влажность W . Точность взвешивания до 0,01 г.

Результаты определения объемной массы влажного грунта методом режущего кольца вносятся в таблицу 2.

Таблица 2

№№ п/п	h см	d см	q ₁ г	q г	V см ³	P г/см ³	W дол/ед
1							
2							
3							

2. Метод парафинирования. Этот метод применяется для грунтов, не подлежащих взятию в кольцо (склонных к выкрашиванию).

Необходимое оборудование

1. Весы, техн. разновески.
2. Парафиновая ванна.
3. Электроплитка.
4. Деревянная подставка.
5. Нож.
6. Сосуд с водой.
7. Фильтровальная бумага.

Порядок определения

1. Берут образец грунта объемом не менее 30 см³ и зачищают острием выступающие углы, взвешивают (q).

2. Обвязывают образец тонкой ниткой и погружают в парафин, нагретый до 57 °С, а затем образец вынимают из ванны и охлаждают.

3. Взвешивают образец в парафиновой оболочке в воздухе (q₁).

4. Подвешивают образец на нитке к крючку весов, ставят на деревянную подставку стакан с водой и взвешивают образец в воде (q₂).

5. Образец обсушивают и производят контрольное взвешивание в воздухе, чтобы убедиться, что вода не проникла в поры грунта (=0,02 г) (q₁¹).

6. Вычисляют плотность грунта по формуле (3):

$$P = \frac{P_w \cdot P_n \cdot q}{P_n(q_1 - q_2) - P_w(q_1 - q)}, \text{ г/см}^3; \quad (3)$$

где: P_n – плотность парафина принимается равной 0,9 г/см³.

P_w – плотность воды принимается равной 1,0 г/см³.

q – масса образца парафиновой оболочки, г.

q₁ – масса образца с парафиновой оболочкой, г.

q₂ – масса образца с парафиновой оболочкой в воде, г.

Результаты определения плотности грунта методом парафинирования вносятся в таблицу 3.

Таблица 3

№№ образцов	q	q ₁	q ₂	P
1				
2				
3				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ ГРУНТА

Плотность частиц грунта определяется отношением массы скелета грунта ($q_{ск}$) к объему ($V_{ск}$) его частиц по формуле (4):

$$P_1 = \frac{q_{ск}}{V_{ск}}, \quad (\text{г/см}^3) \quad (4)$$

Необходимое оборудование

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1. Весы технические. | 4. Пипетки. |
| 2. Разновески. | 5. Термометр. |
| 3. Пикнометр. | 6. Песчаная баня. |

Порядок работы

1. Образец грунта в воздушно-сухом состоянии растирают в фарфоровой ступе пестиком с резиновым наконечником. Отбирают среднюю пробу массой 100-200 г. и просеивают через сито с отверстиями 2 мм.

2. Из просеянной и тщательно перемешанной пробы грунта берут в сушильный стаканчик навеску для определения удельной плотности. При этом на 100 см³ емкости пикнометра берут 15 г. грунта.

3. Навеску грунта высушивают в сушильном шкафу при 100-150 °С до постоянной массы.

Порядок определения

1. Во взвешенный и протарированный сухой пикнометр (масса q_1) осторожно засыпают навеску грунта. Пикнометр с грунтом взвешивают (q_2).

2. В пикнометр с грунтом наливают дистиллированную воду, примерно на 0,3-0,5 его емкости. Взбалтывают содержимое пикнометра и удаляют воздух из образовавшейся суспензии кипячением в течении одного часа на песчаной бане.

3. По окончании кипячения в пикнометр доливают до мерной черты на горлышке прокипяченную дистиллированную воду и охлаждают ее до комнатной температуры в ванне с водой.

4. Устанавливают нижний край мениска на уровне мерной черты с добавлением дистиллированной воды.

5. Взвешивают пикнометр с суспензией (q_3).

6. Взвешивают пикнометр с чистой водой ($V + q_1$).

Результаты определения удельной массы грунта вносятся в таблицу 4.

Таблица 4

№№ т/п	q ₁	q ₂	q ₃	P _s
1	2	3	4	5
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Плотность частиц грунта вычисляют по формуле (5):

$$P_s = \frac{q_2 - q_1}{V_x} = \frac{q_2 - q_1}{(q_2 - q_1) + (q_4 - q_3)} \cdot P_w; \quad (5)$$

где: q₁ – масса пикнометра, (г).

q₂ – масса пикнометра с грунтом (сухим), (г).

q₃ – масса грунта с суспензией до мерной черты, (г).

V – объем пикнометра, (см³).

P_w – плотность воды, (г/см³).

q₄ = V + q₁ – масса пикнометра с чистой водой до мерной черты, (г).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАСКАТЫВАНИЯ И ГРАНИЦЫ ТЕКУЧЕСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Физическое состояние глинистых пород характеризуется их консистенцией, под которой понимается степень подвижности слагающих породу частиц под влиянием внешних механических воздействий, при различной влажности грунта.

Изменение содержания воды обуславливает разное изменение физического состояния глинистого теста.

Тесто с большим содержанием воды представляет собой текучую, вязкую жидкость. По мере уменьшения влажности тесто приобретает сначала пластичность, а затем свойства полутвердого и твердого тела.

В зависимости от количества воды, в глинистом грунте различают три основные формы консистенции: твердую, пластичную, текучую.

Установление форм консистенции глинистых грунтов выполняют на основании сличения их природной влажности с влажностью так называемых пределов пластичности. Определение пределов пластичности производится по ГОСТ-25100-82. Стандарт распространяется на грунты, состоящие из частиц мельче 0,5 мм и нецементированных.

Нижним пределом пластичности или границей раскатывания (W_p) называют весовую влажность, при которой тесто, изготовленное из грунта и воды, раскатываемое в жгут толщиной 3 мм, начинает крошиться.

Верхним пределом пластичности или текучести (W_L) называют влажность теста, изготовленного из грунта и воды, в которое стандартный балансирующий конус погружается за 5 секунд под действием собственного веса ($P=76$ г) на глубину 10 мм.

Число пластичности – разность между влажностями, соответствующими границе текучести и раскатывания

$$I_p = W_L - W_p, \quad (6)$$

где W_L – влажность, соответствующая границе текучести;

W_p – влажность, соответствующая границе раскатывания.

Согласно ГОСТ-25100-82 производится классификация грунтов по числу пластичности (I_p). Супесь $0,01 \leq I_p \leq 0,07$; суглинки $0,07 \leq I_p \leq 0,17$; глины $I_p > 0,17$.

Необходимое оборудование

1. Весы технические.
2. Разновески.
3. Прибор с конусом.
4. Фарфоровые чашки.
5. Стекланный сосуд для сушки.
6. Сушильный шкаф.
7. Стаканчики.
8. Сито с ячейками 0,5 мм.
9. Порядок работы по определению границы текучести (W_L)

1. Природно-сухой образец размельчают пестиком, пропускают сквозь сито величиной отверстий 0,5 мм.

2. Прошедшие через сито частицы грунта смачиваются водой до получения густого теста и выдерживаются не менее 1 суток в закрытом стеклянном сосуде.

3. Влажные грунты разминаются с добавкой воды (если это требуется) и протираются сквозь сито величиною отверстий 0,5 мм.

4. Тесто тщательно перемешивают и выкладывают в стаканчик, заполняя его без пустот, поверхность его заглаживают.

5. Корпус прибора смачивают тонким слоем вазелина или жира, отпускают его на тесто, позволяя ему погружаться в тесто. Добавляя или перемешивая тесто, подбирают консистенцию так, чтобы конус за 5 секунд погрузился на глубину 10 мм в тесто. Этот факт указывает на достижение искомой границы текучести.

6. Отбирают из искомого теста пробу не менее 10 грамм для определения границы текучести, причем за границу текучести принимается среднее арифметическое. Расхождения в параллельных определениях допускается. Для супеси не $> 2\%$, для суглинков не $> 2,5\%$, для глины не $> 3\%$.

Порядок работы по определению границы раскатывания (W_p)

Если при этой толщине жгут сохраняет вязкость, эластичность, его перемминают и затем вновь раскатывают до указанной толщины. Длина жгута не должна выступать из-под ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут, достигнув толщины 3 мм, не начинает крошиться. Крошки собирают в стаканчики и определяют влажность. Для каждого образца грунта два параллельных определения.

Расхождения допускаются для супесей 1%; для суглинков – 2%. Затем определяют число пластичности по формуле (7).

Результаты определения числа пластичности вносятся в таблицу 5.

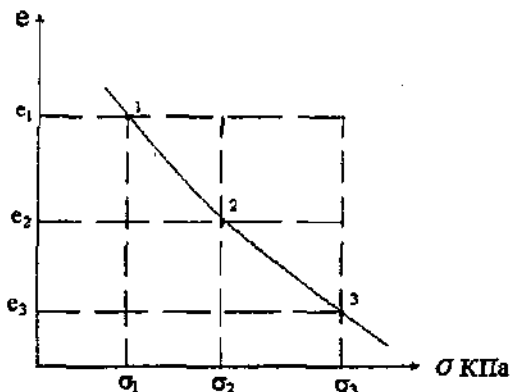
Таблица 5

№№ п/п	Номер ста- кан- чика	Харак- те- ристи- ка пре- делов	Вес стаканчи- ка, (г) q_1	Вес стакан- чика с грун- том, (г) по- сле высу- шивания q_3	Вес стакан- чика с грун- том, (г) до высушива- ния q_2	Влажность в долях единицы при W_L и W_p
1						
2						
3						

Влажность определяют по формуле: $W_{L,p} = \frac{q_2 - q_3}{q_3 - q_1}$ (7)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЖИМАЕМОСТИ ГРУНТОВ ПРИ КОМПРЕССИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Глинистые и песчаные грунты под действием приложенной к ним нагрузки сжимаются. Сжатие происходит за счет уменьшения объема пор в испытуемом образце. Поэтому мерой сжимаемости грунта может служить мера изменения пористости или, что удобнее, мера изменения коэффициента пористости. Зависимость между изменением давления и изменением коэффициента пористости может быть выражена графически. Кривая, выражающая эту зависимость, называется компрессионной кривой и имеет следующий вид:



Испытание грунта для определения компрессионной зависимости сводится к тому, что образец грунта с ненарушенной структурой, заключенный в металлическое кольцо, подвергается действию вертикальной равномерно распределенной нагрузки.

Необходимое оборудование

1. Компрессионный прибор.
2. Набор гирь (0,5; 1; 2 кг и т.д.).
3. Нож.
4. Индикатор.

Порядок работы

1. Грунт помещают в кольцо (см. лаб. работу №2).
2. Кольцо с грунтом помещается в одометр прибора.
3. Уравнивают рычаг прибора с помощью груза.
4. Одометр устанавливают на прибор и прижимают его поршнем, стопорным винтом. Одновременно устанавливают индикатор и снимают начальный отсчет.
5. Нагружают рычаг грузом, соответствующим заданному давлению на образец в кг/см^2 (кПа).
6. Отсчет снимают через 1,4; 10, 15 и 30 мин, а затем через 1, 2 часа и далее до условий стабилизации при разности двух суточных отчетов по индикатору не более 0,01 мм.
7. Глинистые грунты испытывают при условии полного замачивания.

Проведение расчетов

От величины показаний индикатора в процессе сжатия вычитают начальный отсчет по шкале индикатора. Приводят запись ранее определенных физических характеристик.

1. Вычисляют плотность сухого грунта.

2. Вычисляют коэффициент пористости в естественном состоянии по имеющимся данным по формуле (8):

$$e_o = \frac{\gamma(1+W)}{\rho} - 1, \quad (8)$$

а) масса кольца (q_k) и объем V ;

б) масса грунта с кольцом (q_1).

Коэффициент пористости (e_p) при нагрузке P_i определяется по формуле (9):

$$e_p = e_o - \Delta e_p = e_o \frac{\Delta h_p}{h_k} (1 + e_o); \quad (9)$$

где: e_o – пористость грунта в естественном состоянии;

h_k - высота кольца, мм;

Δh_p – деформация грунта от нагрузки σ_i .

Результаты испытания грунта в компрессионном приборе вносятся в таблицу 6.

Таблица 6

№ № п/п	На- грузка P_i кг/см ²	И - 1		И - 2		Деформации грунта $\Delta h_{pi} = \Delta r_{mi} =$ $= (\Delta r_{1i} + r_{2i}) / 2$	e_{pi}
		Отсчет r_{1i} (мм)	Разность отсчетов Δr_{1i}	Отсчет r_{2i} (мм)	Разность отсчетов Δr_{2i}		
1							
2							
3							
4							
5							

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ПЕСКА

Углом естественного откоса α называется максимальный угол между горизонтом и поверхностью свободного откоса песчаного грунта, при котором песок еще сохраняет равновесие.

Значение α для сухих водонасыщенных песков в рыхлом состоянии практически совпадает с углом внутреннего трения, но определяется значительно проще.

При проектировании многих земляных сооружений угол естественного откоса сыпучего грунта α является одной из основных расчетных характеристик.

Необходимое оборудование и материалы

1. Сыпучий песок-грунт.
2. Прямоугольная банка из оргстекла.
3. Транспортёр.

Порядок работы

Сухой песок

1. Банку ставят на ребро и выравнивают песок так, чтобы его поверхность была горизонтальной.

2. Банка осторожно переводится в горизонтальное положение. Грунт при этом осыпается, образуя угол естественного откоса, который определяется с помощью транспорта или по тангенсу (10):

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{\ell}; \quad (10)$$

где: h – высота откоса; ℓ – основание откоса.

1. Опыт повторять не менее 3-х раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 2° .

2. За угол естественного откоса принимается среднее арифметическое значение результатов отдельных определений, выраженное в целых градусах.

Водонасыщенный песок

1. Банку ставят на ребро и выравнивают поверхность песка так, чтобы она стала горизонтальной.

2. Далее опыт проводят так же, как указано в п. 2 и 3 при проведении опыта с сухим песком.

Результаты определения угла естественного откоса вносятся в таблицу 7.

Таблица 7

№ опреде- ления	Сухой песок		№ опреде- ления	Водонасыщенный песок	
	Угол в градусах	Среднее зна- чение угла		Угол в градусах	Среднее значение угла
1					
2					
3					
4					
5					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ПЕСКА

Плотность сложения для сыпучих грунтов определяется и может быть оценена через коэффициент пористости. По плотности сложения песчаные грунты подразделяются на: рыхлые, средней плотности и плотные.

Плотность сложения песка в большой степени влияет на его строительные свойства, в том числе статическую и динамическую устойчивость песчаных оснований и земляных сооружений, деформативность, водопроницаемость. Так, например, если песок находится в рыхлом состоянии, то он может быть использован в качестве основания только после его уплотнения или закрепления.

В данной работе опыт проводится с песком средней крупности нарушенной структуры. Среднезернистый песок считается плотным, если коэффициент пористости $\ell < 0,55$, средней плотности при $0,55 \leq \ell \leq 0,7$ и рыхлым при $\ell > 0,7$.

Коэффициент пористости вычисляется по формуле (11):

$$\ell = \frac{\gamma_s - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}} = \frac{P_s - P_d}{P_d}; \quad (11)$$

где: P_s – плотность частиц грунта, принимаемая в данном случае равной $2,65 \text{ г/см}^3$;

P_d – плотность сухого грунта, (г/см^3).

$$P_d = \frac{P}{1 + W}; \quad (12)$$

где: P – плотность грунта, г/см^3 ;

W – влажность грунта, в доля единиц.

Так как опыт проводится с песком в воздушно-сухом состоянии, то пренебрегая гигроскопической влажностью, т.е. считая $W = 0$, в данном случае $P_d = P$.

Необходимое оборудование и материалы

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Коробка с песком. | 4. Резиновый молоточек. |
| 2. Цилиндр с днищем. | 5. Правило. |
| 3. Ложка. | 6. Весы с разновесками. |

Порядок работы

1. Заготовить форму записи (таблицу) и внести в нее вес и объем цилиндра с днищем, которые указаны на стенке прибора.

2. В цилиндр засыпается песок слоями 1-2 см и уплотняется постукиванием резиновым молоточком по цилиндру. Избыток песка срезается правилом. Цилиндр с песком взвешивается.

3. Далее вычисляется коэффициент пористости и по переведенным выше данным СНиП устанавливается плотность песка.

Результаты определения плотности песка вносятся в таблицу 8.

Таблица 8

№№ п/п	Вес цилин- дра (г) q_1	Вес цилин- дра с песком q_2	Вес песка (г) $q_1 - q_2$	Объ- ем ци- линд- ра (см ³) V	Объемный вес скелета грунта (г/см ³) $\rho_s' = \rho = \frac{q_2 - q_1}{V}$	Козф- фици- ент порис- тости e	Плот- ность песка по СНиП-15- 74. ч. II, гл. 15
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Вороков Владимир Хажисуфович
Бозиев Игорь Ахматович
Гучапшев Хусейн Музарифович**

**МЕХАНИКА ГРУНТОВ
РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

*Для студентов специальности: 290300 – Промышленное
и гражданское строительство*

Изд. лиц. Серия ИД 06202 от 01.11.2001.

В печать 10.10.2003. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Печать трафаретная. Бумага газетная. 1.16 усл.п.л. 1.0 уч.-изд.л.

Тираж 150 экз. Заказ № _____.

**Кабардино-Балкарский государственный университет.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.**

**Полиграфическое подразделение КБГУ.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.**