

# Практическое задание 1

## МАСШТАБЫ

**Масштабом** называется степень уменьшения горизонтальных проложений отрезков местности при их изображении на карте или на плане. **Горизонтальное проложение** отрезка — это его горизонтальная проекция на уровенную поверхность (или плоскость, если участок небольшой).

Масштаб можно представить:

- текстом (именованный масштаб);
- числом (численный масштаб);
- графически (линейный и поперечный масштабы).

Численный масштаб  $1:M$  — это **простая безразмерная аликвотная дробь** (т. е. ее числитель равен 1), знаменатель которой  $M$  показывает, во сколько раз уменьшены длины горизонтальных проложений отрезков местности при отображении их на карте. Например, если горизонтальному отрезку  $L$  местности длиной 100 м на карте соответствует отрезок длиной 1 см, значит, его длина уменьшена в 10 000 раз ( $M = L/l = 10 000$ ).

Линейный масштаб (рис. 1.1) строится в виде отрезка, который делится на равные части, называемые **основаниями** ( $a$ ) масштаба. Если  $a = 2$  см, то линейный масштаб считается нормальным.

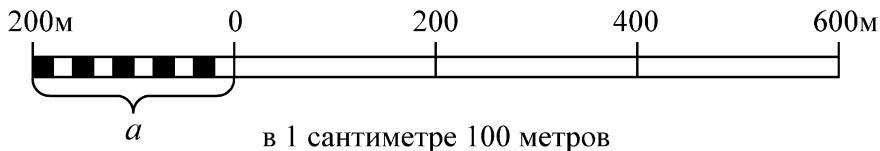


Рис. 1.1  
Линейный масштаб

Крайнее левое основание делится на  $m$  равных частей, обычно на 10. Горизонтальное проложение отрезка местности, соответствующее наименьшему делению линейного масштаба, называется его ценой деления  $T$ , выражается в метрах и находится по формуле

$$T = \frac{a}{m} \cdot \frac{M}{100}. \quad (1)$$

На рисунке 1.1  $T = 20$  м.

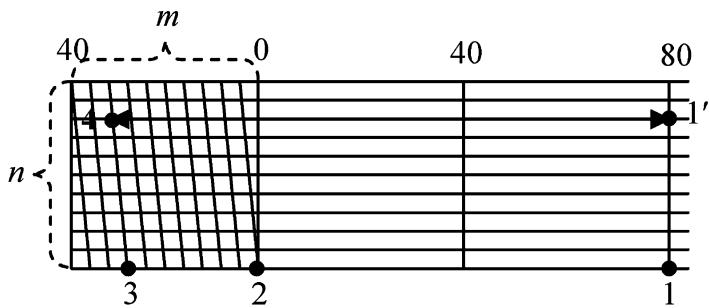
При измерении длин отрезков на карте (плане) отсчеты берут до десятых долей наименьшего деления линейного масштаба, и поэтому считается, что ошибка измерения меньше  $T$ .

На карте численный масштаб, например, 1:25 000 подписывается под её южной рамкой и сопровождается надписью «в 1 сантиметре 250 метров» (это именованный масштаб), ниже — изображается линейный масштаб.

**Поперечный масштаб** (рис. 1.2), в отличие от линейного, позволяет исключить оценку десятых долей наименьшего деления «на глаз», что повышает точность определения длины отрезка. Достигается это за счет наклонных линий — **трансверсалей**, крайние из которых при пересечении с горизонтальными линиями образуют  $n$  пропорциональных отрезков. Цена наименьшего деления основания  $T'$  поперечного масштаба и цена наименьшего деления  $T$  поперечного масштаба в метрах определяются соответственно по формулам:

$$T' = \frac{a}{m} \cdot \frac{M}{100}; \quad T = \frac{a}{m \cdot n} \cdot \frac{M}{100}, \quad (2)$$

где  $m$  — число делений, на которое разбито крайнее левое основание;  $n$  — число делений, на которые разбиты два крайних перпендикуляра.



**Рис. 1.2**  
*Нормальный сотенный поперечный масштаб*

Считается, что ошибка определения длин с помощью поперечного масштаба равна  $0,5T$ .

При  $a = 2$  см,  $k = n = 10$  поперечный масштаб называется **нормальным сотенным**, так как наименьшее деление в этом случае равно сотой доли основания. Его обычно гравируют на металлических (масштабных) линейках.

Существует понятие «**переходный масштаб**», еще такой масштаб называют **переводным**. Он применяется, если знаменатели численного масштаба карты, аэроснимка или других картографических документов, с которыми предполагается работать, нестандартны и вызывают неудобства при работе. Переходный масштаб отличается от нормального тем, что для него рассчитывают основание  $a$  (ближайшее к 2 см), которому соответствует круглое (удобное для измерений) число метров.

### Порядок выполнения задания

Для работы необходимо иметь: хорошо отточенные карандаши твёрдости ТМ (*HB*) и 2Т (*2H*); резинку; лист чертёжной бумаги формата А4; линейку с качественно нанесенными делениями; циркуль-измеритель, масштабную линейку (если есть, если нет — можно использовать свой поперечный масштаб, но при условии, что он на бумаге построен качественно).

Индивидуальное задание включает пять задач. При их решении следует руководствоваться нижеприведёнными рекомендациями.

#### Задача 1

Дан линейный масштаб, т. е. даны длины отрезка на карте и соответствующего ему горизонтального отрезка местности. Необходимо определить численный масштаб карты.

Решение заключается в определении знаменателя  $M$  численного масштаба путём деления длины отрезка местности на его длину на карте. Например, если горизонтальному отрезку местности длиной 5 м на карте соответствует отрезок в 1 см, то  $M = 5 \text{ м} / 1 \text{ см}$ .  $1:M = 1:500$ .

#### Задача 2

Дан численный масштаб, построить соответствующий ему **нормальный линейный масштаб**.

При вычерчивании линейного масштаба (рис. 1.1):

- два взаимно параллельных горизонтальных отрезка проводят на расстоянии примерно 1,5–2 мм друг от друга;
- их длины соответствуют суммарной длине 4 оснований, т. е. 8 см;
- отрезки делят на 4 части, соответствующие основаниям, и проводят засечки сверху;
- числа, кратные произведению  $a \cdot M$ , подписывают слева и справа от нуля в метрах, если масштаб карты крупнее 1:100 000, и в километрах, когда равен или мельче указанного. Если, например, он равен 1:10 000, то произведение  $a \cdot M = 2 \cdot 10 000 \text{ см} = 20 000 \text{ см} = 200 \text{ м}$ . Числа 200 и 400 справа (рис. 1.1) можно не писать;

- крайнее левое основание делят на 10 равных частей, заштриховав их черным цветом через одну.

### Задача 3

Дан численный масштаб. Предлагается построить соответствующий ему **нормальный сотенный** поперечный масштаб и определить цену его наименьшего деления и точность.

Решение для масштаба 1:2000 представлено на рисунке 1.2. Цена наименьшего деления  $T$  поперечного масштаба в метрах определяется по формуле (2). Его точность  $t$  равна половине цены деления, т. е.  $t = 0,5T$ . В рассматриваемой задаче (рис. 1.2):

$$T = \frac{2}{10 \cdot 10} \cdot \frac{2000}{100} = 0,2 \text{ м}, \quad t = 0,1 \text{ м}.$$

При вычерчивании поперечного масштаба:

- вначале рисуют прямоугольник по длине равный сумме 4 оснований (8 см) с высотой примерно 3 см;
- затем его делят вертикальными отрезками на 4 части, каждая из которых равна основанию;
- далее прямоугольник делят горизонтальными отрезками на 10 равных частей;
- крайнее левое основание делят на 10 равных частей (по 2 мм) сверху и снизу;
- строят трансверсали — начало верхнего основания соединяют с первым делением нижнего, первое деление верхнего — со вторым делением нижнего и т. д.;
- масштаб оцифровывают сверху по тому же принципу, что и линейный.

### Задача 4

По численному масштабу аэрофотоснимка построить соответствующий ему **линейный переходный масштаб** с основанием, близким к нормальному.

Перед построением переходного масштаба составляется пропорция, которая для масштаба, например, 1:8300 имеет вид:

2 см	соответствуют	166 м
<i>a</i> см	соответствуют	200 м

Из её решения с точностью до трёх значащих цифр вычисляется длина основания линейного переходного масштаба (при указанных выше данных  $a = 2,41$  см). Затем вычерчивается линейный переходный масштаб, который будет иметь примерно такой же вид, как и на рисунке 1.1, отличаясь только основанием и числовыми характеристиками.

### Задача 5

Используя поперечный масштаб и измеритель:

- 1) отложить отрезки местности на бумаге в заданных масштабах при условии, что длины их известны;
- 2) определить длины отрезков местности, изображённых на бумаге, в заданных масштабах.

**Не критично, если отрезки, длины которых вы будете определять, немного отличаются от данных в варианте.**

Для решения задач необходимо по заданному численному масштабу 1: $M$  установить: длину  $t''$  отрезка местности, соответствующего основанию  $a$  поперечного масштаба; цену наименьшего деления  $T'$  его основания и цену наименьшего деления  $T$  масштаба по формулам:

$$t'' = \frac{a \cdot M}{100}; \quad T' = \frac{t''}{m}; \quad T = \frac{T'}{n}. \quad (3)$$

Поскольку речь идёт о нормальном сотенном поперечном масштабе, у которого:  $a = 2$  см,  $m = n = 10$ , то  $t'' = 0,02M$ ,  $T' = 0,1t''$ ,  $T = 0,1T'$  Искомая длина  $S$  в метрах, отложенная на поперечном масштабе, находится из соотношения

$$S = k_1 t'' + k_2 T' + k_3 T,$$

где  $k_1$  — число полных оснований между концами отрезка на поперечном масштабе;  $k_2$  — число целых делений на левом основании;  $k_3$  — количество интервалов между горизонтальными линиями, в котором расположился отрезок (берётся с точностью до половины интервала).

В примере, приведенном на рисунке 1.2 для численного масштаба 1:2000:  $t'' = 40$  м,  $T' = 4$  м,  $T = 0,4$  м,  $k_1 = 2$  (число оснований между точками 1 и 2),  $k_2 = 7$  (число делений между точками 2 и 3),  $k_3 = 8$  (число интервалов между точками 3 и 4). Поэтому

$$S = 2 \cdot 40 + 7 \cdot 4 + 8 \cdot 0,4 = 111,2 \text{ м.}$$

На поперечном масштабе отрезки откладываются циркулем-измерителем так, чтобы игла его правой ножки опиралась на одну из вертикальных линий (точка 1' на рис. 1.2), левой — на одну из трансверсалей (точка 4). То есть линию, проходящую через кончики иголок измерителя, располагают параллельно горизонтальным линиям поперечного масштаба.

Раствор измерителя должен быть либо равен отрезку, длина которого измеряется, либо определён по формуле, если его требуется отложить на бумаге. Во втором случае:  $k_1$  равно целому от дроби  $S/t''$ ;  $k_2$  — равно целому от деления первого остатка на  $T'$ ;  $k_3$  — это результат деления второго остатка на  $T$ , взятый с точностью до 0,5. Для приведённого выше примера:

$$k_1 = 111,2 : 40 = 2, \quad k_2 = (111,2 - 2 \cdot 40) : 4 = 7,$$

$$k_3 = (31,2 - 7 \cdot 4) : 0,4 = 8.$$

Вид выполненного задания (формат его представления на бумаге) показан на рисунке 1.3.

### Пример задания (вариант 0)

1. Горизонтальному отрезку местности длиной 200 м на карте соответствует отрезок, равный 2 см. Определить численный масштаб карты.

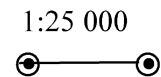
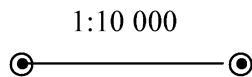
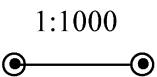
2. Численный масштаб карты 1:5000, построить соответствующий ему нормальный линейный масштаб.

3. Численный масштаб карты 1:1000. Построить соответствующий ему нормальный сотенный поперечный масштаб, определить цену его наименьшего деления и точность.

4. Численный масштаб аэрофотоснимка 1:9700, построить соответствующий ему линейный переходный масштаб с основанием, близким к нормальному.

5. Используя поперечный масштаб и измеритель:

- отложить отрезки местности 28,3, 84,5, 134 м на бумаге в масштабах соответственно 1:500, 1:2000, 1:5000;
- определить длины отрезков местности, изображённые на бумаге в заданных масштабах.



На нормальном сотенном поперечном масштабе продемонстрировать расположение иголок измерителя хотя бы для двух отрезков.

Университет  
2022

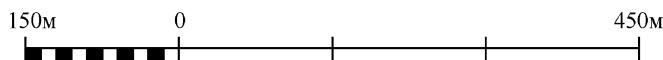
МАСШТАБЫ  
(вариант № )

Группа  
Ф. И. О.

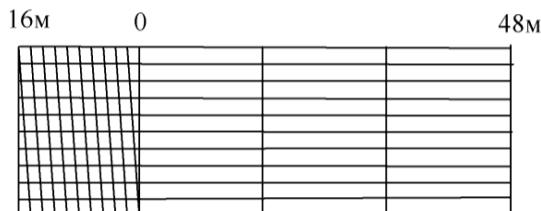
1. Дан линейный масштаб карты: 1 см на карте соответствует на местности отрезок в 80 м. Определить её численный масштаб.

Ответ: 1:8000

2. Дан численный масштаб 1:7500. Построить соответствующий ему нормальный линейный масштаб.

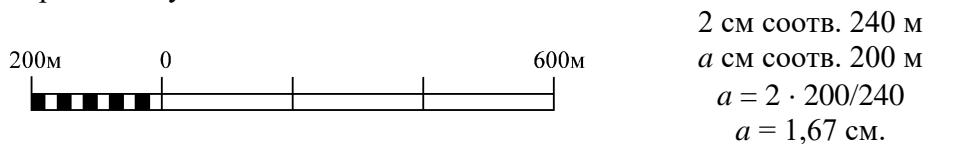


3. Дан численный масштаб 1:800. Построить соответствующий ему нормальный сотенный поперечный масштаб, определить цену его наименьшего деления и точность.

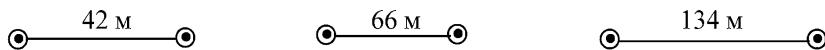


$$T = \frac{a}{m \cdot n} \cdot \frac{M}{100} = 0,16 \text{ м}$$
$$t = 0,5T = 0,08 \text{ м}$$

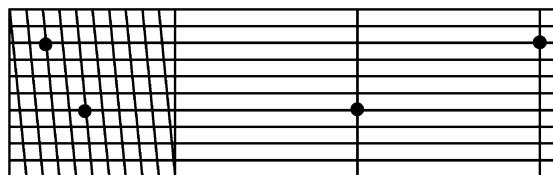
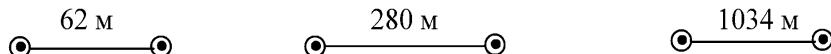
4. По численному масштабу аэрофотоснимка 1:12 000 построить соответствующий ему линейный переходный масштаб с основанием, близким к нормальному.



5. Используя поперечный масштаб и измеритель:  
отложить отрезки местности на бумаге в заданных масштабах 1:500,  
1:2000, 1:5000.



Определить длины отрезков местности, изображённые на бумаге в заданных масштабах: 1:1000, 1:10 000, 1:25 000.



27,8 м в масштабе 1:500  
770 м в масштабе 1:25 000

Рис. 1.3

Пример оформления работы

Варианты заданий представлены в Приложении А.

## Практическое задание 2

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

На топографической карте (условном и уменьшенном изображении горизонтальной проекции участка местности на бумаге) можно решать самые различные задачи. В процессе выполнения практического задания по карте масштаба 1:25 000 предлагается:

- определить геодезические  $B$ ,  $L$  и прямоугольные  $X$ ,  $Y$  координаты точки, заданной на карте, её высотную отметку  $H$  и крутизну ската  $v$ , используя заложение;
- определить дирекционный угол  $\alpha$ , астрономический (истинный)  $A$  и магнитный  $A_m$  азимуты указанных на карте направлений;
- провести линию между двумя точками с углом наклона не более  $2^\circ$ ;
- построить продольный профиль местности между двумя точками.

Карту из задания рекомендуется распечатать. При этом масштаб распечатки (копии) может отличаться от масштаба карты (оригинала). Примерное соотношение  $K$  между знаменателями масштабов нужно вычислить:

$$K = 40 \text{ мм}/l,$$

где  $l$  — сторона километровой сетки, измеренная на копии с точностью до десятых долей мм. Чем ближе соотношение к 1, тем лучше.

Работа оформляется на листе чертёжной бумаги формата А4 (можно на кальке, что упрощает работу с копией). Выполняют её с помощью линейки длиной не менее 30 см, циркуля-измерителя, мягкого и твёрдого карандашей, транспортира; при использовании кальки — ручки с чёрной или синей пастой. Расчёты, выполняемые в процессе решения задач, при оформлении работы не приводятся.

Выполненную работу следует сфотографировать или отсканировать и переслать преподавателю. Размер файла не должен превышать 0,5 Мбайт.

Варианты заданий приведены в Приложении Б.

#### Системы координатных линий на карте

Математической основой карты является картографическая рамка и сетка прямоугольных координат (километровая сетка). Картографическая рамка (рис. 2.1) представлена изображениями меридианов, ограничивающих карту с запада и востока, и параллелей, ограничивающих её с севера и юга. Эти линии образуют трапецию, геодезические координаты вершин которой (широта  $B$  и долгота  $L$ ) подписаны. Так, широта южной параллели карты (рис. 2.1) равна  $54^{\circ}40'$ , а долгота западного меридиана —  $18^{\circ}00'$ . Минутная рамка зарамочного оформления представляет собой чередующиеся чёрные и светлые отрезки (просекции однominутных дуг меридиана и параллели). Они позволяют при необходимости построить картографическую сетку. Деление минут на 10-секундные интервалы точками позволяет, при необходимости, её сгустить и обеспечивает секундную точность определения геодезических координат.

Километровая сетка — это система линий, параллельных координатным осям зоны, в которой расположена карта. Их оцифровка в километрах даётся за рамкой трапеции, причём абсциссы — вдоль западной и восточной ее сторон, ординат — вдоль северной и южной. Полные координаты по оси  $X$  подписываются только на выходах южной и северной линий сетки, а по оси  $Y$  — западной и восточной линий. Например, для карты масштаба 1:25 000 (рис. 2.1) координаты  $X$  южной и северной линий сетки соответственно равны 6065 и 6073 км,  $Y$  западной и восточной линий — 4307 и 4314 км (на рис. 2.1 не показана). Остальные линии подписываются двумя последними цифрами. Необходимо помнить, что первая цифра ординаты — это номер зоны, в которой находится точка.

### У-34-37-В-в (снов)

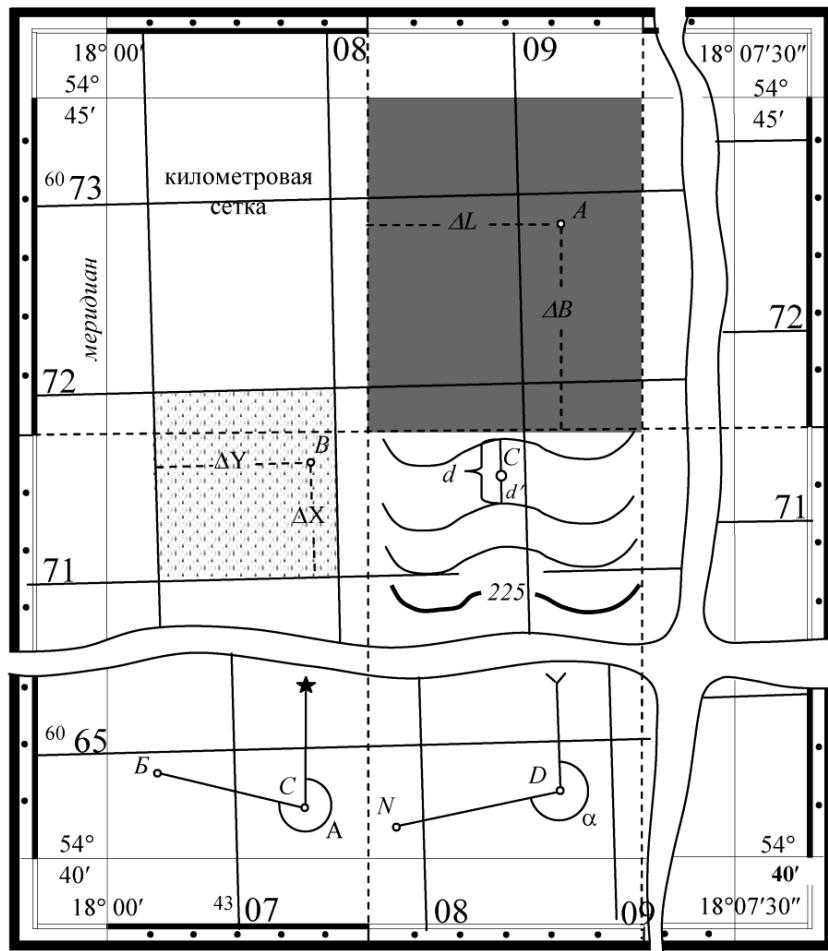


Рис. 2.1

*Фрагмент карты*

#### Определение масштаба карты по элементам координатных линий

Знаменатель масштаба карты определяют по формуле

$$M = L/l, \quad (4)$$

где  $L$  — длина горизонтальной линии местности;  $l$  — длина соответствующего отрезка на карте.

В качестве  $l$  можно использовать:

- 1) дугу одной минуты меридиана (её длина на местности известна и составляет морскую милю, равную 1852 м);
- 2) отрезок (4 см) между смежными линиями километровой сетки, длина которого на местности составляет 1 км (для масштаба 1:25 000).

#### Определение геодезических координат точки

Прежде всего, заметим, что на результатах определения координат и высоты точки не сказывается то, что масштаб распечатки не соответствует масштабу карты. Это же относится и к определению направлений линий. Геодезическую широту  $B$  и долготу  $L$  точки  $A$  вычисляют по формулам:

$$L = L_0 + k_2 + \Delta L, \quad B = B_0 + k_1 + \Delta B, \quad (5)$$

где  $B_0, L_0$  — геодезические координаты юго-западного угла карты;  $k_1$  — число целых минутных отрезков между указанным выше углом и юго-западным углом минутной трапеции вдоль меридиана;  $k_2$  — число целых минутных отрезков между указанным выше углом и юго-западным углом минутной трапеции вдоль параллели;  $\Delta B$  и  $\Delta L$  — приращения геодезических координат относительно юго-западного угла минутной трапеции.

Для решения задачи нужно построить минутную трапецию, внутри которой и должна находиться точка  $A$ , и скопировать трапецию с точкой на лист бумаги (кальки) (рис. 2.2a). На рисунке 2.1 трапеция показана серым цветом. Раствор измерителя устанавливают равным отрезку  $\Delta B$ , между точкой и южной рамкой однominутной трапеции, и прикладывают к западной (или восточной) минутной рамке карты. Одну иглу измерителя при этом располагают на любой точке  $10''$  интервала и отсчитывают число таких интервалов до другой иглы с точностью до  $0,1$ . То есть приращение определяют с точностью в  $1''$ . Аналогично определяют значение  $\Delta L$  отрезка, но использовать следует северную или южную рамки.

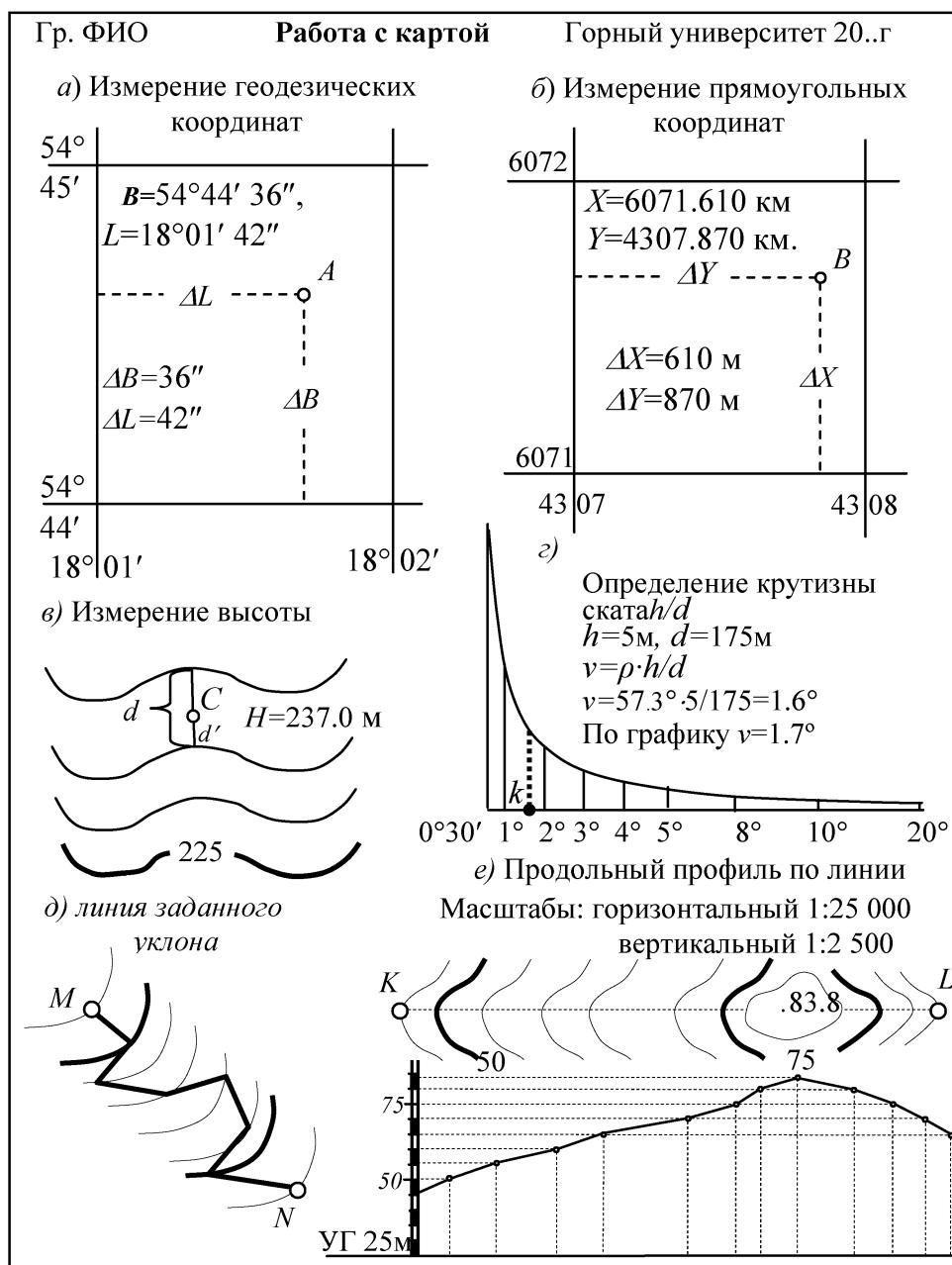


Рис. 2.2  
Пример оформления работы

В примере на рисунках 2.1 и 2.2а для точки  $A$  — широта  $B_0 = 54^\circ 40'$ ,  $k_1 = 4$ ,  $\Delta B = 36''$ ,  $L_0 = 18^\circ 00'$ ,  $k_2 = 1$ ,  $\Delta L = 42''$ , поэтому  $B = 54^\circ 44'36''$ ,  $L = 18^\circ 01'42''$ .

### Определение прямоугольных координат точки

Рядом с чертежом, полученным при выполнении первого задания, на бумагу (рис. 2.2б) переносят точку  $B$  и квадрат километровой сетки (на рис. 2.1 показан точечной штриховкой), в котором она расположена. По оцифровке определяют координаты  $X_0$ ,  $Y_0$  юго-западного угла квадрата. Последовательно на циркуле-измерителе откладывают приращения координат относительно юго-западного угла квадрата километровой сетки. По линейному масштабу, который расположен под южной рамкой карты, определяют значения приращений  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  в метрах. После этого вычисляют прямоугольные координаты точки по формуле (3):

$$X = X_0 + \Delta X, \quad Y = Y_0 + \Delta Y. \quad (6)$$

Из примера, приведённого на рисунке 2.2б, следует:  $X_0 = 6071$  км,  $Y_0 = 4307$  км,  $\Delta X = 610$  м,  $\Delta Y = 870$  м, поэтому  $X = 6071,610$  км,  $Y = 4307,870$  км.

Точка  $B$  расположена в 4-й зоне (об этом говорит первая цифра её ординаты) на расстоянии 192,130 км к западу от осевого меридиана, ордината которого без учёта зоны равна 500 км.

### Определение абсолютной высоты точки

**Абсолютная высота точки** — это расстояние от неё до уровенной поверхности, принятой за начало счёта высот, определяемое вдоль отвесной линии. В нашей стране абсолютные высоты отсчитывают от Кронштадтского нормального нуля в системе счёта высот «Балтийская-77».

Для определения высоты на кальку переносят заданную на карте точку, например  $C$  (рис. 2.1 и 2.2в), и горизонтали, между которыми она располагается.

Исходя из принятой для карты высоты сечения рельефа, направления ската и подписанных на карте высотных отметок, находят высоты горизонталей, ограничивающих точку. Измеряют кратчайшее расстояние  $d$  между смежными горизонтальами, называемое заложением, и отрезок  $d'$  от точки до горизонтали с наименьшей высотной отметкой  $H_0$ . Искомую высоту  $H$  точки  $C$  вычисляют по формуле

$$H = H_0 + h d'/d,$$

где  $h$  — принятая на карте высота сечения рельефа (5 м).

Отношение  $d'/d$  разрешается оценивать и на глаз с точностью до 0,1 — тогда высота будет определена с точностью до 0,5 м. На рисунках 2.1 и 2.2в  $H_C = 237,0$  м.

### Измерение крутизны ската

**Крутизна ската** — это угол  $v$  в вертикальной плоскости, образуемый направлением ската в данной точке и его горизонтальной проекцией (рис. 2.3). Решить задачу с точностью до  $0,1^\circ$  можно двумя способами.

1. Вычислить по формуле

$$v = \operatorname{arctg} \frac{h}{d} \approx \frac{h}{d} \rho^\circ, \quad (7)$$

где  $\rho^\circ$  — число градусов в радиане,  $\rho^\circ = 57,3^\circ$ ;  $d$  — заложение, м.

Заложение  $d$  при этом измеряют с помощью измерителя по линейному масштабу на карте.

2. Определить крутизну ската по графику масштаба заложений (рис. 2.2г), который приводится под южной рамкой карты справа. Для этого раствор циркуля-измерителя устанавливают равным  $d$  и перемещением конца одной из иголок вдоль графика добиваются, чтобы конец второй иголки оказался на его горизонтальной линии. При перемещении линия, соединяющая концы иголок, должна располагаться вертикально. Точка  $K$  — это индекс для

взятия отсчёта по шкале графика, что и выполняется с оценкой десятых долей градуса на глаз. На рисунке 2.2 $\varepsilon$   $v = 1,6^\circ$  из вычислений и  $v = 1,7^\circ$  по графику масштаба заложений. Различаться результаты могут не более чем на  $0,3^\circ$ .

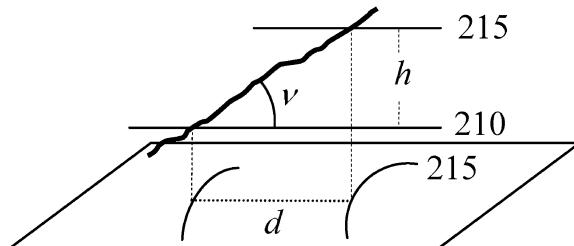


Рис. 2.3

*Крутизна ската и заложение*

### Проведение линии с заданным уклоном между двумя точками на карте

Из формулы (7) следует: чем меньше заложение  $d$  ската, тем больше его крутизна. Значит, угол наклона проведённой на карте линии нигде не будет превышать заданного предела, если любой из её отрезков между смежными горизонталями будет больше заложения, соответствующего предельному уклону (в задании составляет  $2^\circ$ ).

Для выполнения задания с распечатки на кальку переносят точки и горизонтали, расположенные между ними. С помощью графика масштаба заложений раствор циркуля-измерителя устанавливают в соответствии с заданным уклоном. Начиная с одной из точек (рис. 2.2 $d$ ), проводят линию, направляя её так, чтобы расстояния между смежными горизонталями по выбранному направлению были не меньше раствора циркуля-измерителя. Данная задача имеет множество решений. Следует стремиться к меньшему числу поворотов и меньшей длине линии.

### Построение продольного профиля

Продольный профиль по линии, заданной на топографической карте, строят в масштабах: горизонтальный — 1:25 000, вертикальный — 1:2 500. Вертикальный масштаб устанавливают в 10 раз крупнее горизонтального, чтобы профиль стал более выразительным (см. рис. 2.2 $e$ ).

Для построения нужно перенести с задания точки и горизонтали, расположенные между ними, с учётом коэффициента  $K$  (о нем рассказано в начале задания). То есть изображение нужно растянуть (или сжать) для того, чтобы горизонтальный масштаб равнялся 1:25 000.

Слева следует построить шкалу высот, предварительно выбрав условный горизонт (УГ). Это число, кратное 25 м и выбранное таким образом, чтобы профиль оказался между линией условного горизонта и скопированными горизонталями. Для выбора указанного числа, полезно использовать максимальную и минимальную высоты горизонталей, пересекающих отрезок между крайними точками профиля. Линия условного горизонта проводится параллельно отрезку, соединяющему крайние точки.

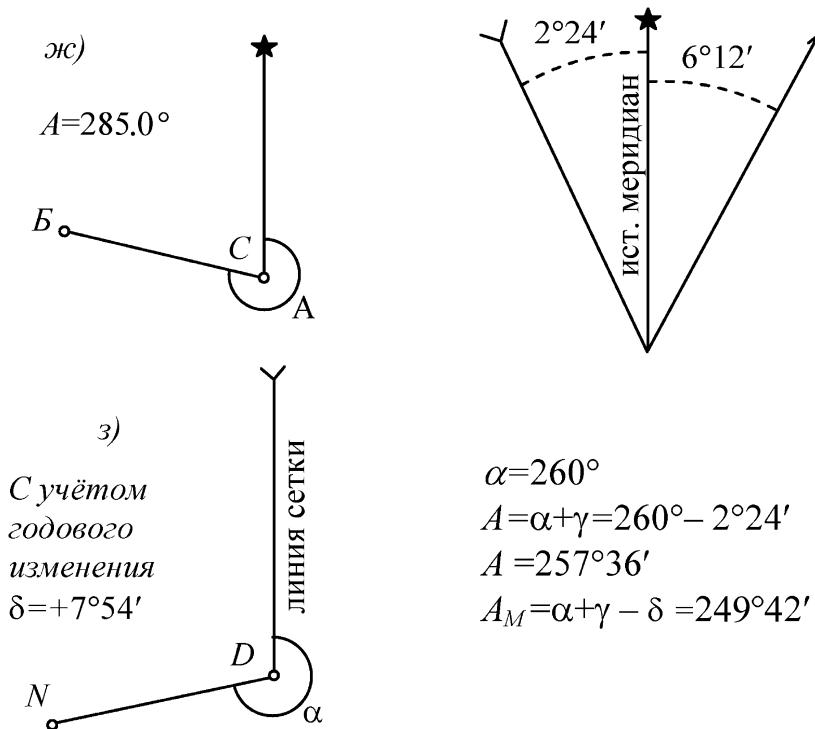
Нужно также учитывать, что на шкале высот 1 см соответствует 25 м. На ней следует нанести деления через 2 мм (соответствуют 5 м). Положение точки на профиле будет пересечением горизонтального отрезка с высотой горизонтали и вертикального — проходящего через эту горизонталь. Полученные точки следует соединить линией без сглаживания.

### Определение ориентирных углов заданного направления

**Астрономический (истинный) азимут  $A$  линии в данной точке её** — это горизонтальный угол между северным направлением астрономического меридиана, проходящего через точку, и указанной линией, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Он может принимать значения от 0 до  $360^\circ$ . Для его определения заданную на карте линию (см. рис. 2.1)

копируют на лист (кальку) (рис. 2.4ж). Через начало линии по линейке проводят отрезок, параллельный меридиану. Для этого можно использовать меридиан, проходящий через концы ближайших минутных (или секундных) отрезков параллелей. В завершение транспортиром с точностью до половины градуса измеряют полученный угол.

**Дирекционный угол  $\alpha$**  — это горизонтальный угол между северным направлением осевого меридиана или линии, параллельной ему, и данным направлением (линией). Угол  $\alpha$  отсчитывается по ходу часовой стрелки. Он также может принимать значения от 0 до 360°. Действия при его определении аналогичны предыдущим, но измерения можно выполнять относительно любой вертикальной линии километровой сетки, пересекающей заданное направление (рис. 2.1 и 2.4з).



**Магнитным азимутом  $A_M$  линии в данной точке** её называется горизонтальный угол между северным направлением магнитной стрелки в этой точке и указанной линией (направлением), который отсчитывается по ходу часовой стрелки и принимает значения от 0 до 360°. Этот угол в данной работе не измеряют, а вычисляют исходя из следующих соображений.

Все три исходных направления: астрономический меридиан, ось абсцисс и направление магнитной стрелки, проходящие через данную точку, в общем случае не совпадают. Угол  $\gamma$  между астрономическим меридианом и осью абсцисс называется сближением меридианов, а угол  $\delta$  между астрономическим меридианом и направлением магнитной стрелки — склонением магнитной стрелки. Оба эти угла считаются положительными, если для совмещения астрономического меридиана с осью абсцисс или направлением магнитной стрелки поворот первого следует произвести по ходу часовой стрелки. С учётом вышесказанного можно записать:

$$A = \alpha + \gamma; \quad A = A_M + \delta; \quad \alpha = A_M + \delta - \gamma = A_M + \Pi,$$

где  $\Pi$  — совместная поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

Если величина  $\delta$  положительная, то северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку, если отрицательная — к западу. Поэтому различают восточное и западное склоне-

ние. Его значение в данной точке постепенно меняется (годовые и вековые изменения, связанные с дрейфом магнитных полюсов Земли).

На карте под южной рамкой слева дается схема исходных направлений, где приведены  $\gamma$  и  $\delta$ , а также текст с указанием года определения склонения и значения его годового изменения.

Вся эта информация и позволяет вычислить  $A_m$ , если измерен астрономический азимут или дирекционный угол. При этом

$$A_m = A - \delta = \alpha - \Pi.$$

Для примера на рисунках 2.1 и 2.43 на 1971 г.  $\gamma = -2^\circ 24'$ ,  $\delta = +6^\circ 12'$ . Изменение склонения: восточное  $0^\circ 02'$ . Это означает, что, например, к 2022 г. оно увеличится на  $0^\circ 02'$  ( $2022 - 1971 = 1^\circ 42'$ ), и склонение  $\delta$  станет равным  $+7^\circ 54'$ . Поправка  $7^\circ 54' - (-2^\circ 24') = 10^\circ 18'$ . Если  $\alpha = 260^\circ$ , то  $A_m = 260^\circ - 10^\circ 18' = 249^\circ 42'$ .

Стоит отметить, что в действительности магнитные полюсы перемещаются по значительно более сложным траекториям, поэтому технология исправления старого значения магнитного склонения поправкой за годовое перемещение сомнительна. Сейчас существует ряд интернет-сайтов, где приводится его актуальное значение для любой точки земного шара.

## Практическое задание 3

### СЪЕМКА РЕЛЬЕФА И СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА

**Цель работы** — научиться отображать в горизонталях рельеф местности. В качестве исходных данных в работе будут выступать цифровые модели рельефа в Google Earth. Переход к соответствующему варианту участка местности осуществляется по ссылке (нажать на клавишу Ctrl и на ссылку своего варианта), для печатной версии пособия следует воспользоваться QR-кодом в Приложении Е.

1. Изучить интерфейс проекта. Используя соответствующие кнопки на экране, необходимо научится рассматривать любую область земной поверхности при любом увеличении и ракурсе. Особый интерес представляют горные районы. Следует обратить внимание на то, что от угла зрения зависит наглядность представления на изображении различных форм рельефа (вершин, котловин, хребтов, долин и седловин). Причём ракурс зрения целесообразно менять, используя в том числе и плановую (2D) картинку. Это обеспечит более детальное изучение рассматриваемой местности. Увеличение изображения позволяет повысить точность определения географических координат и высот отдельных её точек.

2. Активизировать ссылку своего варианта. В результате откроется тот участок земной поверхности, рельеф которого подлежит изучению и отображению в горизонталях.

3. Используя разные ракурсы наблюдения, измерить координаты и высоты характерных точек рельефа (вершин, котловин, седловин, точек, расположенных вдоль хребтов, тальвегов и на перегибах скатов). Результаты измерений записать в журнал (от 30 до 80 точек) (табл. 3.1).

Таблица 3.1

**Журнал измерения координат и высот точек местности**

№ точек	Координаты точек		Высоты $H$ , м	Примечание
	$\phi$	$\lambda$		
1	66°57'14''	34°33'42''	320	Вершина

4. На листе чертёжной бумаги форматом А4 ввести прямоугольную систему координат (широта на север, долгота на восток), приняв, что  $10''$  широты соответствуют 1 см,  $10''$  долготы — интервал, равный  $1/\cos\phi$  см ( $\phi$  округлить до градусов).

5. Выбрать высоту  $h$  сечения рельефа (1, 2, 5, 10, 20, 25 или 50 м) так, чтобы дробь  $(H_{\max} - H_{\min})/h$  была не менее 20.

6. Нанести по географическим координатам точки на основу и каждую подписать слева или справа. В числителе указывается номер точки, в знаменателе — высота.

7. Методом интерполирования на глаз провести горизонтали, их уложить, поставить бергштрихи, подписать высоты горизонталей, определить численный масштаб плана и подписать его под южной рамкой.

#### **Список вариантов**

1. <https://earth.google.com/web/@67.73133859,33.53907645,1135.67690899a,4055.33375468d,35y,-12.14121605h,0.09409168t,0r> (Хибины: 650–1150 м).
2. <https://earth.google.com/web/@67.84248414,33.63150744,338.10745026a,2282.02360076d,35y,-30.50752478h,1.19123496t,0r> (Хибины, у озера Гольцовое: 220–650 м).
3. <https://earth.google.com/web/@67.79160707,33.26602438,383.75657449a,2042.98838304d,35y,6.90639465h,0.40314103t,0r> (Западные Хибины: 280–650 м).
4. <https://earth.google.com/web/@67.7313078,65.59188502,391.10845015a,7397.72010296d,35y,57.29233858h,0t,0r> (северные отроги Уральского хребта, восточнее Хальмер-Ю: 180–560 м).

5. <https://earth.google.com/web/@67.48653489,65.88079144,642.57746598a,3774.17130321d,35y,37.82601378h,0.10365824t,0r> (северные отроги Уральского хребта, юго-восточнее Хальмер-Ю, севернее Воркуты: 290–820 м).
6. <https://earth.google.com/web/@67.23252571,66.20467631,498.22060058a,4288.74553053d,35y,35.78956948h,0t,0r> (северные отроги Уральского хребта, севернее Харп, Белоярска: 270–640 м).
7. <https://earth.google.com/web/@73.33262528,54.27364031,440.62023375a,3671.61691577d,35y,14.7619063h,0.34026929t,0r> (Новая Земля, севернее Столбовой: 0–470 м).
8. <https://earth.google.com/web/@65.91837809,126.17187466,620.40488148a,3462.69996861d,35y,20.82030832h,0t,0r> (Восточная Сибирь, восточнее реки Ундулюнг: 200–650 м).
9. <https://earth.google.com/web/@65.45314522,127.1424893,650.99007963a,4374.72997406d,35y,25.14713625h,0.08903749t,-0r> (Восточная Сибирь, восточнее реки Дянышка: 350–800 м).
10. <https://earth.google.com/web/@60.56063422,169.68959751,488.85996721a,2604.56641102d,35y,34.96139295h,0t,0r> (у Берингова моря, на стыке Чукотки и Камчатки: 300–800 м).
11. <https://earth.google.com/web/@60.5937956,168.84211624,522.82043242a,4461.8577222d,35y,63.87612954h,0.39206411t,360r> (у Берингова моря, на стыке Чукотки и Камчатки, западнее с. Пахачи: 0–500 м).
12. <https://earth.google.com/web/@62.68211532,164.79883668,436.82370181a,5202.94273423d,35y,82.57131686h,1.09779103t,360r> (у северного берега залива Охотского моря, северо-западнее Манилы: 150–600 м).
13. <https://earth.google.com/web/@57.64618931,137.53197492,554.16712186a,4290.4973862d,35y,43.84454651h,0t,0r> (недалеко от Охотского моря, севернее Аймчан, восточнее Джигиды: 450–800 м).
14. <https://earth.google.com/web/@43.87514339,42.48265851,1250.50488517a,2497.29454772d,35y,19.42124398h,0t,0r> (северные предгорья Кавказа, южнее Учкекена: 1200–1450 м).
15. <https://earth.google.com/web/@43.87533326,42.43275523,1456.54437137a,2443.45446778d,35y,19.38533678h,0t,0r> (северные предгорья Кавказа, южнее Учкекена: 1300–1500 м).
16. <https://earth.google.com/web/@37.15314839,-4.14700607,963.97299785a,3932.91560833d,35y,19.79078041h,0.09851902t,360r> (юг Испании, провинция Гранада: 500–900 м).
17. <https://earth.google.com/web/@36.07608539,-5.67265851,114.21523829a,3911.55809949d,35y,18.94590978h,0.27707186t,0r> (Испания, Гибралтар: 0–400 м).
18. <https://earth.google.com/web/@35.44456475,-5.13773228,183.17751993a,2775.78063544d,35y,12.686291h,0t,0r> (Северная Африка, недалеко от Гибралтара: 50–250 м).
19. <https://earth.google.com/web/@10.67175464,50.248028,617.68821003a,2110.31615703d,35y,357.50430773h,0t,0r> (Африка, Эфиопия: 600–750 м).
20. <https://earth.google.com/web/@-29.75513266,17.69326876,338.45304734a,4352.34486317d,35y,47.76302982h,0.12949551t,0r> (ЮАР, близко к побережью Атлантического океана: 300–650 м).
21. <https://earth.google.com/web/@-32.92256913,18.72441331,260.33254086a,4340.27619448d,35y,17.91352297h,2.07068407t,0r> (ЮАР, близко к побережью Атлантического океана, Пикетберх: 150–600 м).
22. <https://earth.google.com/web/@-20.15309327,-70.05162309,780.23973449a,2101.43468637d,35y,31.55252937h,0t,0r> (Южная Америка, Чили, северо-восточнее Икике: 700–950 м).
23. <https://earth.google.com/web/@28.26327675,-113.78333514,164.14610888a,2356.44575978d,35y,49.18528088h,0t,0r> (Мексика, юго-западнее Сан-Луиса: 150–300 м).
24. <https://earth.google.com/web/@64.86760792,-165.94272309,380.76633472a,4048.37342888d,35y,10.95939535h,0.36200799t,0r> (Аляска, восточнее Порт-Кларенса: 350 – 600 м).
25. <https://earth.google.com/web/@65.76839956,-163.21692392,516.29310236a,3165.8064169d,35y,5.21143476h,7.87474547t,0r> (Аляска, западнее Кэндел: 320–600 м).
26. <https://earth.google.com/web/@65.77248747,-21.89067191,218.56836839a,3545.91162957d,35y,24.97713527h,0.31782995t,0r> (Исландия: 100–400 м).

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)