

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

**Г. А. Корецкая**

**ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ  
(РАЗДЕЛ ГЕОДЕЗИЯ)**

**Методические указания к самостоятельной работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности  
130400.65 «Горное дело» в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2013

## Рецензенты:

Гордунова В. А. – ст. преподаватель кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Филимонов К. А. – к.т.н., доцент, председатель учебно-методической комиссии специальности 130400.65 «Горное дело»

**Корецкая Галина Александровна. Геодезия и маркшейдерия (раздел Геодезия).** [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 130400.65 «Горное дело» очной формы обучения / Г. А. Корецкая. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – Систем. требования: Pentium III; ОЗУ 8 Мб; Windows 98; (CD-ROM-диск); мышь. – Загл. с экрана.

Содержит программу лекционного курса, примеры оформления расчетно-графических работ, вопросы текущего контроля, список литературы.

Составлены с целью оказания методической помощи в самостоятельной работе и выполнении трёх расчетно-графических работ

## Введение

Методические указания по самостоятельной работе студентов составлены на основании требований ФГОС к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки студентов специальности 130400.65 «Горное дело» специализаций: 130401 Подземная разработка пластовых месторождений; 130403 Открытые горные работы; 130404 Маркшейдерское дело; 130405 Шахтное и подземное строительство; 130406 Обогащение полезных ископаемых; 130409 Горные машины и оборудование; 130410 Электрификация и автоматизация горного производства; 130412 Технологическая безопасность и горноспасательное дело.

### **1. Цели и задачи освоения дисциплины «Геодезия»**

#### **1.1. Цели освоения дисциплины**

Формировать общее представление о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, об использовании готовых планово-картографических материалов при эксплуатационной разведке, добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве подземных объектов и эксплуатации горнодобывающих предприятий в производственно-технологической, проектно-изыскательной, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности.

#### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

В соответствии с задачами подготовки специалиста к профессиональной деятельности непосредственными задачами изучения геодезии являются следующие:

- усвоить методы и средства составления топографических карт и планов;
- научиться использовать карты, планы и другую геодезическую информацию при решении инженерных задач в строительстве и эксплуатации горнодобывающих предприятий;
- приобрести навыки работы с основными геодезическими приборами: теодолитом, нивелиром, планиметром;
- научиться применять знания, полученные при изучении геодезии, в производственно-технологической, проектно-изыскательной и научно-исследовательской деятельности.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Данная учебная дисциплина входит в раздел профессионального цикла С.3 (общепрофессиональной части) ФГОС по направлению подготовки 130400 «Горное дело». Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате обучения в средней общеобразовательной школе и в результате освоения дисциплин ООП подготовки специалиста, задающих определенный уровень знаний по физико-математическому и естественнонаучному профилю.

Параллельно с изучением раздела «Геодезия» необходимо осваивать математику, инженерную и компьютерную графику, экологию и геологию.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) «Геодезия»**

Освоение дисциплины направлено на формирование у выпускника следующих общепрофессиональных компетенций:

способностью определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты (**ПК-13**).

В результате освоения дисциплины «Геодезия» обучающийся должен:

### **Знать (основы геодезии и маркшейдерии):**

- 1) основные понятия о форме и размерах Земли;
- 2) использование карт и планов при решении инженерных задач;
- 3) методы построения опорных геодезических сетей;
- 4) геодезические приборы, методы выполнения измерений с ними;
- 5) способы определения площадей участков местности.

**Уметь (использовать методическое и аппаратное обеспечение для проведения маркшейдерских измерений):**

- 1) решать геодезические задачи по планам и картам;
- 2) использовать геодезическую аппаратуру для проведения геодезических измерений и оценивать точность результатов измерений.
- 3) определять площади земельных участков.

**Владеть:**

- 1) терминологией и основными понятиями в области геодезии;
- 2) методами и средствами пространственно-геометрических измерений на земной поверхности и горных объектов.

**4. Лекционные занятия**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (144 ч.), на лекции отводится 18 ч. (табл.1).

Таблица 1

## Лекционные занятия

Неделя семестра	Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Объем в часах	
		ОФ	ЗФ
1	<p><b>1 Общие сведения о геодезии</b></p> <p>Предмет, задачи и методы геодезии, основные этапы истории её развития и связь с другими науками. Роль геодезии в экономическом развитии страны и в решении проблем рационального использования земельного фонда при проектировании и разработке месторождений полезных ископаемых. Современное представление о форме и размерах Земли. Понятия геоида, эллипсоида [1-10].</p>	2	2
2	<p><b>2 Системы координат, применяемые в геодезии</b></p> <p>Географическая и геодезическая системы координат. Плоская условная система прямоугольных координат. Плоская зональная система прямоугольных координат Гаусса-Крюгера. Принцип проектирования земной поверхности на горизонтальную, вертикальную и наклонную плоскости. Система полярных координат [1-10, 15].</p>	2	1
3	<p><b>3 Ориентирование линий на местности</b></p> <p>Понятие о магнитном, астрономическом, геодезическом азимутах. Дирекционный угол и его определение. Ориентирование линий. Связь между полярными и прямоугольными координатами: прямая и обратная геодезические задачи. Понятие о геодезических измерениях и их точности. Правила действия с приближёнными числами [1-10, 15].</p>	2	1

Неделя семестра	Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Объем в часах	
		ОФ	ЗФ
4	<p><b>4 Задачи, решаемые по картам и планам</b></p> <p>Понятие о плане, карте, профиле и разрезе. Условные знаки топографических планов. Изображение рельефа на планах. Определение понятий: горизонталь, уклон линии, заложение, горизонтальное проложение, превышение, относительная и абсолютная отметки. Масштабный ряд: численный, линейный и поперечный масштабы. Построение профиля по заданному направлению. Методы измерения площадей [1-10, 15].</p>	2	1
5	<p><b>5 Общие сведения о государственных геодезических сетях</b></p> <p>Назначение. Принципы построения. Опорные сети (ГГС) и сети сгущения (ГСС). Съёмочные сети (ГССО). Точность, экономичность, область применения. Методы построения: триангуляция, полигонометрия, трилатерация. Государственная нивелирная сеть, точность построения. Закрепление пунктов: центры и знаки [1-10, 12, 13].</p>	2	–
6	<p><b>6 Создание ГССО проложением теодолитного хода</b></p> <p>6.1 Последовательность работ. Рекогносцировка. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Измерение длин линий. Камеральная обработка результатов измерений. Угломерные приборы.</p> <p>6.2 Теодолит 2Т-30М. Устройство. Принцип отсчитывания. Поверка цилиндрического уровня. Классификация теодолитов [1-10, 12, 13].</p>	2	2
7	<p><b>7 Приборы для определения превышений и отметок</b></p> <p>7.1 Классификация нивелиров. Устройство нивелира НЗ. Поверка круглого уровня. Приборы для линейных измерений: рейки, мерные ленты.</p> <p>7.2 Геометрическое нивелирование. Определение превышений. Методика работ при техническом нивелировании [1-10, 11].</p>	2	1

Неделя семестра	Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Объем в часах	
		ОФ	ЗФ
8	<p align="center"><b>8 Топографические съёмки</b></p> <p>Виды топографических съёмок: горизонтальная; вертикальная и комбинированная. Сущность тахеометрической съёмки. Порядок работы на станции при прокладке тахеометрического хода. Съёмка ситуации и рельефа. Абрис. Обработка полевых измерений. Составление плана тахеометрической съёмки [1-10, 12, 13].</p>	2	–
9	<p align="center"><b>9. Общие сведения о спутниковых системах определения координат</b></p> <p>Достоинства и недостатки спутникового позиционирования. Принцип спутниковых определений. Структура и состав спутниковых систем (ГЛОНАСС, GPS) [13, 14].</p>	2	
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>8</b>

## 5. Самостоятельная работа студентов

При изучении дисциплины «Геодезия и маркшейдерия (раздел Геодезия)» студенты посещают лекции и лабораторные занятия, во время которых осваивают примерно 40 % от общего объёма знаний, предусмотренных программой.

Рабочей программой дисциплины предусмотрено на самостоятельную работу студентов очной формы обучения 56 часов, в том числе: изучение литературы, подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчётов по лабораторным работам и выполнение трёх расчётно-графических работ (РГР1, 2 и 3).

В конце семестра необходимо получить допуск к экзамену. Допуск выставляется по итогам текущего контроля, работы на лабораторных занятиях и самостоятельного выполнения трёх расчётно-графических работ. Примерные вопросы к экзамену приведены в прил. 1. Завершающим этапом изучения дисциплины «Основы геодезии и топографии» является летняя учебная геодезическая практика. Распределение трудоемкости на выполнение самостоятельной работы приведено в табл. 2.

## Виды самостоятельной работы

№ недели	Раздел дисциплины	Вид СРС, литература	Трудоемкость ЗЕ
1–5	1,2	Изучение литературы [1-5], методических указаний [15,17,19] выполнение лабораторных № 1, 2, 3. Подготовка к тестированию	0,281
6–9	3,4	Изучение литературы [1-5], конспекта лекций и методических указаний [15, 19, 21] Выполнение лабораторной № 4 и РГР1. Подготовка к тестированию.	0,426
10–13	5,6,7	Изучение литературы [1-5], конспекта лекций и методических указаний [6, 17, 19] лабораторной № 5 и РГР2, подготовка реферата. Подготовка к тестированию.	0,426
14–17	8,9	Изучение литературы [1-5], конспекта лекций и методических указаний [16, 19, 21] лабораторной № 6 и РГР3 Подготовка к тестированию	0,427
		<b>Всего за семестр</b>	<b>1,56</b>

Оценочными средствами для текущего контроля являются письменный опрос в виде тестирования (Т) и выполнение трёх расчётно-графических работ (РГР):

- тестовые задания составляются на основе перечня вопросов для промежуточного контроля, приведённых в прил. 2.
- три расчётно-графические работы.

Тестирование студентов проводится в течение 30 минут. За это время необходимо ответить на 10 тестовых заданий.



## Расчетно-графическая работа № 1

### Камеральная обработка результатов теодолитного хода

1. Вычисление и распределение угловой невязки хода.
2. Вычисление и распределение линейной невязки хода.
3. Вычисление прямоугольных координат.

По результатам выполнения РГР1 студент должен представить на проверку ведомость с результатами вычислений (прил. 3):

- распределения угловой невязки хода;
- распределения линейной невязки хода;
- вычисление прямоугольных координат.
- план теодолитной съёмки местности М 1:2000, который должен быть выполнен тушью в соответствии с принятыми условными топографическими обозначениями.

Теодолитная съёмка – горизонтальная съёмка; по ее результатам составляют контурный план местности. При этом снимают границы строений, дорог, угодий и т. д. Чтобы провести съёмку, на местности закрепляют точки – пункты обоснования. Сеть таких пунктов называют съёмочным обоснованием. С этих пунктов и от линий между ними проводят детальные измерения. Полевые работы при теодолитной съёмке организуют так, чтобы в первую очередь произвести измерения, обеспечивающие получение координат пунктов съёмочной сети – съёмочных точек. Теодолитная съёмка складывается из следующих этапов:

- камеральная подготовка;
- рекогносцировка местности и закрепление намеченных пунктов геодезическими знаками;
- полевые измерительные работы;
- камеральная обработка результатов измерений.

*Камеральная подготовка.* В период камеральной подготовки устанавливают наличие планов, составленных на снимаемую местность по ранее произведенным съёмкам; из имеющихся материалов отбирают планы и карты наиболее крупных масштабов и съёмки последних лет. Составляют схему расположения пунктов имеющегося съёмочного обоснования. Из каталогов выписывают координаты этих пунктов. На подобранных планах или то-

пографических картах составляют проект организации полевых работ.

*Рекогносцировка местности.* После камеральной подготовки исполнитель осматривает местность, устанавливает изменения в контурах, проверяет целесообразность исполнения намеченного проекта, уточняет его на месте, назначает места установки пунктов съемочной сети, закрепляет их геодезическими знаками и намечает пути привязки к пунктам геодезической сети более высокого порядка.

Вслед за этим выполняют непосредственные *полевые измерения*, которые проводят в два этапа: первый – построение съемочной сети и второй – съемка контуров.

При теодолитной съемке съемочная сеть состоит из теодолитных ходов – многоугольников, в которых измеряют длины сторон  $d_1, d_2, \dots$  поворотные углы  $\beta_1, \beta_2, \dots$  между сторонами.

Теодолитный ход может быть: *разомкнутый* – вытянутый ход, начало и конец которого опираются на пункты геодезического обоснования более высокого порядка; *замкнутый* – сомкнутый многоугольник, обычно привязанный к одному из пунктов геодезического обоснования; *висячий ход* примыкает к геодезическому обоснованию одним своим концом, второй конец остается свободным. Точку поворота теодолитного хода намечают так, чтобы над ней можно было установить теодолит для измерения угла. С нее хорошо должны просматриваться знаки, установленные на предыдущей и последующей точках хода; чтобы длины сторон хода не превышали 300 – 350 м и не были короче 50 м.

Пункты теодолитного хода закрепляют деревянными кольями толщиной около 6 см, столбами или железными трубами на бетоне.

После закрепления точек теодолитного хода на местности приступают к угловым и линейным измерениям. Результаты измерений заносят в ведомость вычисления координат точек теодолитного хода.

**Исходные данные:** замкнутый теодолитный ход (рис. 1); координаты первой точки  $X, Y$  и дирекционный угол исходной стороны  $\alpha_{1-2}$ .

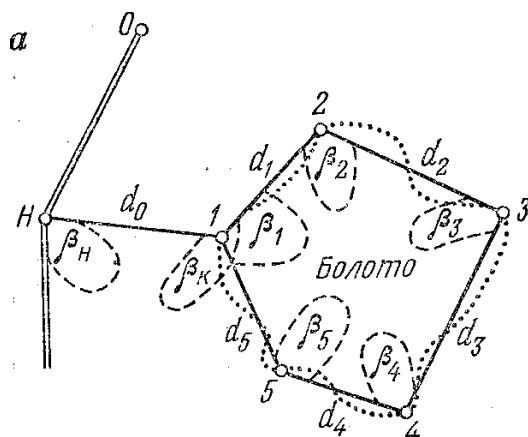


Рис. 1. Схема замкнутого теодолитного хода

В теодолитном ходе измерены длины всех сторон многоугольника (горизонтальные проложения), в каждой его вершине измерен правый по ходу горизонтальный угол. Результаты измерений горизонтальных углов и горизонтальных проложений (одинаковы для всех вариантов) приведены в ведомости (прил. 3).

### Последовательность работ при камеральной обработке результатов теодолитного хода:

- 1) в графу 2 выписать значения измеренных углов;
- 2) вычислить сумму измеренных углов

$$\sum \beta_{\text{изм.}}$$

- 3) вычислить теоретическую сумму углов хода по формуле

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n-2);$$

- 4) вычислить величину угловой невязки хода

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}};$$

- 5) определить допустимую угловую невязку хода

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{n};$$

- 6) сравнить полученную невязку  $f_\beta$  с допустимой; если  $f_\beta \leq f_{\beta \text{ доп}}$ , то величину невязки распределить с обратным знаком поровну на все измеренные углы. Поправки к измеренным углам выписать в графу 2 «Ведомости...» над секундами.

- 7) вычислить исправленные углы и записать их в графу 3.

$$\beta_{\text{изм}} \pm V = \beta_{\text{испр}}, \text{ где } V = \frac{f_\beta}{n};$$

8) для контроля подсчитать сумму исправленных углов, которая должна равняться сумме теоретической.

9) по исходному дирекционному углу  $\alpha_{1-2}$  и исправленным углам вычислить последовательно дирекционные углы остальных линий хода по формулам:

$$\text{для правых углов } \alpha_{i+1} = \alpha_i + 180 - \beta_{i+1};$$

$$\text{для левых углов } \alpha_{i+1} = \alpha_i - 180 + \beta_{i+1}$$

и записать их в графу 4.

Следует учесть, что дирекционные углы не могут быть отрицательными и превышать  $360^\circ$ .

10) перевести значения дирекционных углов в табличные, т.е. вычислить румбы  $r$  (графа 5);

Связь между ориентирными направлениями и знаки приращений координат по сторонам света приведены в табл. 3.

Таблица 3

## Связь между румбами и азимутами

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов (азимутов)	Связь румбов (табличных углов) с дирекционными углами	Знаки приращений координат	
			$\Delta X$	$\Delta Y$
1 – СВ	$0^\circ - 90^\circ$	$r = \alpha$	+	+
2 – ЮВ	$90^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
3 – ЮЗ	$180^\circ - 270^\circ$	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
4 – СЗ	$270^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

11) вычислить  $\cos r$  и  $\sin r$  табличных углов (графа 6);

12) в графу 7 выписать значения горизонтальных проложений  $d$  и найти сумму значений, т.е. периметр хода  $P = \sum d$ ;

13) вычислить приращение координат

$$\Delta X = d \cos \alpha = d \cos r;$$

$$\Delta Y = d \sin \alpha = d \sin r$$

и записать их в графы 8 и 9 с точностью до сантиметров;

14) распределить невязки в приращения координат

$$f_{\Delta X} = \sum \Delta X; f_{\Delta Y} = \sum \Delta Y,$$

где  $\sum \Delta X$ ,  $\sum \Delta Y$  – алгебраические суммы по столбцам 8 и 9;

15) оценить допустимость невязок  $f_{\Delta X}$  и  $f_{\Delta Y}$ , для чего определить абсолютную невязку хода

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2},$$

а затем относительную невязку

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{I}{\frac{P}{f_{\text{абс}}}} = \frac{I}{N}.$$

Невязки  $f_{\Delta X}$  и  $f_{\Delta Y}$  считаются допустимыми, если  $f_{\text{отн}} \leq \frac{1}{2000}$ ;

16) ввести в приращения поправки  $V_X$  и  $V_Y$  с обратным знаком пропорционально длинам сторон хода:

$$V_{\Delta X} = -\frac{f_{\Delta X}}{P} d, \quad V_{\Delta Y} = -\frac{f_{\Delta Y}}{P} d;$$

17) вычислить исправленные приращения (графы 10, 11):

$$\Delta X_{\text{испр}} = \Delta X + V_{\Delta X}, \quad \Delta Y_{\text{испр}} = \Delta Y + V_{\Delta Y},$$

суммы которых по столбцам должны быть равны нулю;

18) вычислить координаты точек хода (графа 12, 13):

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i-i+1};$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i-i+1}.$$

Нанести по вычисленным координатам точки теодолитного хода на план масштаба 1: 2000 на листе чертежной бумаги формата А4 в следующей последовательности:

- оформляется рамка плана (рис. 2);
- внутри рамки плана вычерчивается координатная сетка с шагом 10 см. Сетка размечается так, чтобы точки теодолитного хода размещались в центральной части рамки плана;
- точки теодолитного хода наносят строго по координатам;
- все объекты плана оформляются в соответствии с принятыми условными знаками для заданного масштаба.

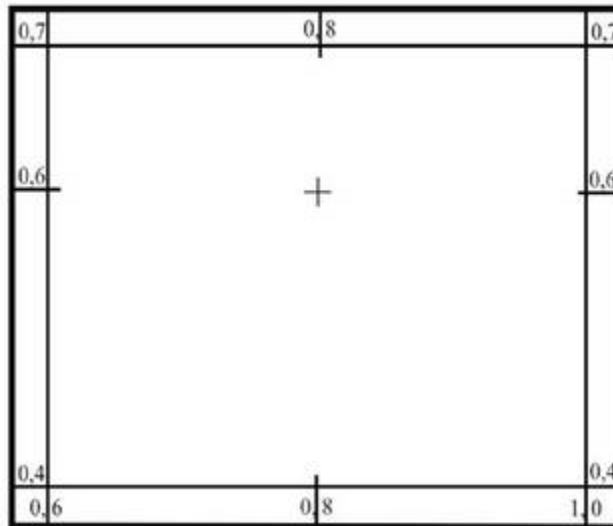


Рис. 2. Образец оформления рамки плана

## Расчётно-графическая работа № 2

### Обработка результатов тахеометрической съёмки

1. Вычисление углов наклона.
2. Вычисление превышений и высотных отметок.
3. Составление плана тахеометрической съёмки в соответствии с абрисом.

Тахеометрия в переводе на русский язык дословно означает «скороизмерение». Цель тахеометрической съёмки – создание топографического плана участка местности. Плановое положение точек получают полярным способом, а высоты – тригонометрическим нивелированием.

Тахеометрическую съёмку выполняют на местности с резко выраженным рельефом (обрывы, овраги, крутые склоны и т.п.). При тахеометрической съёмке необходимо соблюдать следующие условия и допуски:

- предельное расстояние до пикетов при съёмке ситуации – 50 м, при съёмке рельефа – 100 м;
- для правильного изображения деталей рельефа и контуров необходимо выдерживать расстояние между реечными пикетами, в среднем 30 м;

– при более сложных формах рельефа следует увеличить густоту пикетов в 1,5–2 раза.

Съемку ведут с точек теодолитного хода (точек съемочной сети) и пунктов геодезической сети. При съемке ситуации и рельефа местности на каждой станции измеренные углы и расстояния записывают в журнале тахеометрической съемки. Абрис (кроки) ведут с указанием положения точки и направления возможного интерполирования (рис. 3).

В камеральных условиях абрис составляет основную информационную карту, поэтому требует от составителя точности, полноты информации и аккуратности.

Перед визированием на пикеты лимб ориентируют нулевым делением на соседнюю точку теодолитного хода, направление на которую принимают за начальное. Превышения вычисляют до 0,01 м. Высоты пикетных точек вычисляют в журнале тахеометрической съемки.

### Журнал тахеометрической съёмки

№	Горизонтальный угол, ° ' "	Отсчёт по вертикальному кругу, ° ' "	Угол наклона, ° ' "	Расстояние		Высота наведения, м	Превышения, м	Отметки, м	Примечание
				отсчёт по рейке, м	горизонтальное проложение, м				
<b>Ст. 3</b>				<b>Направление на станцию 4</b>		<b>МО =</b>	<b>i =</b>	<b>H =</b>	
		<i>КЛ0 28</i>							
		<i>КП 179 32</i>							
1	58 10	182 32		70					
2	70 18	181 52		94					
3	105 00	182 48		64					
4	148 08	180 38		63					
5	227 30	178 30		56					
6	279 15	177 22		86					

### Порядок обработки журнала тахеометрической съёмки

1. Определить МО (место нуля) вертикального круга

$$MO = \frac{KP + KL \pm 180}{2},$$

где КП – отсчёт при круге право; КЛ – отсчёт при круге лево.

2. Определить углы наклона со станции 3 на станцию 4

$$v = KL - MO;$$

$$v = MO - KP \pm 180.$$

3. Из тахеометрических таблиц по углу наклона и дальномерному расстоянию определить превышения и горизонтальные проложения со станции 3 до пикетов.

4. Определить отметки пикетов на каждой станции

$$H_{\text{пикета}} = H_{\text{станции}} + h_{\text{станция-пикет}}$$

5. Нанести пикеты на план полярным способом в соответствии с кроки и надписать отметки станций и пикетов.

6. Вычертить ситуацию плана согласно кроки тахеометрической съёмки (рис. 3.).

7. Оформить план по условным обозначениям (прил. 6).

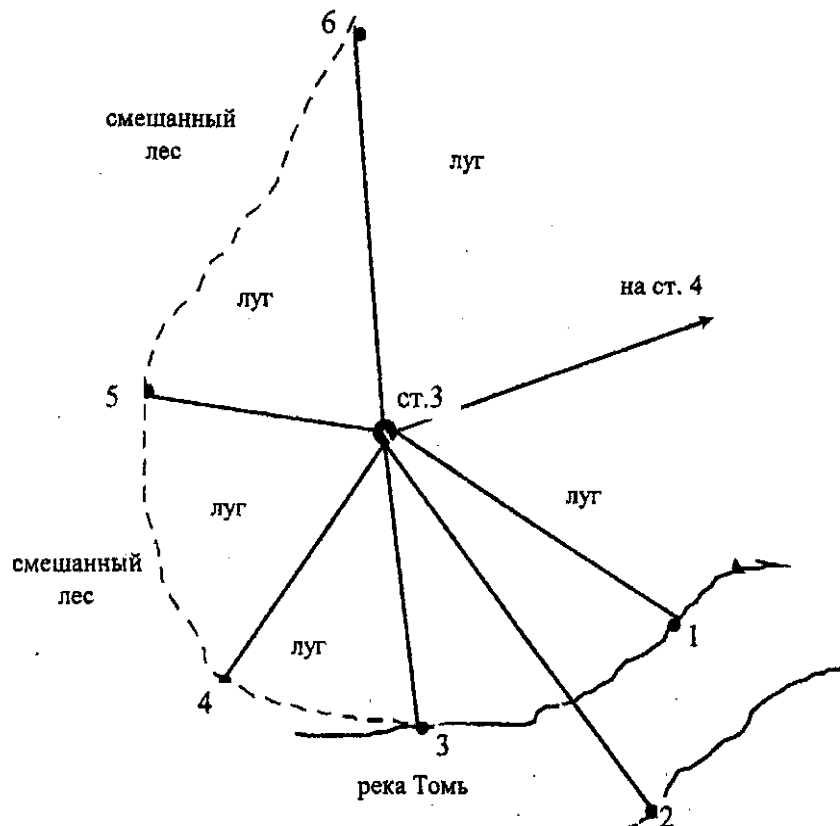


Рис. 3. Кроки тахеометрической съёмки со станции 3



### Расчётно-графическая работа № 3

#### Обработка результатов продольного нивелирования трассы

1. Вычисление и распределение невязки разомкнутого нивелирного хода.
2. Вычисление высотных отметок пикетов трассы.
3. Построение продольного профиля трассы  $M_r$  1: 2000;  $M_b$  1: 100.
4. Построение проектного уклона, вычисление проектных отметок.

Перед началом полевых работ на карте составляется *проект проложения трассы*. После этого производят рекогносцировку и выбор направлений линий трассы на местности. Трасса должна быть по возможности проложена по кратчайшему расстоянию между заданными точками, при этом должно учитываться требование, чтобы при строительстве был минимум земляных работ.

Начало и конец трассы привязывают к ближайшим реперам государственной нивелирной сети, прокладывая привязочные ходы. Трассу длиной более 10 км разбивают на секции и каждую из них привязывают к реперам.

Привязочный ход ведут по кратчайшему удобному направлению. Нивелирование выполняют способом из середины. На всех точках, исключая реперы, рейки ставят на башмаки, костыли или прочные колья. Работу начинают и заканчивают на реперах. С грунтового репера предварительно снимают слой земли. Во избежание грубого промаха в журнале зарисовывают схему привязки и пишут на ней отсчеты, взятые по черным сторонам реек.

Для нивелирования необходимы: нивелир, нивелирные рейки, нивелирные башмаки, штатив, журнал для записи наблюдения, карандаш или ручка. Нивелир должен быть внешне осмотрен, все винты проверены. Рейки должны быть ярко оцифрованы, прямые, без выбоин, трещин, царапин и пятен.

*Работа на станции.* В привязочных и основных ходах нивелир устанавливают между связующими точками, причем не обязательно в их створе, но так, чтобы неравенство плеч было менее 10 м. Связующими называют точки, по которым ведут передачу высоты от начала к концу хода (секции). Рейки на них от-

считывают по обеим сторонам с двух смежных станций. Между связующими точками основных ходов обычно располагаются промежуточные, которые в передаче высоты не участвуют. Рейки, устанавливаемые на них, отсчитывают только по черной стороне.

### Порядок работы на станции нивелирования трассы

1. Шагами намечается середина между точками хода, где устанавливается нивелир. На точки хода ставят рейки. Расстояние между нивелиром и рейкой называется плечом (неравенство плеч не должно превышать 5 м, а длина плеча – 100 м).

Место постановки нивелира (станцию) выбирают так, чтобы обеспечить хорошую видимость реек и прохождение визирного луча над нивелируемой поверхностью.

2. Устанавливают нивелир в рабочее положение при помощи круглого, а затем цилиндрического уровня и берут отсчёты (все по средней нити) и записывают их в журнал (табл. 5):

(1) по красной стороне задней рейки; (2) по красной стороне передней нити; (3) по чёрной стороне передней нити; (4) по чёрной стороне задней рейки.

Таблица 5

### Журнал технического нивелирования

№ Станции	№ точек	Отсчёты по рейке		Превы – шение, $\pm h$ , мм	Среднее Превы – шение, $\pm h_{\text{ср}}$ , мм	Отметки, м
		задняя	передняя			
I	1	5630 (1)	6894 (2)	-1264 (7)	-1365(9)	
	2	0844 (4)	2210 (3)	-1366 (8)		
		4786 (5)	4684 (6)			
		$\Sigma Z$	$\Sigma П$	$\Sigma h$	$\Sigma h_{\text{ср}}$	

3. Вычисляют пяточные разности (5), (6): отсчёт по красной стороне минус отсчёт по чёрной стороне рейки:

$$(5) = (1) - (4);$$

$$(6) = (2) - (3).$$

4. Вычисляют превышения по красной и чёрной стороне рейки (7), (8). Задний отсчёт минус передний:

$$(7) = (1) - (2);$$

$$(8) = (4) - (3).$$

Расхождение не должно превышать  $\pm 5$  мм, если рейки с одинаковой пяткой, и  $(\pm 5 \pm 100)$ , мм, если пятки разные.

5. Если расхождения в допуске, то вычисляют средние превышения  $h_{\text{ср}}$  (9):

$$(9) = \frac{(7) + (8)}{2}, \text{ если у реек одинаковые пятки};$$

$$(9) = \frac{(7) + (8) \pm 100}{2}, \text{ если пятки разные}.$$

6. Если все допуски выдержаны, то наблюдатель переходит на вторую станцию и все действия повторяются.

### **Обработка результатов продольного нивелирования трассы**

Математическая обработка результатов технического нивелирования выполняется в следующем порядке:

1. Постраничный контроль на каждой странице журнала.
2. Определение высотной невязки хода  $f_h$  и сравнение её с допустимой  $f_{h \text{ доп.}}$ .
3. Вычисление поправок в превышения  $h$ .
4. Исправление превышений.
5. Вычисление высотных отметок точек хода.

Постраничный контроль выполняют на каждой странице журнала с целью выявления возможных погрешностей в вычислениях. При этом должно соблюдаться равенство

$$\frac{\sum \text{З} - \sum \text{П}}{2} = \frac{\sum \Delta h}{2} = \sum \Delta h_{\text{ср.}}$$

( $\pm 50$  мм при использовании реек с разной пяточной разностью и нечётным числом станций),

где  $\sum Z$  – сумма отсчётов по задней рейке;  $\sum П$  – сумма отсчётов по передней рейке;  $\sum h$  – сумма превышений;  $\sum h_{\text{ср.}}$  – сумма средних превышений на странице.

Высотная невязка  $f_h$  для замкнутого хода определяется по формуле:

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}}$$

Допустимая невязка для технического нивелирования рассчитывается по формуле:

$$f_{h \text{ доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где  $L$  – длина хода, км.

Если  $f_h \leq f_{h \text{ доп.}}$ , то фактическую невязку  $f_h$  распределяют с обратным знаком поровну на все превышения хода:

$$\delta_h = \frac{f_h}{n}$$

где  $n$  – число станций в ходе.

$$\text{Контроль: } \sum \delta_h = -f_h.$$

Исправление превышения вычисляют по формуле:

$$h_{\text{испр.}i} = h_i - \delta_h$$

$$\text{Контроль: } \sum h_{\text{испр.}i} = 0 \text{ для замкнутого хода.}$$

Высотные отметки точек хода вычисляют по формулам:

$$H_i = H_{i-1} + \Delta h_{\text{испр.}i},$$

то есть высота последующей точки равна высоте предыдущей точки плюс исправленное превышение.

На станции, где наблюдались промежуточные точки, вычисляется горизонт инструмента:

$$\text{ГИ} = H + a,$$

где  $H$  – отметка задней или передней связующей точки;  $a$  – отсчёт по чёрной стороне рейки на связующей точке.

Отметка промежуточной точки равна горизонту инструмента минус отсчёт по рейке на промежуточной точке  $O_{пр}$ :

$$H_{пр} = GI - O_{пр}.$$

Вычисление отметок точек выполняется в журнале нивелирования трассы от репера 1 до репера 2 (прил. 4)

По результатам расчётов построить профиль трассы: горизонтальный масштаб 1:2000; вертикальный масштаб 1: 100. (прил. 5).

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Основная учебная литература**

1. Поклад, Г. Г. Геодезия: учеб. пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2008. – 592 с.

2. Геодезия и маркшейдерия [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов / под ред. В. Н. Попова, В. А. Букринского. – М. : Горная книга, 2010. – 452 с.  
<http://www.biblioclub.ru/book/79284/>

3. Горбунова, В. А. Инженерная геодезия: учеб. пособие [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки бакалавров 270800 Строительство, профиль Автомобильные дороги / В. А. Горбунова. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 193 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90599&type=utchposob:common>

### **6.2. Дополнительная литература**

4. Захаров, А. И. Нивелиры. Конструкция, сервис, ремонт, эксплуатация: практич. пособие для вузов / А. И. Захаров [и др.]. – М.: Академический проспект, 1010. – 205 с.

5. Попов, В. Н. Геодезия : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело» направ-

ления подготовки «Горное дело» / В. Н. Попов, С. И. Чекалин. – М. : Горная книга , 2012. – 722 с.

6. Федотов, Г. А. Основы аэрогеодезии и геодезические работы: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» учебник / Г. А. Федотов. – М.: Академия, 2012. – 272 с.

7. Куштин, И. Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие / И. Ф. Куштин [и др.]. – Ростов н/Дону: Феникс, 2009. – 909 с.

8. Хинкис, Г. Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания) / Г. Л. Хинкис, В. Л. Зайченко. – М.: Проспект, 2009. – 172 с.

9. Маслов, А. В. Геодезия / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – М.: КолосС, 2006. – 598 с.

10.Корецкая, Г. А. Современная электронно-оптическая геодезическая аппаратура и спутниковые навигационные системы: учебное пособие [Электронный ресурс]: для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / сост. Г. А. Корецкая. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 91 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90594&type=utchposob:common>

### **6.3. Методические указания и нормативные документы**

11. Горбунова, В. А. Геодезия и маркшейдерия (раздел Геодезия) [Электронный ресурс]: лабораторный практикум для студентов специальностей 130400.65 «Горное дело» специализаций 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130403.65 «Открытые горные работы», 130405.65 «Шахтное и подземное строительство», 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых», 13412.65 «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»; 131201.65 «Физические процессы горного производства» очной формы обучения / сост. В. А. Горбунова, Г. А. Корецкая. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – 164 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3375>

12. Корецкая Г. А. Геодезия и маркшейдерия (раздел Геодезия) [Электронный ресурс] : тетрадь лабораторных работ для студентов специальности 130400.65 «Горное дело» всех форм обучения / Г. А. Корецкая; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им.

Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 29 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=5415>

13. Роут, Г. Н. Геодезия : методические указания по выполнению контрольной работы для студентов специальности 130400.65 «Горное дело» специализаций 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130403.65 «Открытые горные работы», 130405.65 «Шахтное и подземное строительство», 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых», 130412.65 «Технологическая безопасность и горноспасательное дело» заочной формы обучения / сост. Г. Н. Роут. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – 23 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=2994>

14. Изместьев, А. Г. Руководство по учебной геодезической практике для студентов специальности 130400.65 «Горное дело» специализаций: 130403.65 «Открытые горные работы», 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых», 130405.65 «Шахтное и подземное строительство», 130412.65 «Технологическая безопасность и горноспасательное дело» очной формы обучения / А. Г. Изместьев, М. М. Латагуз; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 24 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3359>

15. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1989. – 286 с.

#### **6.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

16. Мультимедийная база данных кафедры МДКиГ по дисциплинам «Геодезия и маркшейдерия», «Инженерная геодезия», «Прикладная геодезия», «Современная геодезическая аппаратура и спутниковые навигационные системы», «Цифровое картографирование местности», «Фотограмметрия и дистанционное зондирование».

17. Тестовая база данных кафедры МДК и Г по всем разделам геодезии для использования интерактивных форм проведения занятий.

18. Тестовая база данных Росакредагентства для проведения репетиционного тестирования (ФЭПО).

19. Электронный каталог литературы НТБ ГУ КузГТУ с выходом на Всероссийскую и международные библиотеки.

20. Электронные информационные системы ГУ КузГТУ и кафедры МДКиГ по обеспечению учебного процесса.

21. <http://www.geoprofi.ru> – Электронный журнал по геодезии, картографии и навигации.

22. <http://www.2gis.ru> – Электронная карта города «Дубль–ГИС».

23. <http://ru.wikipedia.org> – Свободная энциклопедия.

24. <http://www.navgeocom.ru> – Компания по продаже геодезического оборудования Навгеоком.

25. <http://www.laserpribor.ru/> – Интернет–магазин по продаже геодезического оборудования.

## Приложение 1

### Перечень вопросов для экзамена

1. Основные задачи, решаемые геодезией. Ее значение в народном хозяйстве и строительстве объектов недвижимости.
2. Современное представление о форме и размерах земли.
3. Геодезическая система координат.
4. Астрономическая система координат.
5. Плоская условная система координат.
6. Плоская зональная система координат Гаусса-Крюгера.
7. Полярная система координат.
8. Ориентирование линий на местности.
9. Прямая геодезическая задача.
10. Обратная геодезическая задача.
11. Система высот в геодезии.
12. Понятие о плане, карте, профиле и разрезе.
13. Масштабы. Виды масштабов.
14. Номенклатура планов и карт.
15. Изображение рельефа земной поверхности.
16. Условные топографические знаки.
17. Методы измерения площадей (графический, аналитический,



- с помощью механического и электронного планиметров).
18. Технологическая схема создания карт и планов.
  19. Методы построения государственных геодезических сетей (ГГС).
  20. Методы построения геодезических сетей сгущения (ГСС),
  21. Методы построения геодезических сетей съёмочного обоснования (ГССО).
  22. Создание геодезических сетей съёмочного обоснования (ГССО) проложением теодолитных ходов. Последовательность работ.
  23. Классификация теодолитов. Геометрические условия, которым должно удовлетворять взаимное расположение осей теодолита. Поверки.
  24. Измерение горизонтальных углов.
  25. Измерение вертикальных углов.
  26. Измерение длин линий.
  27. Камеральная обработка теодолитного хода.
  28. Классификация высотных съёмочных сетей.
  29. Методы создания высотного съёмочного обоснования.
  30. Способы геометрического нивелирования (из середины и вперёд).
  31. Простое и сложное геометрическое нивелирование.
  32. Классификация нивелиров. Геометрические условия, которым должно удовлетворять взаимное расположение осей нивелира.
  33. Поверка главного условия нивелира.
  34. Методика работ при техническом нивелировании.
  35. Тахеометрическая съёмка. Сущность, методика работ, обработка результатов.
  36. Камеральная обработка нивелирного хода.
  37. Виды топографических съёмок (теодолитная и тахеометрическая).
  38. Общие сведения о цифровых и лазерных нивелирах, их характеристики.
  39. Общие сведения об электронно-оптических теодолитах и лазерных сканерах.
  40. Общие сведения о спутниковых определениях координат.
  41. Структура современных глобальных навигационных систем.

## Приложение 2

### Примеры тестовых заданий для промежуточного контроля

#### Задание 1

Сложная фигура нашей планеты, ограниченная уровенной поверхностью океана – это:

- : референц-эллипсоид
- : эллипсоид – вращения
- +: геоид
- : эллипсоид
- : физическая поверхность Земли

#### Задание 2

Долготы отсчитываются на восток и на запад

- : от  $0^\circ$  до  $90^\circ$
- : от  $90^\circ$  до  $180^\circ$
- +: от  $0^\circ$  до  $180^\circ$
- : от  $180^\circ$  до  $360^\circ$

#### Задание 3

Наличие ... позволяет судить о масштабе карты, виде проекции и распределении искажений в ней.

- : горизонталей
- +: координатной сетки
- : отметок высот
- : ситуации местности
- : ситуации рельефа

#### Задание 4

Дан румб:  $30^\circ$  ЮВ. Определить дирекционный угол:

- :  $30^\circ$
- :  $120^\circ$
- +:  $150^\circ$
- :  $180^\circ$
- :  $210^\circ$
- :  $300^\circ$
- :  $330^\circ$

#### Задание 5

Установить соответствие между видом карты и численным значением масштаба:

L1: планы

L2: крупномасштабные

L3: среднемасштабные

L4: мелкомасштабные

L5:

R1: 1:5000 и крупнее

R2: 1:10000 - 1:200000

R3: 1:200000 до 1:1000000 включительно

R4: 1:1000000 и мельче

R5: 50:1

### **Задание 6**

Горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана - .....

+: магнитным азимутом

### **Задание 7**

Уменьшенное и искажённое из-за кривизны Земли изображение значительной территории Земной поверхности - .....

+: карта

### **Задание 8**

Масштаб карты 1:500, длина линии на местности 40 м, длина отрезка на плане ..., мм.

-: 20

-: 40

+: 80

-: 8

-: 200

### **Задание 9**

Неподвижная часть горизонтального круга теодолита, закрытая кожухом:

-: алидада

+: лимб

-: вертикальный круг

-: ось вращения теодолита

### **Задание 10**

Нивелир – это прибор для определения:

+: превышений

-: расстояний

-: углов наклона

-: горизонтальных углов

Продолжение 3

Ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода

№	Углы (правые)		Дирекционные углы	Румбы		Горизонтальные проложения	Приращения				Координаты точек	
	измеренные	исправленные		Название	Величина		вычисленные		исправленные			
	° ' "	° ' "		° ' "	° ' "		± ΔX	± ΔY	± ΔX	± ΔY	X	Y
	м	м		м	м		м	м	м	м	м	м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	68 50 30					241,48						
2	94 12 00					254,52						
3	57 29 00					232,41						
4	139 29 30					154,02						

$$\sum \beta_{\text{изм}} =$$

$$\sum \beta_{\text{теор}} =$$

$$f_{\beta \text{ доп}} =$$

$$f_{\Delta X} = f_{\Delta Y} =$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2} =$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{1}{N}$$

## Приложение 4

## Журнал нивелирования трассы от репера 1 до репера 2

№ ст	№ точек	Отсчеты по рейке			Превышения $h$		Ср. превышение $h_{cp}$		Горизонт инстр.	Абсолютные отметки точек
		задняя	передняя	промежуточная	+	-	+	-		
1	Rp 1	1569 6254								
	ПК 0		1290 6072							
2	ПК 0	0365 5148								
	ПК 1		2125 6810							
3	ПК 1	0821 5504								
	ПК 2		2213 6998							
4	ПК 2	2171 6957		1150						
	+48 ПК 3		0557 5242							
5	ПК 3	1012 5695		0558 2098						
	+58									
	+75									
	ПК 4		0766 5551							
6	ПК 4	0997 5780								
	ПК 5		1844 6529							
7	ПК 5	0364 5049								
	Rp 2		2431 7216							
		$\Sigma_3$	$\Sigma_{II}$		$\Sigma h$		$\Sigma h_{cp}$			

## Профиль трассы

Условный горизонт	
План трассы	
Проектные отметки (красные)	
Уклоны	
Фактические отметки (чёрные)	
Расстояние	
Пикеты	
План прямых и кривых	

## Приложение 6

## Условные топографические знаки для плана масштаба 1:2000

Изображение на плане	Название условных знаков, пояснения
	Пересечение координатных линий; оформляется зелёной тушью
	Точка съёмочного обоснования (слева) и пункт геодезической сети – полигонометрии (справа)
	Слева вниз направо: огороды; изгородь, оконтуривающая в данном случае огороды; отдельно стоящее мелкоколичественное дерево (например берёза)
	Постройка огнестойкая жилая двухэтажная с фактическими очертаниями
	Съёмочная точка (речный пикет) и её отметка
	Объекты земной поверхности с естественными контурами. Контур оформляется точечным пунктиром.
	Лес; тип леса и пород деревьев; характеристика древостоя (числитель - высота деревьев, знаменатель - толщина стволов, справа - расстояния, м)

## Продолжение прил. 6

Изображение на плане	Названия условных знаков, пояснения
	Грунтовые дороги проселочные и полевые
	Положение точки уреза воды и её отметка. Линии береговые (урезовые). Отмывка водной глади. Течение реки
	Горизонтали, бергштрихи, отметки горизонталей. Рядовые горизонтали проводят толщиной 0,1 мм. Утолщённые горизонтали вычерчивают толщиной 0,3 мм
	Луговая травянистая растительность. Вычерчивается в шахматном порядке
	Сплошные заросли кустарника; ивняк — тип кустарника, 2 — его высота