

Таблица 10.7.

Социальный и возрастно-половой  
состав семьи учащихся

№ п/п	Показатели	Количество человек	Результаты в %
1	Возрастно-половой состав семьи: мужчины 0-20 лет 21-40 41-60 старше 60 женщины 0-20 21-40 41-60 старше 60		
2	Социальный состав: - дети до 7 лет - учащиеся - рабочие - крестьяне - служащие - предприниматели - пенсионеры - безработные		

Таблица 10.8.

Социальные условия проживания учащихся  
класса (школы)

№ п/п	Показатели	Количество анкет	Результаты в %
1	Условия проживания : - частный дом - коммунальная квартира - отдельная квартира - общежитие		
2	Благоустройство: - без благоустройства - с частичным благоустройством - с полным благоустройством		
3	Жилая площадь на одного человека (м <sup>2</sup> ): менее 6 6-12 12-19 19-26 более 26		
4	Доходы на душу населения (по сумме от минимального оклада): менее 4 4-8 8-12 более 12		

## Глава 11

### ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

#### • 11.1. Обработка данных и получение статистических оценок

Для проведения мониторинга его участникам необходимо владеть основными методами статистической обработки материалов. Эти методы позволяют оценить точность и достоверность полученных результатов, избежать ошибочных выводов.

##### 11.1.1. Оценка среднего значения и его погрешности

При наблюдениях или измерениях возникает необходимость установления их точности (достоверности, насколько полученное среднее значение отражает истинное значение измеряемой величины).

Рассмотрим конкретный пример. Предположим, что мы занимаемся изучением влияния загрязнений крупного завода на прирост сосны. Предположим, что мы измерили прирост в высоту 100 сосен и получили следующие значения в сантиметрах:

34, 26, 30, 43, 33, 37, 22, 28, 35, 39, 30, 30, 29, 42, 34, 43, 32, 29, 38, 35, 36, 42, 26, 36, 35, 38, 38, 38, 34, 36, 44, 36, 40, 34, 22, 41, 40, 53, 40, 33, 32, 20, 27, 15, 21, 24, 23, 27, 25, 34, 17, 29, 28, 10, 25, 18, 40, 29, 27, 43, 26, 26, 31, 31, 29, 42, 31, 20, 35, 36, 31, 22, 33, 14, 21, 23, 23, 41, 20, 35, 12, 22, 27, 14, 20, 17, 30, 25, 13, 41, 37, 42, 13, 27, 36, 42, 40, 40, 21.

Таблица 11.1.

Коэффициент  $t$  для расчета погрешности среднего  
выборочного значения

Количество измерений	Число $t$	Количество измерений	Число $t$
3	4,3	8	2,4
4	3,2	9-10	2,3
5	2,8	11-14	2,2
6	2,6	15-30	2,1
7	2,5	более 30	2,0

Найдем погрешность средней величины прироста  
сосны:

$$\text{ДМ} = -t = x_{2,1} = 3,4 \text{ см.}$$

Среднее значение обычно записывают вместе с  
величиной погрешности:

$$M = 32,5 \pm 3,4 \text{ см.}$$

Эта запись означает, что истинное среднее значе-  
ние лежит в пределах от 29,1 до 35,9 см.

Следует еще раз подчеркнуть, что при расчете  
среднего значения какой-либо величины в отчете не-  
обходимо привести четыре числа:

- 1) само среднее значение;
- 2) погрешность среднего значения;
- 3) среднеквадратическое отклонение;
- 4) количество измерений.

Если какой-либо из этих параметров отсутствует,  
ценность работы значительно снижается, поскольку  
становится трудно оценить достоверность полученных  
данных.

При многократном проведении одного и того же  
эксперимента результаты измерений можно считать  
выборкой из бесконечного множества всех возможных  
результатов. Среднее значение измеренной величины  
и его погрешность вычисляются точно так же, как в  
предыдущем примере.

### 11.1.2. Оценка достоверности различий средних значений

В экологических исследованиях важнейшим мо-  
ментом является сравнение различных объектов (на oil

Среднее значение прироста оказалось равным  
30,51 см. При таком количестве измерений можно счи-  
тать, что среднее значение мало изменится, если число  
наблюдений будет увеличиваться. Возникает вопрос: а  
можно ли использовать меньшее число измерений?  
Оказывается, можно. Существует раздел математики,  
называемый математической статистикой, в котором  
разрабатываются способы оценки погрешностей и  
обосновывается необходимая повторность наблюдений  
(число измерений).

Выпишем для примера из рассмотренного списка  
прирост каждой пятой сосны. Мы получим случайную  
выборку из 20 деревьев:

34, 37, 30, 43, 36, 38, 36, 22, 33, 21, 34, 25, 43, 29, 36,  
21, 35, 20, 41, 36.

Среднее из этих значений равно 32,5 см. Чтобы  
определить, насколько оно может отличаться от истин-  
ного, за которое принят средний прирост из 100 изме-  
рений, в соответствии с правилами статистики найдем  
сначала отклонения измеренных высот прироста от их  
среднего значения:

1,5 4,5 -2,5 10,5 3,5 5,5 3,5 - 10,5 0,5 - 11,5  
1,5 -7,5 10,5 -3,5 3,5 - 11,5 2,5 -12,5 8,5 3,5.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она  
равна 1009.

Полученное значение делим на число измерений,  
уменьшенное на единицу ( $20 - 1 = 19$ ). Результат называ-  
ется дисперсией выборки ( $D$ ). Она равна  $1009:19 = 53,1$ .

Квадратный корень из дисперсии называется сред-  
неквадратическим отклонением и обозначается гречес-  
кой буквой  $\sigma$  («сигма»). Это не менее важный пара-  
метр, чем среднее значение, и его всегда следует  
приводить в отчетах о наблюдениях и измерениях.

$$\sigma = \sqrt{D} = 7,3 \text{ см.}$$

Теперь можно найти погрешность оценки сред-  
него АМ. Для этого необходимо вычислить величину

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

и умножить ее на коэффициент  $t$ , который зави-  
сит от количества измерений и может быть найден из  
табл. 11.1:

пример, ключевых участков мониторинга, различающихся степенью антропогенной нагрузки). При этом очень важно уметь доказать, что обнаруженное различие действительно существует, а не обусловлено статистической погрешностью оценки.

В большинстве случаев бывает необходимо сравнить средние значения выборок, полученных из двух разных генеральных совокупностей (в нашем примере — средние значения прироста сосны в двух лесных массивах, произрастающих на разных расстояниях от завода).

Для этого сначала нужно найти среднее значение и его погрешность для каждой выборки, после чего вычислить величину  $t$  по формуле

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{m_1 + m_2}$$

где  $M_1$  и  $M_2$  — средние значения сравниваемых

$$m_1 = \frac{s_1}{\sqrt{N_1}}, \quad m_2 = \frac{s_2}{\sqrt{N_2}}$$

Затем полученное значение сравнивается с числом  $t$  из табл. 11.1. Если вычисленное значение  $t$  больше табличного, то различие между выборками считается достоверным, в противном случае — нет. -

## 11.2. Экологическое картографирование микрорайона шкody

Результаты экологических исследований должны быть отражены на картах местности. Картографирование позволит зафиксировать положение объектов мониторинга на местности, выделить наиболее неблагополучные в экологическом отношении участки.

Картографической основой служит топокарта или план местности масштаба 1:10000 или 1:25000. Для небольших участков удобнее пользоваться масштабами 1:1000, 1:2000, 1:5000. План местности или топокарту можно получить в администрации населенного пункта, у руководителя сельхозпредприятия, в лесничестве и т. д. Если такой возможности нет, то план местности

необходимо составить самостоятельно с помощью глазомерной съемки.

Основными требованиями для получения наиболее точных результатов глазомерной съемки являются:

- а) точное определение и соблюдение линейного масштаба шагов;
- постоянное ориентирование планшета по линии север-юг при визировании и откладывании расстояний.

Важным условием является то, что план местности полностью составляется во время полевых работ, и все объекты изображаются на плане только тогда, когда съемщик их видит.

Начальную точку хода на планшете следует выбрать так, чтобы изображение всего участка съемки уложилось на одном листе, либо нужно предусмотреть переход на другой лист планшета. Съёмочный ход прокладывается по дорогам, просекам, вдоль линии связи, границ полей и других линейных объектов. Точки поворота хода служат пунктами, с которых ведется съемка ситуации. При этом можно использовать следующие способы съемки: обхода, полярный и ординат (рис. 11.1).

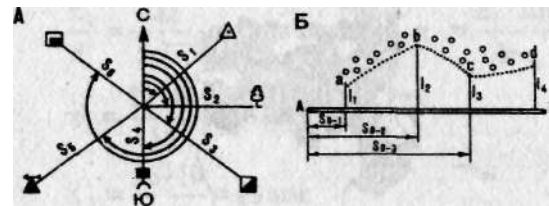


Рис. 11.1. Способы съемки: а) полярный; б) ординат

**Способ обхода** используется для съемки дорог в лесу, улиц в селениях и других замкнутых контуров. Съёмщик обходит контур по снимаемой линии, измеряет длины сторон хода шагами, а их направление определяет по компасу. При **полярном способе** положение точек местности определяется через измеренное шагами расстояние от известной точки (объекта), расположенной на возвышении, а направление — по магнитному азимуту. **Способ ординат** применяется для съемки небольших объектов от прямой базовой линии

(прямолинейный участок дороги, улицы, реки). На характерные точки контура объекта прочерчиваются и измеряются шагами перпендикуляры от базовой линии.

Полученная топографическая основа служит для фиксации изучаемых показателей окружающей среды.

Чтобы отобразить количественную и качественную стороны фиксируемых явлений, их перемещение в пространстве и во времени, можно использовать способы картографирования методами ареалов, изолиний, значков, локализованных диаграмм, картограмм и точечным способом [49, 50, 51].

**Способ ареалов** отражает площадь распространения явления. Технически ареалы изображаются в виде обведенной линией или покрытой краской площади с применением словесного пояснения. Выделяются они по признаку наличия явления без количественной характеристики (рис. 11.2). Способ ареалов удобно использовать для фиксирования объектов, медленно меняющихся во времени (площади лесов, лугов, пашен и т. д.).



Рис. 11.2. Способ ареалов

**Способ изолиний** применяется для изображения пространственного развития, которое имеет сплошное распространение на данной территории. Изолиния соединяет точки с одинаковым значением исследуемого параметра окружающей среды. Построение осуществляется методом интерполяции с использо-

ванием значений, полученных в точках фиксации параметра.

Пример построения изолинии

Задача. При исследовании химического состава снегового покрова были взяты пробы снега в точках А, В, С и D. Анализ показал, что содержание аэрозольной фазы в пробах составляет 47, 60, 32 и 35 мг/л соответственно. Построить изолинию содержания аэрозольной фазы 50 мг/л.

**Решение.**

1. На план местности наносим точки А, В, С и D.
2. Соединяем соседние точки, между которыми находится значение 50 мг/л. Это отрезки АВ, СВ и DB.
3. Измеряем линейкой длины отрезков АВ, СВ и DB. Получаем соответственно  $d_j = 21$  мм,  $d_2 = 36$  мм,  $d_3 = 25$  мм.
4. Вычисляем изменение параметра на расстояниях АВ, СВ, DB.  $A_{m_1} = 60 - 47 = 13$  мг/л,  $A_{T_2} = 60 - 32 = 28$  мг/л,  $A_{T_3} = 60 - 35 = 25$  мг/л.
5. Вычисляем изменение параметра от точки В до изолинии:  $A_m = 60 - 50 = 10$  мг/л.
6. Находим расстояние  $x$ , от точки В до пересечения соединительных линий с изолинией по формуле:

$$X_j = \frac{d_j \cdot A_m}{d_i \cdot A_{m_j}}, \text{ откуда следует: } X_j = \frac{d_j - A_m}{A_{m_j}}$$

$$x_1 = \frac{21 - 10}{13} = 16 \text{ мм;}$$

$$x_2 = \frac{36 - 10}{28} = 13 \text{ мм;}$$

$$x_3 = \frac{25 - 10}{25} = 10 \text{ мм.}$$

7. Наносим точки пересечения на рисунок и соединяем их плавной линией. Это и есть изолиния 50 мг/л (рис. 11.3).

Изолинию можно построить и «на глаз». При этом интервал между точками делится на части без измерений и вычислений, а лишь с глазомерной оценкой соотношения этих частей в соответствии с выбранным

В (60)

А (45) ^\*-Т-^у^ \

/ \* D(20)

\* С (27)

Рис. 11.3. Пример построения изолинии

интервалом отображаемого показателя. Этот способ построения изолиний самый быстрый, но требует опыта подобной работы.

**Способ локализованных диаграмм** характеризует явление в определенном пункте в виде диаграммы (рис. 11.4). Наиболее употребительны линейные (столбики, полосы и т.п.), площадные (квадраты, круги и т.п.) и объемные (кубы, шары и т.п.) диаграммы. Их размеры определяются масштабом построения, т.е. количественным содержанием явления в единице длины, площади или объема. Для этого способа важен обоснованный выбор пунктов, характеризующий прилегающее пространство.

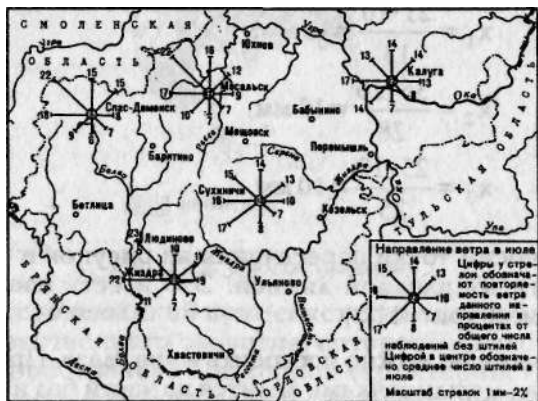
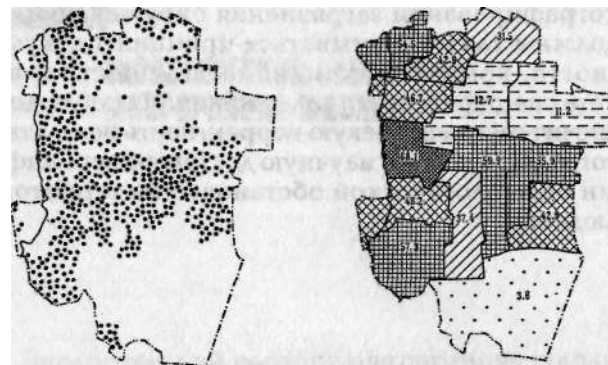


Рис. 11.4. Способ локализованных диаграмм



1 мi - » а шипит»

Л. ' БГ-1///ШШШШ Ш

а: 10% 10-20 30-40 40-50 50-60 60-70%

Рис. 11.5. Точечный способ

Рис. 11.6. Способ картограммы

**Точечный способ** применяется для изображения однородного явления, распространенного на большой площади (рис. 11.5). Технически этот способ выполняется расстановкой на карте одинаковых точек, каждой из которых соответствует определенное числовое значение (вес точки). Применяют два метода расстановки точек на карте: статистический (равномерно на всей территории) и географический (в местах фактического размещения явления). Качественная характеристика отражается цветом точки.

**Способ картограммы** отображает на карте относительные показатели явления в пределах определенных территориальных (административных) границ (рис. 11.6). Для наглядности используют цветовую (или штриховую) ступенчатую шкалу интенсивности. Расцветка (штриховка) накладывается на всю площадь единицы территориального деления в соответствии с цветом (штриховкой) интервала ступени шкалы, к которой относятся показатели данной территории. Достоинство картограммы — простота построения и восприятия.

Основным принципом экологического картографирования объективно является сочетание биоцентрического и антропоцентрического подходов в создании карт. Практически это требует подготовки двух

видов карт: базовых и оценочных. Кроме того, при картографировании загрязнения окружающей среды должны также учитываться принципы документальности, комплексности, сомасштабности и приоритета специфического содержания. Их соблюдение обеспечит географическую корректность результатов картографирования и научную достоверность информации об экологической обстановке на территории наблюдения.