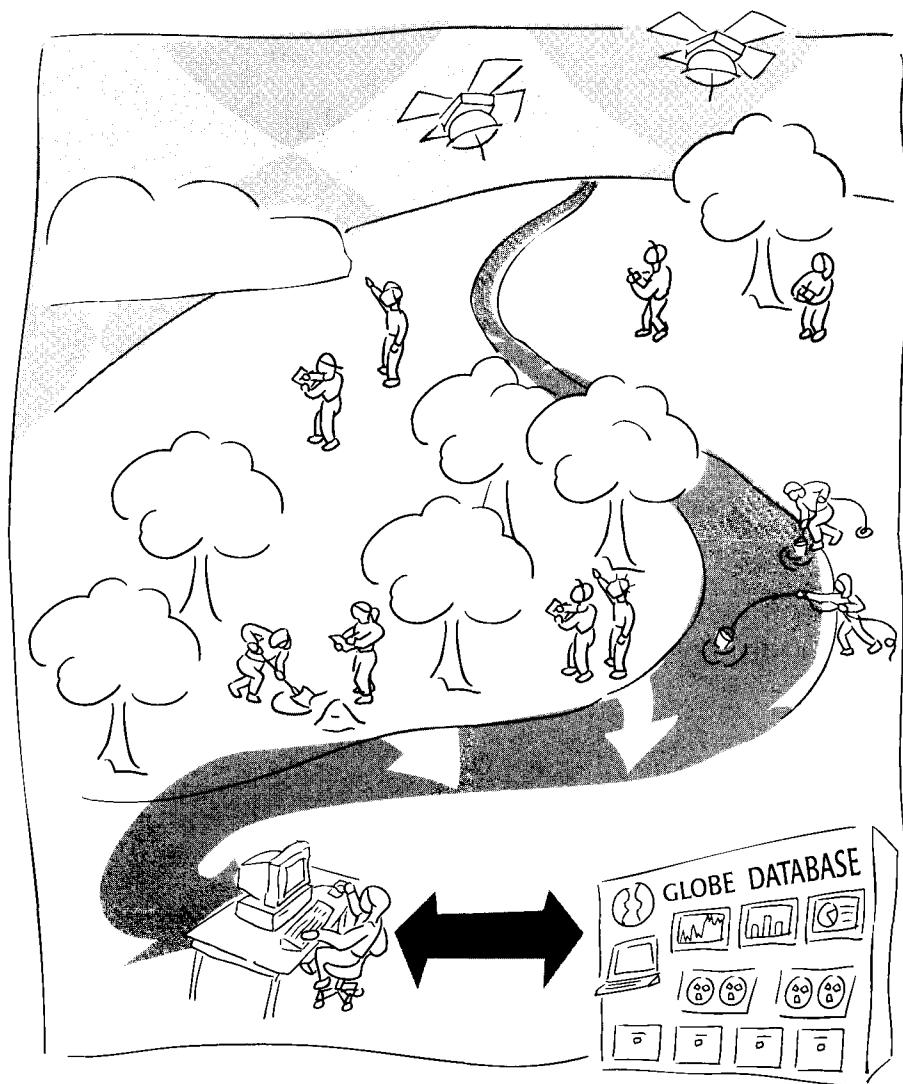


# Приборы и материалы

# Комплект приборов и материалов



**Программа GLOBE™**  
**Руководство для учителей**





# Содержание



Измерения в рамках программы GLOBE  
и необходимые приборы ..... Комплект приборов и материалов - 4



Научные приборы для выполнения  
измерений в рамках программы GLOBE ..... Комплект приборов и материалов - 6



Технические требования к приборам,  
используемым в рамках программы  
GLOBE ..... Комплект приборов и материалов - 9



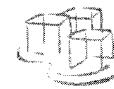
Планы укрытия для приборов ..... Комплект приборов и материалов - 21

Использование программного  
обеспечения графопостроителя GLOBE .... Комплект приборов и материалов - 24

Классификация вручную: учебное  
пособие по интерпретации изображения  
участка в г. Беверли, штат Массачусетс .... Комплект приборов и материалов - 25

Программа MultiSpec: основные методы  
обработки изображений ..... Комплект приборов и материалов - 33

Классификация с использованием  
заданных параметров: учебное пособие ..... Комплект приборов и материалов - 96



# Измерения в рамках программы GLOBE и необходимые приборы

В рамках программы GLOBE производятся измерения следующих параметров окружающей среды: атмосферных и климатических параметров, гидрологических параметров, параметров земного покрова и биологических параметров, а также параметров почвы. На следующих страницах приводится сводка текущих технических требований к приборам. Измерения, выполняемые в рамках программы GLOBE, и соответствующие приборы классифицированы в зависимости от уровня подготовки учащихся.

Измерение	Прибор	Уровень подготовки
<b>Атмосферные и климатические параметры</b>		
Плотность и тип облачного покрова	Таблица типов облаков	Любой
Количество жидких осадков	Дождемер	Любой
Количество твердофазных осадков	Снегомер, дождемер, шест для измерения глубины снежного покр.	Любой
Кислотность (рН) осадков	Лакмусовая бумага	Начальный уровень
	Ручка для измерения рН, один буферный раствор	Средний уровень
	Прибор для измерения рН, три буферных раствора	Высокий уровень
Максимальная, минимальная и текущая температура воздуха	Термометр для измерения максимальной и минимальной температуры, калибровочный термометр, укрытие для приборов	Любой
<b>Гидрологические параметры</b>		
Прозрачность воды (только на участках с глубокими водоемами)	Диск Секки, веревка длиной 5 м	Любой
Прозрачность воды (на участках с мелководными водоемами)	Трубка для замера мутности воды	Любой
Температура воды	Термометр с измерительной трубкой, заполненной органической жидкостью	Любой
Содержание растворенного кислорода	Набор для определения содержания растворенного кислорода	Средний и высокий уровни
Кислотность (рН) воды	Лакмусовая бумага	Начальный уровень
	Ручка для измерения рН, один буферный раствор	Средний уровень
	Прибор для измерения рН, три буферных раствора	Высокий уровень
Электропроводность воды (только на участках с пресноводными водоемами)	Прибор для измерения общего количества растворенных твердых веществ (электропроводности), калибровочный раствор	Любой
Соленость воды (на участках с соленой и солоноватой водой)	Денсиметр, прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл, термометр с измерительной трубкой, заполненной органической жидкостью	Любой
Определение солености методом титрования (только на участках с соленой и солоноватой водой)	Набор для определения солености	Средний и высокий уровни (факультативное занятие)

<b>Измерение</b>	<b>Прибор</b>	<b>Уровень подготовки</b>
<b>Гидрологические параметры (продолжение)</b>		
Щелочность воды	Набор для определения щелочности воды	Средний и высокий уровни
Содержание нитратов в воде	Набор для определения содержания нитратов в воде	Средний и высокий уровни
<b>Изучение почвы</b>		
Определение характеристик почвы (угол почвенного слоя, глубина горизонтов: структура, цвет, консистенция, текстура, содержание карбонатов)	Клинометр (уклономер), фотоаппарат, измерительная планка, таблица цветов, контейнеры для сбора образцов, другие контейнеры, лопата или почвенный бур	Любой
Определение характеристик почвы (лабораторный анализ объемной плотности, крупности частиц, pH и плодородности почвы)	Сушильная печь, мензурка вместимостью 100 мл, прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл, денсиметр: термометр, диспергирующий раствор, лакмусовая бумага, ручка или прибор для измерения pH, буферные растворы для измерения pH, набор для определения плодородности почвы	Любой
Влажность почвы	Весы, измерительная планка, сушильная печь (для сушки образцов почвы), контейнеры для сбора образцов, другие контейнеры для почвы, почвенный бур (для отбора образцов с заданной глубины), измерительная рулетка длиной 50 м (для измерения почвенного разреза)	Любой
Определение влажности почвы с помощью гипсовых блоков	Прибор для измерения влажности почвы, гипсовые блоки, поливинилхлоридная труба	Высокий уровень (факультативное занятие)
Инфильтрация (просачивание влаги)	Инфильтрометр со сдвоенным кольцом	Любой
Температура почвы	Почвенный термометр	Любой
<b>Изучение земного покрова и биологические исследования</b>		
Картографирование земного покрова	Изображение, полученное дистанционными методами, программное обеспечение MultiSpec	Любой
Идентификация видов	Дихотомические ключи	Любой
Биометрические измерения окружности стволов деревьев, высоты деревьев, плотности лесной короны, плотности наземного растительного покрова	Клинометр и денсиметр (оба прибора могут быть изготовлены учащимися), измерительная рулетка длиной 50 м	Любой
Биометрические измерения биомассы трав	Сушильная печь для растений	Любой
<b>Определение координат</b>		
Определение широты и долготы участков исследований	Приемник глобальной системы позиционирования (GPS)	Любой

# Научные приборы для выполнения измерений в рамках программы GLOBE

Для надлежащего выполнения измерений в рамках программы GLOBE требуется ряд приборов, потребляемых материалов и принадлежностей. Многие из этих приборов, материалов и принадлежностей могут быть приобретены у поставщиков, а другие могут быть изготовлены учащимися или лицами, участвующими в школьной общественной деятельности. Измерения, выполняемые участниками программы GLOBE, и соответствующие приборы классифицируются в зависимости от требуемого уровня подготовки учащихся. В столбце «Комплект» приведенной ниже таблицы буквами «Н», «С» и «В» обозначены приборы, входящие в комплект приборов и материалов для учащихся с начальным уровнем подготовки («Н»), средним уровнем подготовки («С») и высоким уровнем подготовки («В»). В каждый из комплектов включено минимальное количество приборов, которые большинство школ должны приобрести для того, чтобы учащиеся с соответствующим уровнем подготовки могли выполнять практические работы по программе GLOBE. Буквой «Д» обозначаются дополнительные приборы, которые не включены в комплекты потому, что большинство школ уже имеют доступ к таким приборам, либо потому, что несколько школ одного района могут пользоваться одним таким прибором, либо потому, что использование этого прибора требуется только при выборе определенных дополнительных вариантов практических работ по программе GLOBE. Буквой «И» обозначены приборы, которые могут быть изготовлены в школе или с помощью представителей местной общественности.

Прибор	Комплект (Н, С, В, Д, И)	Измеряемый параметр	Уровень подготовки
Таблица типов облаков	Д <sup>1</sup>	Плотность и тип облачного покрова	Любой
Термометр для измерения минимальной и максимальной температуры	Н, С, В	Температура воздуха — минимальная, максимальная и текущая температура	Любой
Калибровочный термометр (с измерительной трубкой, заполненной органической жидкостью)	Н, С, В	Температура воздуха, температура воды, соленость, крупность частиц почвы	Любой
Укрытие для приборов	Н, С, В, И	Температура воздуха	Любой
Дождемер	Н, С, В	Количество осадков (жидких и твердофазных)	Любой
Снегомер	И	Количество твердофазных осадков	Любой
Шест для измерения глубины снежного покрова	Д, И	Количество твердофазных осадков	Любой
Лакмусовая бумага для измерения pH	Н	pH осадков, pH воды, pH почвы	Начальный
Ручка для измерения pH	С	pH осадков, pH воды, pH почвы	Средний
Буферный раствор (pH = 7)	С, В, И	pH осадков, pH воды, pH почвы	Средний, высокий
Прибор для измерения pH	В	pH осадков, pH воды, pH почвы	Высокий
Буферные растворы (pH = 4 и pH = 10)	В, И	pH осадков, pH воды, pH почвы	Высокий
Набор для определения содержания растворенного кислорода	С, В	Содержание растворенного кислорода	Средний, высокий
Набор для определения щелочности воды	С, В	Щелочность воды	Средний, высокий
Защитные средства - пластиковые перчатки и защитные очки	С, В	Гидрологические параметры: содержание растворенного кислорода, щелочность воды, соленость воды, титрование, содержание нитратов в воде	Средний, высокий
Прибор для определения общего содержания растворенных твердых веществ (электропроводности воды)	Н, С, В <sup>2</sup>	Электрическая проводимость (измеряется только на участках с пресной водой)	Любой
Калибровочный раствор	Н, С, В, И <sup>2</sup>	Электрическая проводимость (измеряется только на участках с пресной водой)	Любой

<sup>1</sup> Один экземпляр таблицы выдается каждому из участвующих в программе GLOBE учителям в ходе подготовительного семинара.  
<sup>2</sup> Входит в комплект приборов и материалов, используемый только на участках с пресной водой.

Прибор	Комплект (Н, С, В, Д, И)	Измеряемый параметр	Уровень подготовки
Денсиметр	Н, С, В	Крупность частиц почвы, соленость воды (только на участках с соленой или солоноватой водой)	Любой
Прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл	Н, С, В	Крупность частиц почвы, соленость воды (только на участках с соленой или солоноватой водой)	Любой
Набор для определения солености	Д	Определение солености методом титрования	Дополнительное занятие, средний и высокий уровень
Набор для определения содержания нитратов в воде	С, В	Гидрологические исследования: содержание нитратов	Средний, высокий
Диск Секки, веревка	Д, И	Прозрачность воды (только на участках с глубокими водоемами)	Любой
Трубка для замера мутности воды	И	Прозрачность воды (только на участках с мелкими водоемами)	Любой
Данные оборудования для дистанционного получения изображений	См. прим. <sup>3</sup>	Картографирование земного покрова	Любой
Программное обеспечение MultiSpec	См. прим. <sup>4</sup>	Картографирование земного покрова	Любой
Дихотомические ключи	Д <sup>5</sup>	Идентификация видов	Любой
Рулетка (метр) длиной 50 м	Н, С, В	Определение планировки участка, окружность стволов деревьев, высота деревьев	Любой
Клинометр	Д, И	Высота деревьев, уклон почвенного слоя	Любой
Денситометр	И	Плотность лесной кроны	Любой
Сушильная печь для растительных образцов	Д	Биомасса трав	Любой
Бур для отбора образцов почвы <sup>6</sup>	Д	Почвенный профиль, объемная плотность почвы, влажность почвы	Любой
Бур для отбора образцов песка <sup>6</sup>	Д	Почвенный профиль, объемная плотность почвы, влажность почвы	Любой
Бур для отбора образцов торфа <sup>6</sup>	Д	Почвенный профиль, объемная плотность почвы, влажность почвы	Любой
Ковшовый бур <sup>6</sup>	Д	Почвенный профиль, объемная плотность почвы, влажность почвы	Любой
Лопата	Д	Почвенный профиль, объемная плотность почвы, влажность почвы	Любой
Фотоаппарат	Д	Почвенный профиль, определение планировки участка	Любой
Измерительная планка	Д	Глубина почвенного слоя, влажность почвы	Любой
Таблица цветов	Н, С, В	Цвет почвы	Любой
Уксусная эссенция	Д	Содержание не связанных карбонатов в почве	Любой
Пластиковая бутылка с кислотой	Н, С, В	Содержание не связанных карбонатов в почве	Любой
Решето №. 10 (размер ячейки 2 мм)	Н, С, В	Объемная плотность почвы, крупность частиц почвы	Любой
Сушильная печь для образцов почвы	Д	Влажность почвы, объемная плотность почвы	Любой
Аналитические весы	Д	Определение влажности почвы гравиметрическим методом, объемная плотность почвы	Любой

<sup>3</sup> Данные оборудования для дистанционного получения изображений предоставляются работниками программы GLOBE или координатором программы GLOBE в вашей стране.

<sup>4</sup> Программное обеспечение можно загрузить с Web-страницы Университета им. Пурдью (<http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/Index.html>).

<sup>5</sup> Выберите дихотомический ключ, соответствующий составу местной растительности: на подготовительном семинаре каждому учителю выдается дихотомический ключ общего назначения.

<sup>6</sup> Выберите бур, соответствующий типу местного почвенного покрова.

Прибор	Комплект (Н, С, В, Д, И)	Измеряемый параметр	Уровень подготовки
Банки для образцов почвы (15 шт.)	Д, И	Определение влажности почвы гравиметрическим методом, определение объемной плотности почвы с приготовлением почвенного разреза или поверхностным методом	Любой
Прочие контейнеры для почвы	Д	Определение влажности почвы гравиметрическим методом, объемная плотность почвы	Любой
Диспергирующий раствор	Н, С, В, И	Крупность частиц почвы	Любой
Мензурка вместимостью 100 мл	Н, С, В	pH почвы, объемная плотность почвы	Любой
Набор для определения плодородности почвы	С, В	Плодородность почвы	Средний, высокий
Садовая лопатка (совок)	Д	Определение влажности почвы гравиметрическим методом	Любой
Поливинилхлоридная труба	Д, И	Определение влажности почвы с помощью гипсовых блоков	Дополнительное занятие, высокий уровень
Гипсовые блоки (требуется 4 шт.)	Д	Определение влажности почвы с помощью гипсовых блоков	Дополнительное занятие, высокий уровень
Прибор для измерения влажности почвы	Д	Определение влажности почвы с помощью гипсовых блоков	Дополнительное занятие, высокий уровень
Инфильтрометр со сдвоенным кольцом	Д, И	Инфильтрация почвы	Любой
Почвенный термометр	Н, С, В	Температура почвы	Любой
Приемник глобальной системы позиционирования (GPS)	Д <sup>7</sup>	Определение широты, долготы и высоты над уровнем моря	Любой

7 Приемник выдается участникам программы GLOBE по соглашению с Навигационным консорциумом университетов (UNAVCO).

# **Технические требования к приборам, используемым в рамках программы GLOBE**

## **Измерение атмосферных и климатических параметров**

### ***Плотность и тип облачного покрова (любой уровень подготовки учащихся)***

#### **Технические требования к таблице для определения типа облаков**

В таблице типов облаков, используемой в рамках программы GLOBE, должны быть приведены изображения 10 основных типов облаков (как минимум по одной иллюстрации каждого типа облаков) — перистых, перисто-слоистых, перисто-кучевых, высокослоистых, высококучевых, кучевых, слоисто-дождевых, слоистых, кучеводождевых и слоисто-кучевых. Плотность облачного покрова оценивается визуально. В рамках программы GLOBE экземпляр таблицы типов облаков выдается каждому прошедшему подготовку учителю, работающему в США, и каждому из координаторов выполнения программы в других странах.

### ***Измерение количества жидких осадков (любой уровень подготовки учащихся)***

#### **Технические требования к дождемеру**

Количество осадков измеряется с помощью прозрачного пластикового дождемера с накопителем диаметром как минимум 102 мм. Высота дождемера должна составлять не менее 280 мм. На внутреннем прозрачном цилиндрическом сосуде дождемера должна быть нанесена шкала, указывающая количество накопившегося дождя с точностью до не менее чем 0,2 мм. Вместимость дождемера должна быть достаточной для измерения до 280 мм дождевых осадков без переполнения. Дождемер должен быть оснащен наружным цилиндрическим сосудом, в который вода переливается в случае переполнения внутреннего цилиндрического сосуда. Форма наружного цилиндрического сосуда должна быть подходящей для отбора образцов снега этим сосудом в перевернутом положении, с целью определения количества воды, эквивалентного количеству снега. Дождемер должен быть оснащен креплениями, необходимыми для его установки на стойке. Указания, относящиеся к выбору места установки дождемера, приведены в руководстве для учителей-участников программы GLOBE.

### ***(любой уровень подготовки учащихся)***

#### **Технические требования к снегометру**

Глубина суточного снежного покрова измеряется с помощью дощечки из фанеры размером примерно 40 x 40 см и толщиной как минимум 1 см.

#### **Технические требования к дождемеру**

См. описание технических характеристик дождемера, используемого с целью измерения количества воды, эквивалентного количеству выпавшего снега, в разделе «Измерение количества жидких осадков».

#### ***Технические требования к шесту для измерения глубины снежного покрова***

При измерении глубины снежного покрова, достигающей менее 1 метра, рекомендуется применять измерительную планку. Если глубина снежного покрова превышает 1 метр, требуется использовать измерительный шест. Отмерьте длину шеста (2 метра), приложив к нему, одну за другой, две метровых измерительных планки.

### **Кислотность (рН) осадков (любой уровень подготовки учащихся)**

При измерении кислотности осадков применяются те же приборы, что и при выполнении гидрологических измерений рН воды.

### **Температура воздуха (любой уровень подготовки учащихся)**

#### **Технические требования к термометру для измерения минимальной и максимальной температуры**

Температура воздуха измеряется с помощью термометра для регистрации минимальной и максимальной температуры. На такой термометр должна быть нанесена шкала Цельсия; минимальная и максимальная температура должна измеряться с точностью до 1 градуса по шкале Цельсия; деления шкалы термометра должны позволять учащимся оценивать температуру с точностью до 0,5 градуса по шкале Цельсия. Термометр должен быть заключен в прочный защитный корпус, оснащенный креплениями, необходимыми для установки термометра. Термометр должен быть откалиброван изготавителем с точностью до +1,0°C. Должна быть обеспечена возможность регулировки шкалы термометра (как минимальной, так и максимальной) с целью его калибровки. На каждой шкале должны быть четко обозначены отметки градусов; в каждую шкалу должны быть встроены указатели «+» и «—», отмечающие повышение или понижение суточной температуры. Кроме того, каждая шкала должна быть четко обозначена как шкала для измерения минимальной или максимальной температуры. Инструкции по выбору места установки и установке термометра приведены в руководстве для учителей-участников программы GLOBE.

#### **Технические требования к калибровочному термометру**

Термометр для измерения минимальной и максимальной температуры можно калибровать с помощью второго термометра с измерительной трубкой, заполненной органической жидкостью, и со шкалой от —5°C до 50°C. Калибровочный термометр должен быть откалиброван и испытан изготавителем в соответствии со стандартами N.I.S.T. (Национального института стандартов и технологий США) с точностью до +0,5°C; расстояние между двумя соседними делениями шкалы термометра должно соответствовать 0,5°C. Калибровочный термометр должен быть заключен в металлический корпус с отверстиями на измерительном конце, обеспечивающими циркуляцию воздуха, и с отверстием в верхней части корпуса, позволяющим подвешивать термометр в укрытии для приборов с целью калибровки термометра для измерения минимальной и максимальной температуры.

#### **Технические требования к укрытию для приборов**

Укрытие для приборов, в котором устанавливаются термометр для измерения минимальной и максимальной температуры и калибровочный термометр, должно обеспечивать условия измерения температуры воздуха, соответствующие научным стандартам. Укрытие для приборов должно быть изготовлено из материала, теплоизоляционные свойства которого соответствуют теплоизоляционным свойствам выдержанных сосновых досок толщиной 1,8 см, или превосходят их. Укрытие для приборов должно быть окрашено белой краской, устойчивой к воздействию погодных условий. Укрытие должно проветриваться; размеры укрытия должны быть достаточными для циркуляции воздуха вокруг термометра. Минимальные допустимые внутренние размеры укрытия: высота 45 см, ширина 22,8 см, глубина 15,25 см. Укрытие должно быть оснащено передней дверцей на петлях; с передней стороны и с боковых сторон укрытия должны быть предусмотрены вентиляционные жалюзи (щели). Если жалюзи не достигают верхней части боковых панелей укрытия, в основании и в верхней части боковых панелей укрытия должны быть проделаны отверстия, способствующие более активной циркуляции воздуха. Дверца укрытия должна закрываться на замок. Укрытие для приборов должно быть закреплено на стене или на стойке (на столбе). Верхняя панель укрытия должна быть наклонена вниз от задней панели к передней панели. Части укрытия должны быть прочно скреплены шурупами или гвоздями и kleem. Соединения между частями укрытия должны быть герметизированы замазкой, устойчивой к воздействию погодных условий.

# **Гидрологические исследования**

## **Измерение температуры воды (любой уровень подготовки учащихся)**

**Технические требования к термометру с измерительной трубкой, заполненной органической жидкостью**

Измерения температуры воды производятся с использованием калибровочного термометра, технические требования к которому описываются в разделе «Измерение температуры воздуха».

## **Определение прозрачности воды (любой уровень подготовки учащихся)**

**Технические требования к диску Секки с принадлежностями (используется только на участках с глубокими водоемами)**

Требуется веревка длиной 5 м и диск диаметром 20 см. Диск должен быть окрашен краской или другим красящим материалом таким образом, чтобы его поверхность была поделена на четыре чередующихся белых и черных квадранта. Диск должен быть изготовлен так, чтобы многократное погружение в воду (в том числе в морскую воду) не приводило к его деформации или повреждению. Диск должен быть оснащен грузилом, позволяющим ему сохранять горизонтальное положение при погружении в воду на веревке.

## **Технические требования к трубке для замера мутности воды (используется на участках с мелкими водоемами)**

Требуется прозрачная пластиковая трубка длиной примерно 1,2 м и диаметром примерно 4,5 см, с белой крышкой, плотно надевающейся на один конец трубы. Внутренняя поверхность белой крышки (т. е. та сторона крышки, которая видна наблюдателю, смотрящему в трубку с другого конца) должна быть разделена на чередующиеся белые и черные квадранты.

## **Определение кислотности (рН) воды (любой уровень подготовки учащихся)**

**Примечание.** Требования, предъявляемые к приборам и материалам для измерения кислотности воды, различны в зависимости от уровня подготовки учащихся. Пожалуйста, выберите метод измерения кислотности, соответствующий навыкам учащихся.

### **Начальный уровень подготовки**

#### **Технические требования к лакмусовой бумаге**

Показатель pH стоячей воды измеряется учащимися с начальным уровнем подготовки с помощью лакмусовой бумаги, которая поставляется в виде полосок или рулонов. Точность измерения pH воды с помощью лакмусовой бумаги должна составлять +1,0 единицы pH в диапазоне от pH = 1 до pH = 14.

### **Средний уровень подготовки**

#### **Технические требования к ручке для измерения pH**

Учащиеся со средним уровнем подготовки измеряют pH стоячей воды с помощью ручки для измерения pH. Точность показаний ручки для измерения pH, применяемой в рамках программы GLOBE, должна составлять +0,2 единицы pH в диапазоне от pH = 1 до pH = 14. Прибор должен функционировать без ухудшения характеристик в диапазоне температуры от 0°C до 50°C. Должна быть предусмотрена возможность калибровки ручки для измерения pH с помощью буферного раствора.

### **Высокий уровень подготовки**

#### **Технические требования к прибору для измерения pH**

Учащиеся с высоким уровнем подготовки измеряют pH стоячей воды с помощью прибора для измерения pH. Точность показаний прибора для измерения pH, применяемой в рамках программы GLOBE, должна составлять +0,1 единицы pH в диапазоне от pH = 1 до pH = 14. Прибор должен функционировать без ухудшения характеристик в диапазоне температуры от 0°C до 50°C. Прибор должен автоматически корректировать показания в зависимости от изменения температуры. Должна быть предусмотрена возможность калибровки прибора для измерения pH с помощью буферных растворов известной концентрации.

## **Средний и высокий уровни подготовки**

### **Технические требования к буферным растворам**

Буферные растворы с известным значением pH требуются для калибровки ручки и прибора для измерения pH. Значения pH буферных растворов должны составлять 4,0, 7,0 и 10,0; в случае калибровки ручки для измерения pH учащимися со средним уровнем подготовки требуется только буферный раствор с показателем pH = 7,0.

### **Определение содержания растворенного в воде кислорода (средний и высокий уровни подготовки учащихся)**

#### **Технические требования к набору для определения содержания растворенного кислорода**

Набор для определения содержания растворенного кислорода можно приобрести. Учителя или другие лица, намеревающиеся использовать или приготавливать самодельные наборы для определения содержания растворенного кислорода, должны проверять соответствие этих наборов следующим требованиям.

- Набор должен обеспечивать измерение содержание растворенного в воде кислорода с точностью как минимум до +/- 1 мг/л.
- Набор должен содержать все реактивы и специальные емкости, необходимые для выполнения измерений на основе метода титрования Винклера. Этот метод описывается в справочнике «Стандартные методы анализа воды и жидких отходов» (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*), 19 изд., 1995 г., опубликованном издательством Американского общества общественного здравоохранения (American Public Health Association) в Вашингтоне, округ Колумбия, США.
- К набору должны быть приложены понятные инструкции по его использованию с целью измерения содержания растворенного кислорода по методу титрования Винклера.

### **Определение щелочности воды (средний и высокий уровни подготовки учащихся)**

#### **Технические требования к набору для определения щелочности воды**

Набор для определения щелочности воды можно приобрести. Учителя или другие лица, намеревающиеся использовать или приготавливать самодельные наборы для определения щелочности воды, должны проверять соответствие этих наборов следующим требованиям.

- Набор должен обеспечивать измерения общего содержания растворенных в воде щелочей (оснований) с точностью как минимум до 6,8 мг/л CaCO<sub>3</sub> (в нижнем диапазоне щелочности до 136 мг/л) и до 17 мг/л CaCO<sub>3</sub> (в верхнем диапазоне щелочности свыше 136 мг/л).
- Набор должен содержать все реактивы и емкости, необходимые для титрования щелочности, в том числе: 1) бромокрезоловый зеленый и метиловый красный индикаторы и мерную лопаточку для добавления требуемого количества реактивов в образцы; 2) серную кислоту для титрования и принадлежности для добавления кислоты в образцы с требуемой точностью и 3) измерительные емкости (мензурки) и сосуды для титрования. Применяемый метод титрования щелочности описывается в справочнике «Стандартные методы анализа воды и жидких отходов» (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*), 19 изд., 1995 г., опубликованном издательством Американского общества общественного здравоохранения (American Public Health Association) в Вашингтоне, округ Колумбия, США.
- К набору должны быть приложены понятные инструкции по его использованию с целью измерения щелочности по методу титрования бромокрезоловым зеленым и метиловым красным до конечной точки титрования (точки эквивалентности).
- Требуются пластиковые перчатки и защитные очки.

#### **Технические требования к применению принадлежностей для обеспечения безопасности**

При выполнении измерений щелочности необходимо надевать пластиковые перчатки и защитные очки.

## ***Определение электропроводности воды на участках с пресной водой (любой уровень подготовки учащихся)***

### ***Технические требования к электродному тестеру для определения общего содержания растворенных твердых веществ (прибору для измерения электропроводности воды)***

Используемое устройство должно измерять электрическую проводимость (электропроводность) жидких растворов двумя электродами, отстоящими один от другого на известное расстояние. Устройство должно быть портативным и работающим от аккумуляторной батарейки, без подсоединенного провода электропитания. Устройство должно обеспечивать автоматическую коррекцию показаний в зависимости от изменения температуры раствора. Устройство должно измерять электропроводность в диапазоне от 0 до 1990 микросименсов на сантиметр с разрешением 10 микросименсов на сантиметр и с точностью до +/- 2% всего диапазона измерительной шкалы при температуре от 0°C до 50°C. Должна быть предусмотрена возможность калибровки устройства с помощью стандартного раствора.

### ***Технические требования к калибровочному стандартному раствору***

Применяется раствор KCl в воде или NaCl в воде с электропроводностью, составляющей примерно 450 микросименсов на сантиметр (225,6 мг/л KCl или 215,5 мг/д NaCl).

## ***Определение солености воды на участках с соленой (морской) или солоноватой водой (любой уровень подготовки учащихся)***

### ***Технические требования к методу измерения солености денсиметром***

При измерении солености воды используется тот же прибор, что и при определении крупности частиц почвы (см. соответствующий раздел).

Требуются прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл и термометр с измерительной трубкой, заполненной органической жидкостью, в сочетании с денсиметром. Можно использовать мензурку вместимостью 500 мл, применяемую при определении крупности частиц почвы. Можно использовать термометр, применяемый при измерении температуры воздуха.

### ***Технические требования к методу определения солености титрованием (дополнительный вариант для учащихся со средним и высоким уровнями подготовки)***

Набор для определения солености воды можно приобрести. Учителя или другие лица, намеревающиеся использовать или приготавливать самодельные наборы для определения солености воды, должны проверять соответствие этих наборов следующим требованиям.

- Диапазон показаний: от 0 до 20 частей на тысячу.\*
- Точность показаний: 0,4 части на тысячу.
- Химический метод: титрование хлоридом.
- Примерное число анализов, выполняемых с использованием одного набора: 50.
- К набору должны быть приложены понятные инструкции по его использованию с целью измерения солености воды методом титрования хлоридом.

\* Должна быть предусмотрена возможность повторного заполнения титратора при измерении солености воды с высоким содержанием солей.

## ***Определение содержания нитратов (средний и высокий уровни подготовки учащихся)***

### ***Технические требования к набору для определения содержания нитратов в воде***

Набор для определения содержания нитратов в воде можно приобрести. Учителя или другие лица, намеревающиеся использовать или приготавливать самодельные наборы для определения содержания нитратов в воде, должны проверять соответствие этих наборов следующим требованиям.

- Диапазон показаний: от 0 до 10 частей  $\text{NO}_3^-$ -N на миллион.
- Точность показаний: 0,05 части  $\text{NO}_3^-$ -N на миллион в диапазоне от 0 до 1 части  $\text{NO}_3^-$ -N на миллион; 0,5 части на миллион  $\text{NO}_3^-$ -N в диапазоне от 1 до 10 частей  $\text{NO}_3^-$ -N на миллион.
- Химический метод: восстановление кадмием.
- Примерное число анализов, выполняемых с использованием одного набора: 50.
- К набору должны быть приложены понятные инструкции по его использованию с целью измерения содержания нитратов в воде методом восстановления кадмием.

## ***Определение характеристик почвы***

### ***Уклон почвенного слоя (любой уровень подготовки учащихся)***

#### ***Технические требования к инклинометру***

Устройство инклинометра, используемого при измерении уклона почвенного слоя, описывается в разделе «Изучение земного покрова: измерение высоты деревьев».

### ***Определение характеристик почвенного разреза (любой уровень подготовки учащихся)***

#### ***Технические требования к фотоаппарату***

Допускается, что учащиеся могут воспользоваться фотоаппаратом с цветной пленкой.

#### ***Технические требования к измерительной линейке***

Требуется изготовленная из прочного материала линейка с сантиметровыми и миллиметровыми делениями.

### ***Определение структуры почвы (любой уровень подготовки учащихся)***

#### ***Технические требования к приборам и материалам не предъявляются.***

### ***Определение цвета почвы (любой уровень подготовки учащихся)***

#### ***Технические требования к таблице цветов***

Таблица цветов образцов почвы, подготовленная специально для участников программы GLOBE, может быть приобретена. В этой таблице приведены образцы как минимум 200 различных оттенков цветов, обозначенных в соответствии с системой классификации цветов Munsell. Запрессованная в пластик таблица цветов устойчива к воздействию погодных условий и содержит расположенные по краям таблицы образцы цветов, упрощающие сравнение образцов почвы с таблицей. В таблицу включены образцы всех оттенков цветов почвы, иллюстрируемых в полном международном наборе образцов цветов почвы; при этом таблица содержит выборочный комплект значений и категорий цветовых оттенков, способствующий упрощению идентификации цветов учащимися. Лицам, намеревающимся самостоятельно приготавливать таблицы для определения цвета образцов почвы, рекомендуется обратиться к представителю программы GLOBE и получить полный набор цветовых образцов.

**Консистенция почвы (любой уровень подготовки учащихся)**

Технические требования к приборам и материалам не предъявляются.

**Текстура почвы (любой уровень подготовки учащихся)**

Технические требования к приборам и материалам не предъявляются.

**Содержание несвязанных карбонатов (любой уровень подготовки учащихся)**

Технические требования к уксусной эссенции.

Используется бесцветная пищевая уксусная эссенция. Можно использовать также столовый уксус.

Технические требования к пластиковой бутылке с кислотой

Требуется бутылка, обеспечивающая безопасное хранение как минимум 200 мл кислоты.

**Подготовка образцов в ходе определения объемной плотности почвы, крупности частиц почвы, pH почвы и плодородности почвы (любой уровень подготовки учащихся)**

Технические требования к ситу

Требуется сито №10 (с размером ячейки 2 мм), закрепленное на раме.

**Определение объемной плотности почвы (любой уровень подготовки учащихся)**

Технические требования к мензурке вместимостью 100 мл

Требуется стеклянная мензурка вместимостью 100 мл с делениями, позволяющими отмерять количество жидкости с точностью до 1 мл или менее в диапазоне от 10 мл до 100 мл.

Технические требования к аналитическим весам и почвенным бурам

При измерении объемной плотности почвы применяются те же аналитические весы и почвенные буры, что и при измерении влажности почвы гравиметрическим методом.

Технические требования к контейнерам для образцов почвы и другим контейнерам для почвы

При измерении объемной плотности почвы применяются контейнеры для образцов почвы, соответствующие тем же требованиям, что и контейнеры, применяемые при измерении влажности почвы гравиметрическим методом.

**Определение крупности частиц почвы (любой уровень подготовки учащихся)**

Технические требования к денсиметру

Используемый денсиметр должен соответствовать следующим требованиям.

- Денсиметр должен быть откалиброван в соответствии с известной температурой воды и образца (например, 15,6°C/15,6°C).
- Диапазон показаний (удельный вес): от 1,0000 до 1,0700.
- Точность показаний: 0,0005.

Технические требования к термометру

Измерения крупности частиц почвы производятся с использованием калибровочного термометра, технические требования к которому описываются в разделе «Измерение температуры воздуха».

### **Технические требования к прозрачной пластиковой мензурке вместимостью 500 мл**

Требуется прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл, как минимум с одной меткой на уровне 500 мл. Мензурка должна быть изготовлена из прозрачного, а не из матового пластика и не из стекла. Требуемые технические характеристики содержимого: диспергирующий раствор порошка гексаметафосфата натрия, 10-процентный раствор гексаметафосфата натрия или другого детергента, не образующего щелочной (мыльный) раствор.

### **Определение pH почвы (любой уровень подготовки учащихся)**

#### **Технические требования к устройствам и материалам для измерения pH**

Используются те же материалы и приборы, что и при выполнении гидрологических исследований; измеряется pH содержащейся в почве воды.

#### **Технические требования к мензурке вместимостью 100 мл**

Используется та же мензурка, что и при определении объемной плотности почвы.

### **Определение плодородности почвы (средний и высокий уровни подготовки учащихся)**

#### **Технические требования: набор для определения плодородности почвы (содержания питательных веществ).**

Аналитический набор должен удовлетворять следующим требованиям.

- Набор должен содержать реактивы, расфасованные в количествах, соответствующих единичным используемым дозам, и емкости, необходимые для экстрагирования питательных веществ, содержащихся в 50 образцах почвы, а также для выполнения 50 аналитических тестов с определением содержания азота, фосфора и калия.
- Набор должен предусматривать применение метода экстрагирования Спервэя (Spurway), метода восстановления азота цинком и хромотропического кислотного метода определения содержания азота, метода восстановления фосфора аскорбиновой кислотой и метода определения содержания калия тетрафенилборатом натрия (турбидиметрического метода).
- К набору должны быть приложены понятные инструкции по его использованию, в том числе схемы.
- В набор должна быть включена устойчивая к воздействию воды таблица цветов для интерпретации результатов колориметрических тестов и таблица степеней мутности для регистрации результатов турбидиметрического теста.

## **Определение влажности и температуры почвы**

### **Определение влажности почвы гравиметрическим методом (любой уровень подготовки учащихся)**

#### **Технические требования к аналитическим весам**

Используемые аналитические весы должны обеспечивать возможность взвешивания отмеряемых веществ в количестве до 300 граммов с точностью до +/- 0,1 грамма. Можно пользоваться как механическими, так и электронными аналитическими весами. Допускается, что школьные учителя имеют доступ к таким весам; их можно взять, например, в школьной научной лаборатории.

#### **Технические требования к печи для сушки образцов почвы**

Требуется сушильная печь, в которой можно поддерживать температуру 95—105°C в течение не менее чем 10 часов или температуру 75—95°C в течение 24 часов. Сушильная печь должна вентилироваться. Внутренние размеры печи должны составлять как минимум 25 x 30 x 25 см. Предполагается, что школьные учителя имеют доступ к такой печи; например, можно использовать сушильную печь школьной научной лаборатории.

### ***Технические требования к микроволновой сушильной печи***

Можно использовать любую микроволновую печь, соответствующую требованиям, предъявляемым к школьному оборудованию.

### ***Технические требования к контейнерам для образцов почвы***

Требуется 15 жестяных контейнеров круглого сечения для образцов почвы. Годятся любые металлические контейнеры диаметром примерно 7 см и высотой примерно 5 см, со снимающейся крышкой, например, небольшие очищенные консервные банки. Донышко жестяных банок должно быть достаточно тонким для того, чтобы в нем можно было проделать небольшое отверстие.

### ***Технические требования к другим контейнерам для почвы***

Требуется 15 контейнеров, достаточно крупных для того, чтобы в них можно было непосредственно перекладывать, без остатка, образцы почвы, полученные с помощью почвенного бура. Годятся большие стеклянные банки, пластиковые пищевые контейнеры с крышками или другие контейнеры, которые могут быть закрыты и в которых можно содерожать образцы почвы, пока они сушатся в печи.

### ***Технические требования к почвенному буру (для сложносоставных почв)***

Требуется «голландский» почвенный бур (или почвенный бур Эдельмана) для отбора образцов сложносоставных почв, с головкой шириной как минимум 7 см и длиной как минимум 18 см. Длина всего бура (головки и поворотного вала) должна составлять как минимум 120 см для того, чтобы можно было брать образцы почвы с глубины до 1 метра. Бур должен быть цельным, сварной конструкции.

### ***Технические требования к почвенному буру (для песчанистых почв)***

Требуется бур, предназначенный для отбора образцов песчанистых почв, с головкой шириной как минимум 7 см и длиной как минимум 18 см. Длина всего бура (головки и поворотного вала) должна составлять как минимум 120 см для того, чтобы можно было брать образцы почвы с глубины до 1 метра. Бур должен быть цельным, сварной конструкции.

### ***Технические требования к ковшовому буру***

Требуется ковшовый бур, предназначенный для отбора образцов плотных и хрупких почв, с головкой шириной как минимум 7 см и длиной как минимум 18 см. Длина всего бура (головки и поворотного вала) должна составлять как минимум 120 см для того, чтобы можно было брать образцы почвы с глубины до 1 метра. Бур должен быть цельным, сварной конструкции.

### ***Технические требования к почльному буру (для торфа)***

Требуется бур, предназначенный для отбора торфяных почв, с головкой шириной как минимум 7 см и длиной как минимум 18 см. Длина всего бура (головки и поворотного вала) должна составлять как минимум 120 см для того, чтобы можно было брать образцы почвы с глубины до 1 метра. Бур должен быть цельным, сварной конструкции.

### ***Определение влажности почвы с помощью гипсовых блоков (дополнительный вариант для учащихся с высоким уровнем подготовки)***

#### ***Технические требования к гипсовым блокам***

Требуется отлить гипсовые блоки высотой примерно 25 мм и диаметром примерно 20 мм, внутри которых должны быть размещены концентрические сетчатые электроды из нержавеющей стали; к наружным выводам электродов должен припаян изолированный электрический провод длиной 1,5—2,0 м.

### ***Технические требования к прибору для измерения влажности почвы***

Требуется портативный прибор переменного тока для измерения электрической проводимости, используемый в сочетании с гипсовыми блоками (см. описание выше). В конструкции прибора должны быть предусмотрены кнопочное устройство калибровки и коррекции показаний и кнопочное устройство вывода показаний на цифровой дисплей. Показания электропроводности могут быть нормализованы в диапазоне от 0 до 100. Прибор должен иметь два вывода, позволяющих ежедневно подсоединять и отсоединять электрические провода. Портативный прибор должен работать от аккумуляторной батареи с тем, чтобы его можно было использовать на отдаленных участках.

### ***Технические требования к поливинилхлоридным трубам***

Поливинилхлоридные трубы используются при размещении датчиков в гипсовых блоках под землей. Требуются отрезки труб длиной 90 см и диаметром примерно 2 см. Дополнительные поливинилхлоридные трубы требуются для обозначения мест установки датчиков. Эти отрезки труб должны быть длиной 23 см и диаметром примерно 5 см. Требуются четыре отрезка такой трубы.

### ***Измерение инфильтрации почвы (любой уровень подготовки учащихся)***

#### ***Технические требования к инфильтрометру со сдвоенным кольцом***

Требуются два концентрических металлических цилиндра. Диаметр внутреннего цилиндра должен составлять от 10 до 25 см. Диаметр наружного цилиндра должен быть как минимум на 10 см больше диаметра внутреннего цилиндра. Высота обоих цилиндров должна составлять от 10 до 15 см; цилиндры должны быть открыты с обоих концов. Можно подобрать стальные консервные банки, из которых можно изготовить подходящие цилиндры.

### ***Измерение температуры почвы (любой уровень подготовки учащихся)***

#### ***Технические требования к почвенному термометру***

Требуется термометр с циферблатом усиленной конструкции или цифровым дисплеем и зондом из нержавеющей стали длиной от 11 до 20 сантиметров, измеряющий температуру как минимум в диапазоне от -10°C до 50°C (только по шкале Цельсия) с точностью до 1% всей измерительной шкалы (охватывающей диапазон не более 200°C) или с более высокой точностью. Датчик должен находиться в нижней трети зонда. Датчик должен давать стабильные показания после погружения в изотермическую ванну на менее чем 60 секунд. Если это требуется, к прибору должны быть подсоединенны аккумуляторные батареи. Должна быть предусмотрена возможность калибровочной регулировки датчика с достижением требуемой точности показаний, указанной изготовителем. Циферблочный термометр должен быть герметизирован так, чтобы предотвращалось запотевание циферблата; циферблат должен быть закрыт стеклом из небьющегося материала. Рекомендуется пользоваться циферблочным термометром с делениями шкалы, позволяющими считывать показания с точностью до 1,0 градуса по шкале Цельсия, или цифровым термометром, дающим показания с точностью до 0,1°C. Использование термометров со стеклянной измерительной трубкой НЕ допускается.

# **Изучение земного покрова и биологические исследования**

## **Определение плотности земного покрова (любой уровень подготовки учащихся)**

*Технические требования к изображениям, полученным с помощью тематического картографического оборудования спутников Landsat и к программному обеспечению MultiSpec*

Изображения, полученные с помощью спутникового тематического оборудования, предоставляются всем американским школам, участвующим в программе GLOBE. Программное обеспечение MultiSpec может быть загружено с помощью сети Internet.

## **Идентификация видов (любой уровень подготовки учащихся)**

### **Технические требования к дихотомическим ключам**

Дихотомические ключи для идентификации видов деревьев не поставляются централизованно — их следует приобрести у местных поставщиков.

### **Биометрические измерения**

## **Определение планировки участка биологических исследований (любой уровень подготовки учащихся)**

### **Технические требования к измерительной рулетке**

Требуется рулетка длиной 50 метров, с делениями на одной стороне, позволяющая измерять расстояния с точностью до 2 мм или менее.

## **Измерение окружности стволов деревьев (любой уровень подготовки учащихся)**

### **Технические требования к измерительной рулетке**

При измерении окружности стволов деревьев используется рулетка, применяемая в ходе определения планировки участка биологических исследований.

## **Измерение высоты деревьев (любой уровень подготовки учащихся)**

### **Технические требования к измерительной рулетке**

При измерении высоты деревьев используется рулетка, применяемая в ходе определения планировки участка биологических исследований.

### **Технические требования к инклинометру**

Инклинометр может быть изготовлен учащимися на основе планов, приведенных в руководстве для учителей-участников программы GLOBE; можно применять также инклинометр, состоящий из подвижного циферблата в металлическом корпусе с видоискателем. Если используется инклинометр с подвижным циферблатом, требуется установить шкалу в диапазоне от 0 до 90 градусов, с делениями шкалы, позволяющими измерять углы с точностью до 1 градуса.

## **Определение плотности лесной кроны (любой уровень подготовки учащихся)**

### **Технические требования к денситометру**

Денситометр может быть изготовлен учащимися в соответствии с инструкциями, приведенными в руководстве для учителей-участников программы GLOBE.

**Определение плотности земного покрова  
(любой уровень подготовки учащихся)**

*Технические требования к приборам и материалам не предъявляются*

**Измерение биомассы трав (любой уровень подготовки учащихся)**

*Технические требования к аналитическим весам*

Аналитические весы должны позволять взвешивать до 300 граммов материала с точностью до +/- 0,1 грамма. Можно применять как механические, так и электронные весы. Предполагается, что школьные учителя имеют доступ к таким весам; их можно взять, например, в школьной научной лаборатории.

**Технические требования к сушильной печи (для сушки растений)**

Сушильная печь должна обеспечивать возможность сушки образцов при температуре 50—70°C на протяжении двух суток. Сушильная печь должна вентилироваться. Внутренние размеры печи должны составлять как минимум 25 x 30 x 25 см. Предполагается, что школьные учителя имеют доступ к такой печи; например, можно использовать сушильную печь школьной научной лаборатории. Печь должна быть предназначена для сушки биологических образцов или пищевых продуктов; использование обычной духовки не допускается, так как сушка биологических образцов в духовке может привести к возникновению пожара.

## **Глобальная система позиционирования (GPS)**

**Определение широты, долготы и высоты над уровнем моря участков исследований по программе GLOBE (любой уровень подготовки учащихся)**

*Технические требования к приемнику глобальной системы позиционирования (GPS)*

Прибор должен отличаться следующими характеристиками.

- Значения широты и долготы должны выражаться в целых градусах, минутах и десятичных минутах с точностью до 0,01 минуты.
- Значение времени, выведенное на дисплей, должно выражаться в часах, минутах и секундах всемирного (гринвичского) времени.
- Прибор должен использовать картографическую систему координат WGS-84.
- Значения высоты над уровнем моря должны выражаться в метрах.

Американские школы могут направлять запросы о предоставлении приемников GPS в аренду в Навигационный консорциум университетов UNAVCO по адресу:

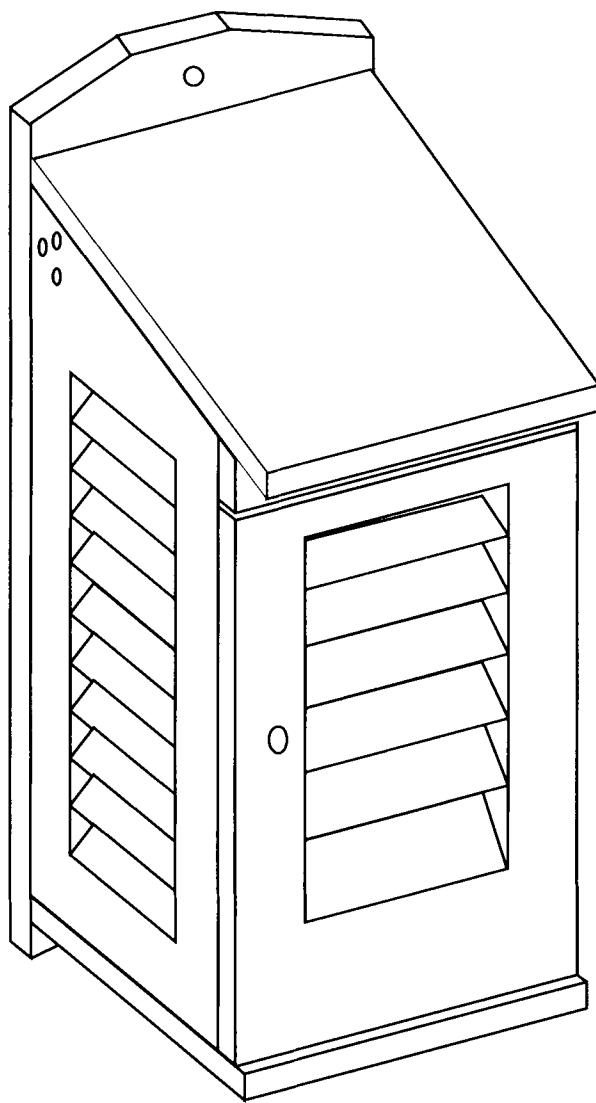
UNAVCO/UCAR  
PO Box 3000, UN 393  
Boulder, CO 80307-3000  
Тел.: (303) 497-8000  
Факс: (303) 497-7857

Представителям школ, расположенных за пределами США, рекомендуется обращаться за информацией, относящейся к приемникам GPS, к координатору выполнения программы GLOBE в их стране.

# Планы укрытия для приборов

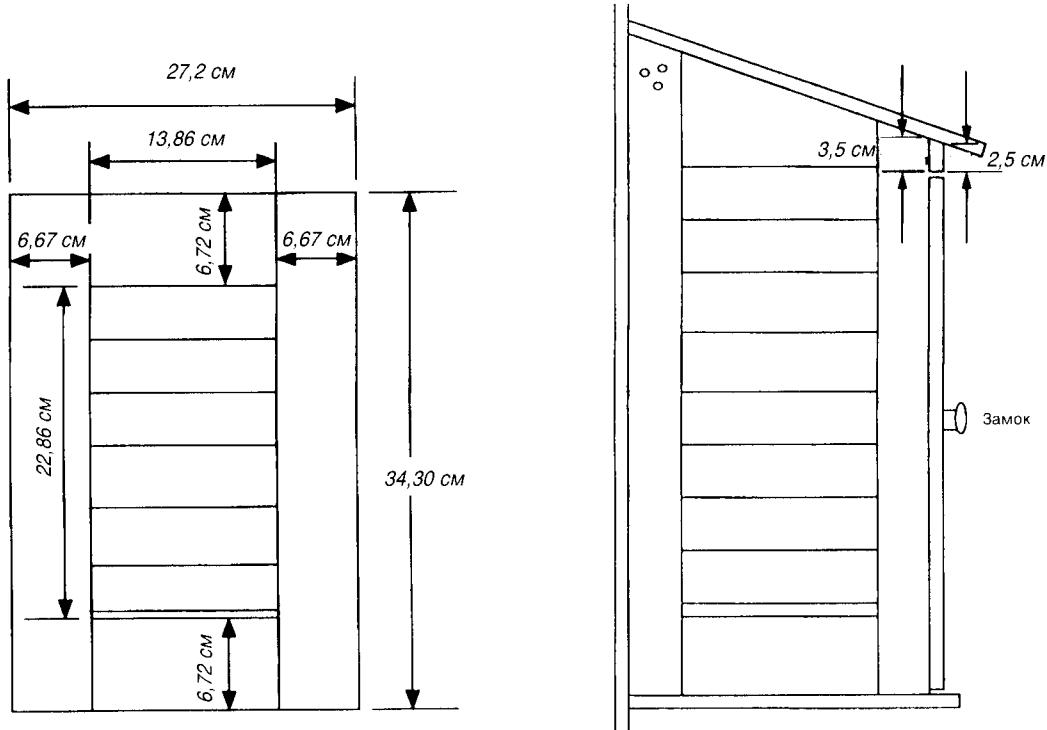
Укрытие для приборов, используемое в рамках программы GLOBE, должно быть изготовлено из сосновых досок толщиной 1,9 см или из другого дерева со сходными характеристиками. Внутренние и внешние поверхности укрытия должны быть окрашены в белый цвет. Должен быть установлен замок, предотвращающий доступ посторонних лиц к приборам. Внутри укрытия должны быть установлены крепежные блоки, предотвращающие контактирование термометра для измерения минимальной и максимальной температуры с задней панелью укрытия. Дверца укрытия должна быть установлена на боковых петлях (дверца не показана на рисунке). Части укрытия должны быть соединены шурупами или гвоздями и kleem. На планах указаны размеры в метрических единицах, хотя первоначально укрытие было изготовлено в соответствии с размерами, указанными в английских (имперских) единицах.

Рис. TK-1



## **Планы укрытия для приборов**

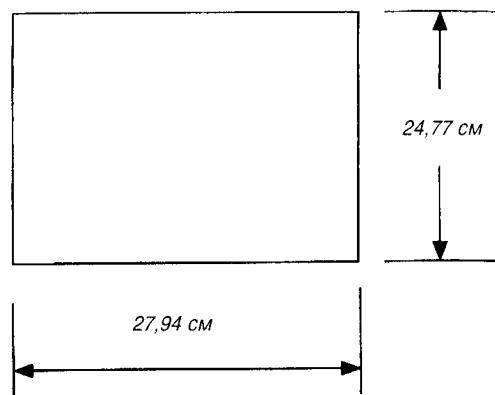
*Рис. ТК-2*



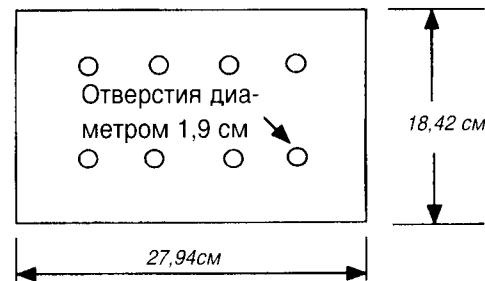
### **Передняя дверца**

Примечание. Размеры прорезей жалюзи: высота 0,64 см, ширина 4,13 см.

### **Вид сбоку**



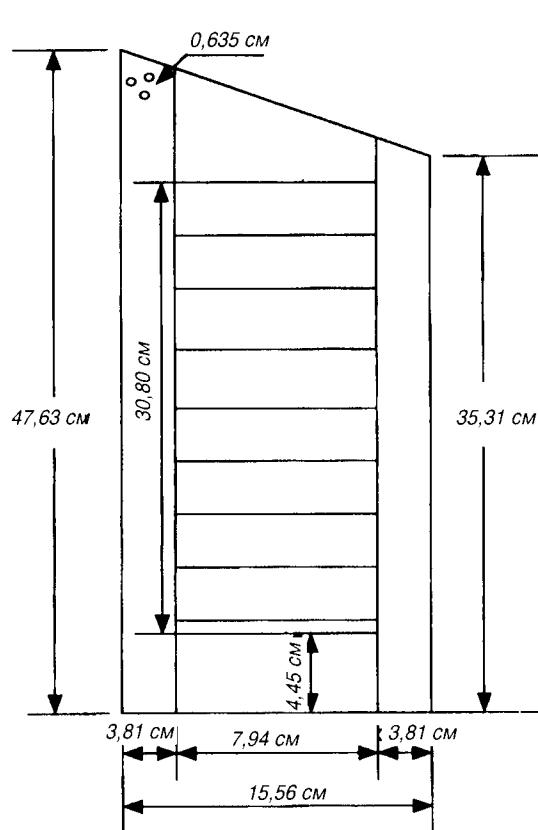
**Верхняя панель**



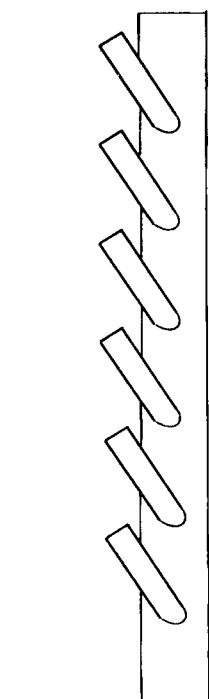
**Нижняя панель**

## *Планы укрытия для приборов*

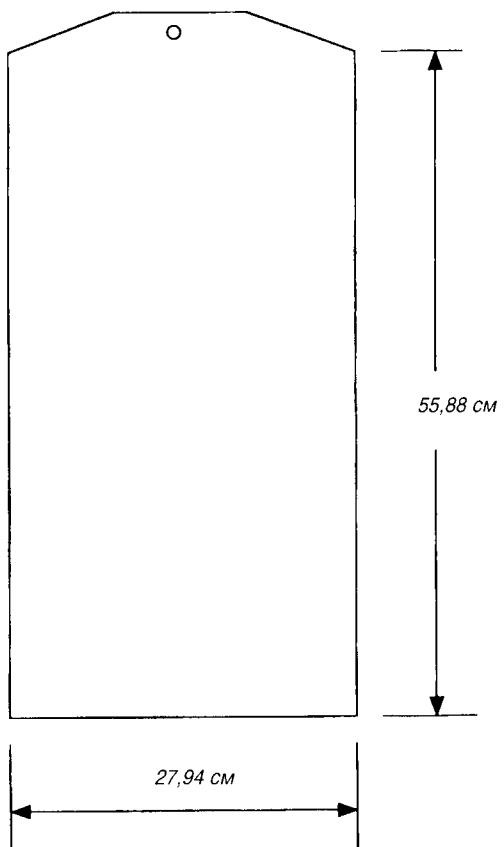
*Рис. TK-3*



*Боковая панель*



*Профиль жалюзи*



*Задняя панель*

# Использование программного обеспечения графопостроителя GLOBE

1. Откройте страницу «Визуализация» (Visualizations) сервера базы данных учащихся-участников программы GLOBE.
2. Выберите щелчком мыши функцию «Новости» (What's New).
3. Выберите щелчком мыши функцию «Опробование новой системы» (Try out new system).
4. Выберите щелчком мыши функцию «Графики GLOBE - График зависимости данных учащихся от времени» (GLOBE Graphs - Time Plot of Student Data).
5. Выберите один из методов вызова данных учащихся вашей школы или другой интересующей вас школы. Если вы пользуетесь методом 2, «Поиск по широте и долготе» (Latitude-Longitude Search), введите значения искомых широты и (или) долготы. Если один из параметров не будет введен, поиск будет осуществляться с использованием только введенного параметра. Северные широты и восточные долготы обозначаются положительными числами. Южные широты и западные долготы обозначаются отрицательными числами. Таким образом, «40 градусов северной широты, 70 градусов западной долготы» вводятся как «40» и «—70». Для того, чтобы определить регион, в котором будет производиться поиск, откройте меню «Поиск школ-участниц программы» (Find the Schools Within). Один градус широты или долготы примерно соответствует расстоянию в 100 км. Выбор большого региона приведет к получению списка множества участков исследований по программе GLOBE; загрузка чрезмерного количества результатов может привести к переполнению оперативной памяти вашего компьютера (т. е. к «замерзанию экрана»). Если это произойдет, перезапустите компьютер и произведите поиск в регионе меньших размеров.
6. Выберите щелчками мыши интересующие вас школы. Вы можете построить графики следующих типов.
  - График 1 параметра на основе данных, полученных 1 школой.
  - График 2 параметров на основе данных, полученных 1 школой.
  - График 1 параметра на основе данных, полученных 2 школами.
7. Для того, чтобы начать построение графика, выберите щелчком мыши функцию «Построение графика зависимости от времени» (Plot Time Series).
8. Следующие элементы экрана позволяют учащимся выбирать параметры и продолжительность периода времени, в отношении которого будет строиться график.

**Чтобы построить новый график, в первую очередь выберите отображаемые параметры.**

Максимальная температура	1995	04
	до	
Максимальная температура	1997	05

**После этого выберите эту кнопку, чтобы построить новый график**

Построить график зависимости от времени
--------------------------------------------

Выбрав щелчком мыши соответствующий элемент экрана, выбирайте элементы появляющегося на экране меню. Для того, чтобы построить график, нажмите щелчком мыши на кнопку «Построить график зависимости от времени» (Create Time Series Plot). Программа масштабирует ось ординат в соответствии с амплитудой данных. В различных графиках одного и того же параметра, построенных на основе данных, полученных разными школами, может использоваться различный масштаб по оси ординат.

**Примечание.** Программное обеспечение графопостроителя периодически обновляется; качество построения графиков и функциональные возможности программы будут улучшены со временем.

# Классификация вручную

## Учебное пособие по интерпретации изображения участка в г. Беверли, штат Массачусетс

Следующее учебное пособие представляет собой описание метода интерпретации карты земного покрова вручную на примере изображения участка в городе Беверли, штат Массачусетс, полученного с помощью тематического спутникового оборудования (см. рис. ТК-4). После того, как учащиеся закончат выполнение этого учебного упражнения, поручите им выполнить те же операции в отношении спутникового изображения участка вашей школы. Как первоначальное спутниковое изображение (512 x 512 пикселов), так и цветные увеличенные части изображения приготавляются учителем и раздаются группам учащихся. На рис. ТК-4 приведено полученное в ложных цветах инфракрасное увеличенное изображение участка в городе Беверли, штат Массачусетс, площадью 101 x 101 пикселя (3 x 3 км). Увеличенный участок изображения соответствует району Манчестер в штате Массачусетс, США, и используется с целью демонстрации процесса выполнения классификации земного покрова «вручную». Следует отметить, что распознавание воды и типов растительного покрова значительно упрощается, если используется инфракрасное изображение земного покрова, полученное в ложных цветах.

Метод интерпретации изображения вручную предусматривает выполнение следующих операций.

1. Выберите картографируемое изображение, полученное с помощью тематического оборудования спутника Landsat (в данном случае полученное в ложных цветах инфракрасное изображение участка Манчестер площадью 3 x 3 км, приведенное на рис. ТК-4). На инфракрасном изображении в ложных цветах активно растущая часть растительного покрова выглядит ярко-красной, а участки, поросшие вечнозелеными (хвойными) растениями, отображаются цветовой гаммой от темно-красного до черного. Вода выглядит черной, а участки городских застроек и грунт без растительного покрова выглядят синими.

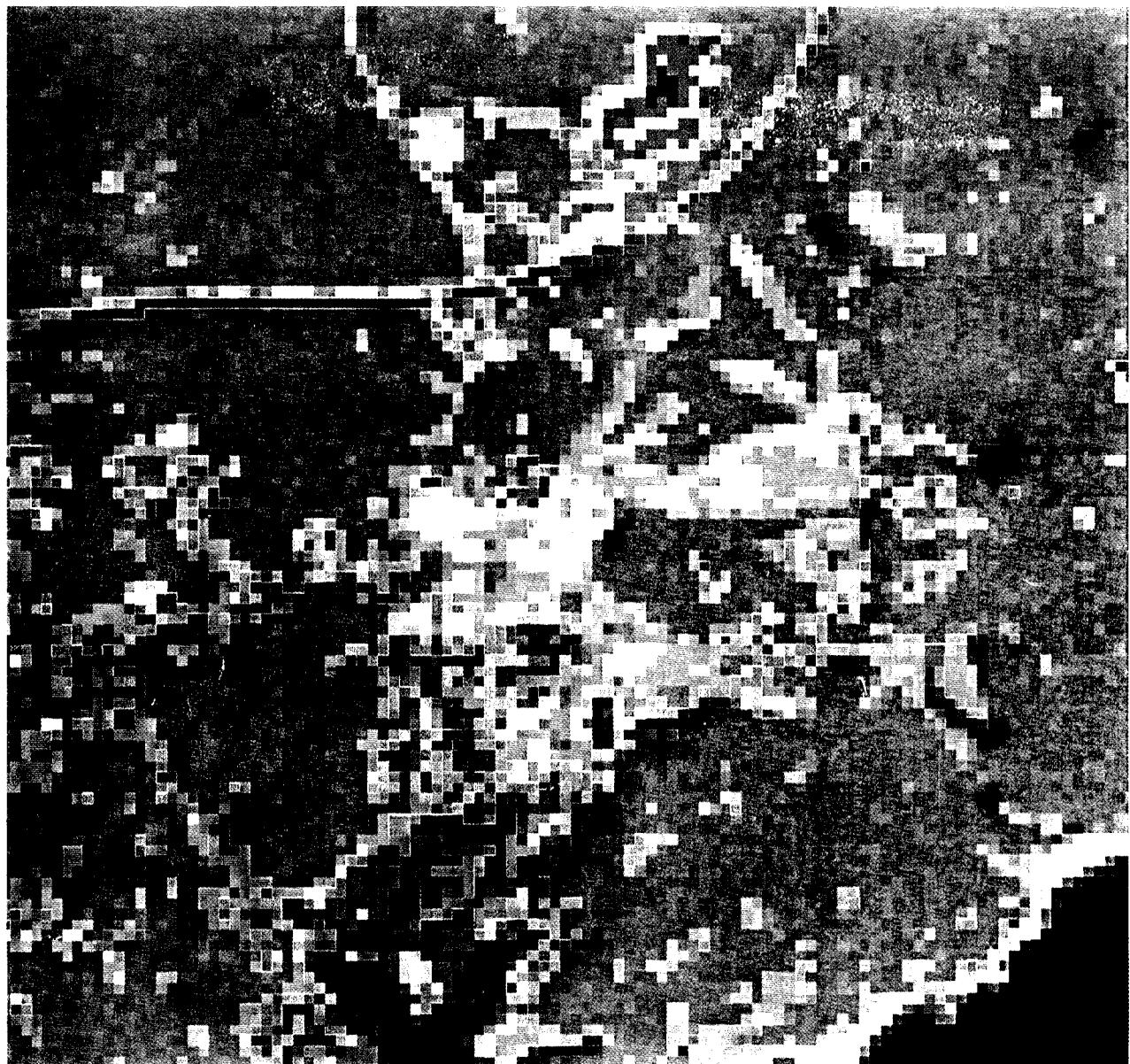
Приведенное на рисунке ТК-4 изображение — увеличенная часть первоначального изображения площадью 512 x 512 пикселов (15 x 15 км) города Беверли в штате Массачусетс. Вы можете увеличивать участки спутниковых изображений, пользуясь цветной копировальной машиной или распечатывая изображения из файла Landsat с помощью программного обеспечения MultiSpec. Можно поручить классификацию различных увеличенных участков первоначального изображения площадью 512 x 512 пикселов нескольким небольшим группам учащихся.

2. Наложите на цветную распечатку изображения прозрачный пластиковый лист стандартного страничного размера, надежно закрепив его липкой лентой. После этого пометьте на пластиковом листе края изображения, чтобы после удаления листа его можно было снова наложить на изображение точно в том же положении. Это позволит вам накладывать схему, размещенную на пластиковом листе, как на изображение, полученное в обычном (видимом) спектре, так и на инфракрасное изображение, полученное в ложных цветах, пользуясь преимуществами обоих типов отображения земного покрова.
3. Процесс классификации вручную заключается в тщательном обозначении границ замечаемых различных типов земного покрова на пластиковом листе с помощью цветных восковых карандашей или фломастеров. Пользуйтесь различными цветами, обозначая различные типы земного покрова, и присвойте каждому типу земного покрова номер, соответствующий классификации MUC уровня 4 (MUC — модифицированная система классификации ЮНЕСКО, описание которой можно найти в разделе «Изучение земного покрова и биологические исследования»).
  - Наметьте границы водоемов и рек так, как показано на иллюстрации «Этап 1», обозначив морскую воду номером 72 в соответствии с классификацией MUC уровня 2, устье реки номером 63 и озеро номером 64 (следует отметить, что в отношении некоторых типов земного покрова в системе MUC не предусмотрены классификационные категории 3 или 4 уровня).
  - Затем обозначьте границы городских транспортных инфраструктур так, как показано на иллюстрации «Этап 2». Транспортным инфраструктурам присваивается номер 93 по классификации MUC.

- Обозначьте районы городских застроек так, как показано на иллюстрации «Этап 3». К городским застройкам относятся коммерческие и промышленные участки (номер 92), жилые районы (номер 91) и площадка для игры в гольф, относящаяся к категории «прочих городских застроек» (номер 94).
- Наконец, обозначьте различные типы лесного растительного покрова; например, вечнозеленые леса, типичные для восточного Массачусетса, относятся к категории 0192, смешанные леса, состоящие из хвойных и лиственных деревьев, относятся к категории 0222, а леса, состоящие в основном из лиственных деревьев, — к категории 0231 (см. иллюстрацию «Этап 4»).

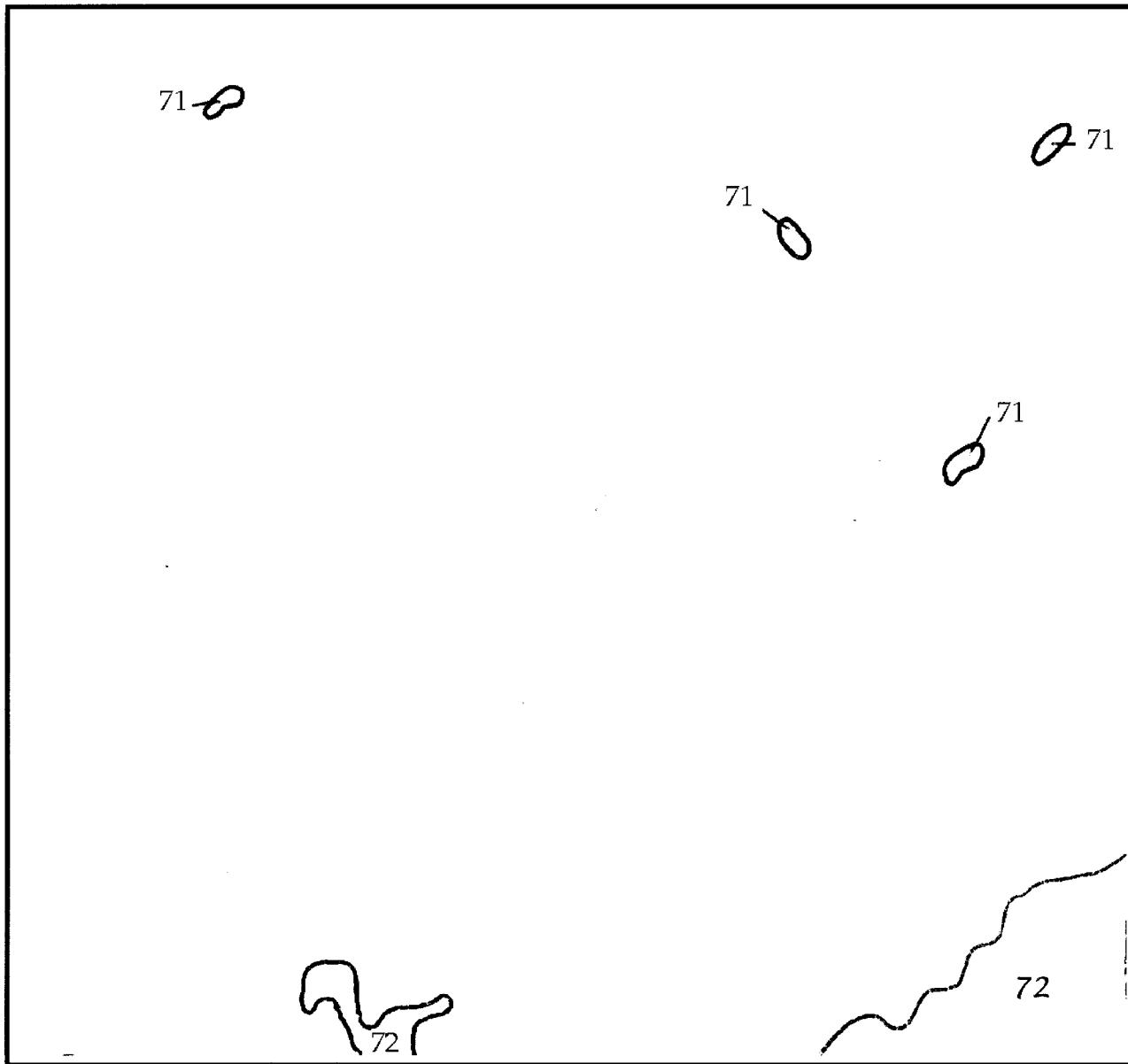
Конечным результатом (см. иллюстрацию «Этап 4») является карта земного покрова района Манчестер в штате Масачусетс. В данном случае вы и учащиеся не сможете практически проверить состав земного покрова на участках, вызывающих сомнения (например, на участке карьера для добычи гравия, обозначенного вопросительным знаком на иллюстрации «Этап 3»). В ходе дальнейшей классификации земного покрова на вашем участке исследований, если учащиеся не уверены в том, к какой категории отнести тот или иной участок изображения, обсудите с ними этот вопрос и попросите учащегося, живущего рядом с вызывающим сомнения участком, практически проверить высказанные предположения. Составление карты земного покрова может занять несколько классных занятий. Попросите учащихся быть внимательными, как можно точнее обозначать границы различных типов земного покрова, замечаемых на изображении, и правильно присваивать им классификационные номера. Желаем вам успеха!

*Рис. ТК-4. Изображение г. Беверли, полученное спутником Landsat.*





# Этап 1

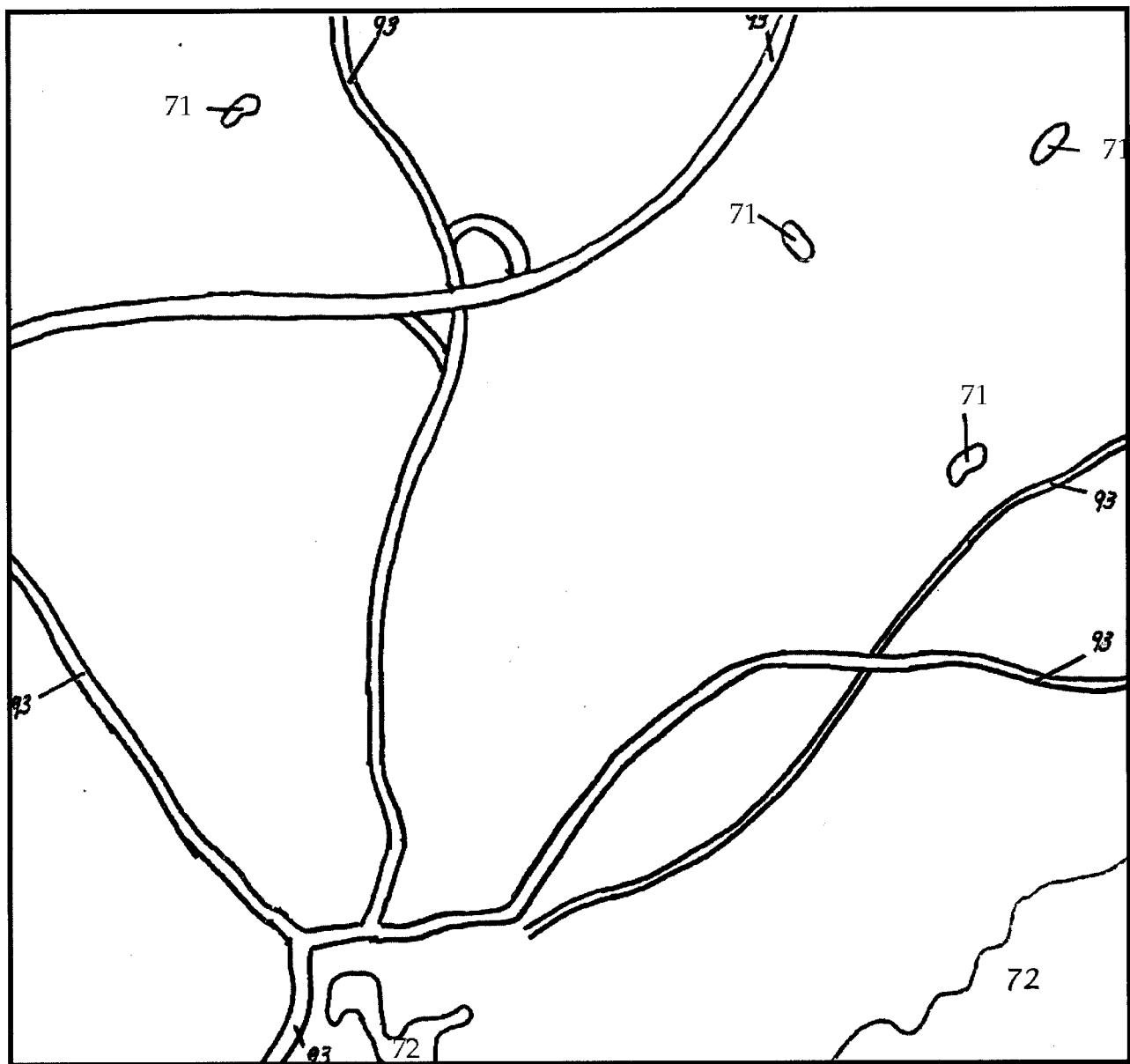


Этап 1. Обозначение границ участков, покрытых водой.

Номер 72 — Морская вода.

Номер 71 — Пресная вода.

## Этап 2



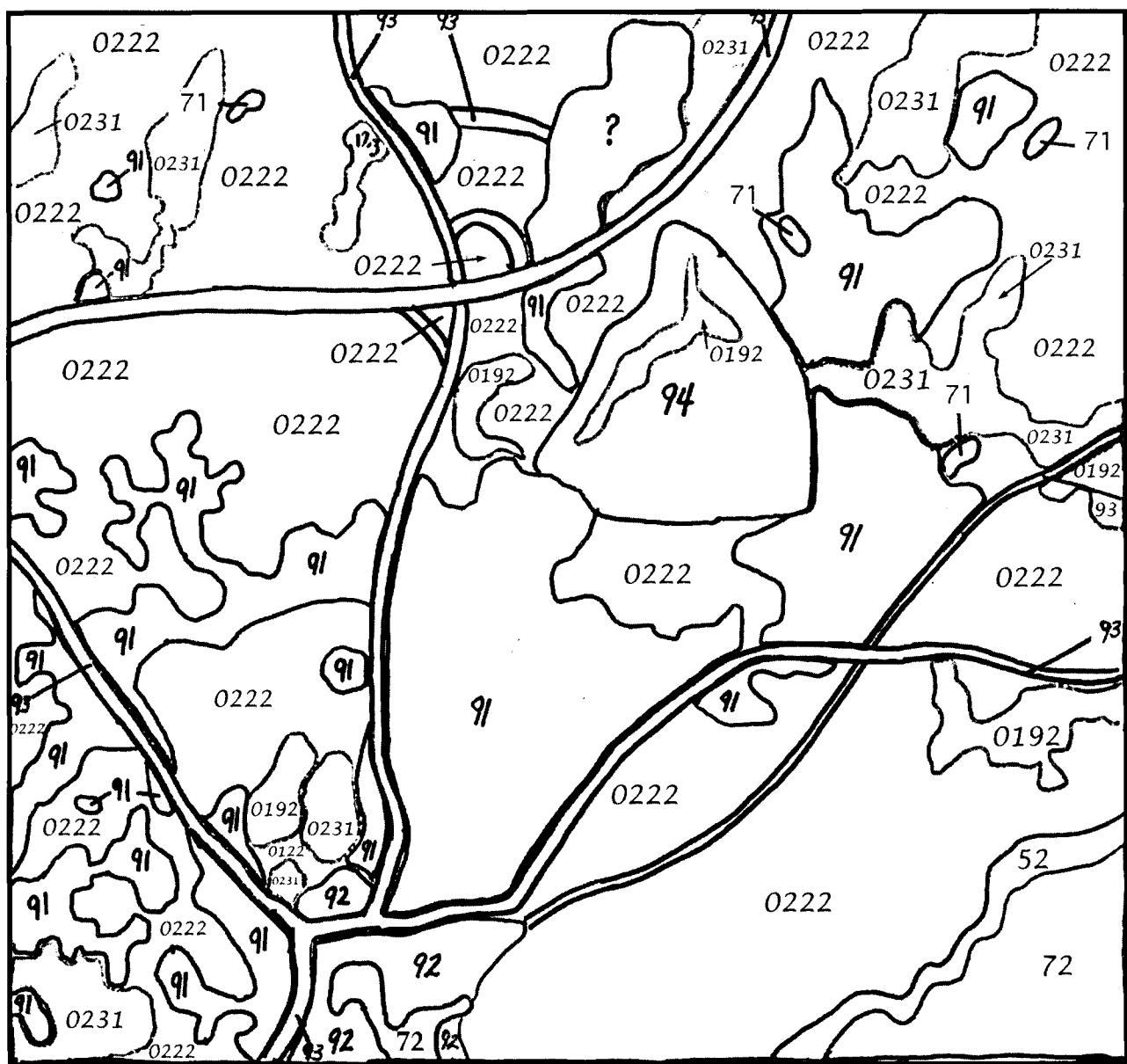
Этап 2. Обозначение границ транспортных инфраструктур (автомобильных дорог, железных дорог и т. п.).

## Этап 3



Этап 3. Обозначение границ участков городских застроек (жилых районов, коммерческих и промышленных участков и т. п.). Следует отметить, что участок карьера для добычи гравия (отмеченный вопросительным знаком) выглядит, как коммерческий участок, но требуется практическое подтверждение этого предположения.

## Этап 4



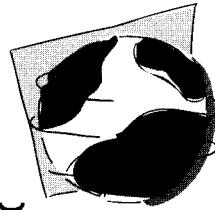
Этап 4. Обозначение границ участков с различными типами растительного покрова (окончательный этап).

Номер 0192 — Вечнозеленые деревья.

Номер 0222 — Смешанные хвойно-лиственные леса (в основном лиственные деревья, с небольшим количеством хвойных).

Номер 0231 — Лиственные леса (лиственные деревья без хвойных).

# Программа MultiSpec<sup>©</sup>: основные методы обработки изображений



Пользуясь субсидией, предоставленной NASA (Национальным управлением США по аэронавтике и космическим исследованиям), Дэвид Лэндриб, в сотрудничестве с Исследовательским фондом им. Пурдью, разработал программное обеспечение **MultiSpec** (**© Purdue Research Foundation**), дающее возможность изучать изображения, полученные с помощью спутников, в образовательных учреждениях. Несмотря на то, что первоначально программа MultiSpec была предназначена для университетов, было показано, что она чрезвычайно способствует мотивации учащихся общеобразовательных начальных и средних школ. В настоящее время программа MultiSpec предоставляет всем желающим по лицензии исследовательского фонда им. Пердью. Вы можете пользоваться этим программным обеспечением в ходе классных занятий.

Корпорация EOSAT, по лицензии NASA, обрабатывает и распространяет изображения участков площадью 32930 кв. км, полученные с помощью спутников Landsat. Так как обработка изображений, полученных на основе спутниковых данных, — чрезвычайно сложный процесс, в настоящее время стоимость каждого спутникового изображения составляет примерно 4400 долларов США. Изображения, в таком виде, в каком они распространяются, требуют дальнейшей обработки с помощью сложного компьютерного оборудования с тем, чтобы их формат позволял вести научные исследования. Изображения, получаемые участниками программы GLOBE, — части первоначальных спутниковых изображений, относящиеся к участкам площадью 9,3 x 9,3 мили (14,9 x 14,9 км), и приобретенные в образовательных целях университетами или исследовательскими институтами. Размер этих изображений ограничивается объемом дискового пространства на стандартных гибких дискетах диаметром 3,5 дюйма с высокой плотностью записи данных. Каждое из получаемых вами изображений может быть записано на один такой диск. Вам может предоставиться возможность получить спутниковые изображения местности бесплатно из государственных учреждений вашей страны или области. Для того, чтобы получить такие изображения, обратитесь в университеты, расположенные в вашем регионе, и попробуйте найти специалистов, ведущих исследования с использованием изображений, полученных с помощью спутников Landsat. Попросите этих специалистов предоставить вам часть полного спутникового изображения в формате ASCII. Они могут записать соответствующие файлы данных в формате MS-DOS с помощью своих АРМ, после чего вы можете скопировать эти файлы на внутренний диск своего совместимого с IBM персонального компьютера (или компьютера Macintosh, если на нем установлен универсальный дисковод, позволяющий считывать дискеты в формате MS-DOS).

## **Требования к компьютерному оборудованию пользователей программы MultiSpec<sup>©</sup>**

Для того, чтобы пользоваться программой MultiSpec на компьютере Macintosh, необходимо иметь в своем распоряжении внутренний жесткий диск, как минимум 2 мегабайта (2000К) оперативной памяти (RAM) и цветной монитор. Такая конфигурация оборудования позволяет выбирать 8-битовый режим обработки цветных изображений. Для того, чтобы пользоваться 24-битовым режимом обработки цветных изображений, требуется как минимум 4 мегабайта (4000К) оперативной памяти. 24-битовые цветные изображения позволяют лучше распознавать детали изображений на дисплее. Если ваш компьютер Macintosh позволяет пользоваться виртуальной (дисковой) оперативной памятью, и если вам нетрудно пользоваться такой памятью, можно включить режим виртуальной памяти, хотя это и не обязательно.

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ**

Для того, чтобы пользоваться программой на персональном компьютере, совместимом с IBM, требуется процессор Intel 386, Intel 486 или Pentium, жесткий диск с записанным на нем программным обеспечением операционной системы MS-Windows версии 3.0 или более поздней версии и цветной монитор. Рекомендуется использовать монитор типа SVGA, позволяющий получать изображения самого высокого качества.

## **Получение программного обеспечения MultiSpec<sup>®</sup>**

Программное обеспечение и документацию к программе можно загрузить с помощью сети Internet, вызвав следующий адрес (URL):

**<http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>**

Программу можно также заказать по электронной почте, обратившись по следующему адресу:

**landgreb@ecn.purdue.edu**

Существуют четыре версии программы, одна из которых предназначена для пользователей компьютеров Power Macintosh и Macintosh с математическими сопроцессорами обработки чисел с плавающей десятичной точкой, другая — для пользователей компьютеров Macintosh без математических сопроцессоров, третья — для пользователей IBM-совместимых персональных компьютеров с математическими сопроцессорами, и четвертая — для пользователей IBM-совместимых персональных компьютеров без математических сопроцессоров. Если вы не знаете, установлен ли математический сопроцессор обработки чисел с плавающей десятичной точкой на вашем компьютере Macintosh, получите обе версии программы для компьютеров Macintosh. Пользователи IBM-совместимых компьютеров могут без труда узнать, установлены ли на их компьютерах математические сопроцессоры.

Предусмотрены отдельные инструкции по установке и использованию программного обеспечения MultiSpec<sup>®</sup> для пользователей компьютеров Macintosh и IBM-совместимых компьютеров. Ниже приводятся инструкции для пользователей компьютеров Macintosh. Инструкции для пользователей IBM-совместимых компьютеров начинаются на странице 63 настоящего раздела «Комплект приборов и материалов».

## **Установка программы MultiSpec<sup>®</sup> на компьютере Macintosh**

Примечание. Если у вас нет опыта использования компьютера Macintosh, рекомендуется затратить несколько минут на ознакомление с основными функциями этого компьютера. Один из простейших способов ознакомления с функциями компьютера Macintosh — использование учебной программы для пользователей компьютеров Macintosh (*Learning to Use Your Macintosh*), поставляемой вместе с компьютером.

Если вы — опытный пользователь, быстро просмотрите те из следующих разделов, в которых обсуждаются установка и варианты использования компьютерной памяти, чтобы скопировать надлежащие файлы на жесткий диск, после чего перейдите к материалу, начинающемуся с заголовка «Изучение спутникового изображения».

- Включите компьютер.
- Откройте окно со списком содержания жесткого диска (если оно уже не открыто), выбрав двойным щелчком мыши пиктограмму **жесткого диска**.
- Вызовите падающее меню **«Файл» (File)** и выберите функцию **«Новый каталог» (New Folder)**. На экране должен появиться новый каталог без заголовка (Untitled folder). Убедившись в том, что слова **«Untitled folder»** выделены черным цветом, замените их заголовком **«MultiSpec Folder»**, после чего нажмите клавишу возврата (**Return**).

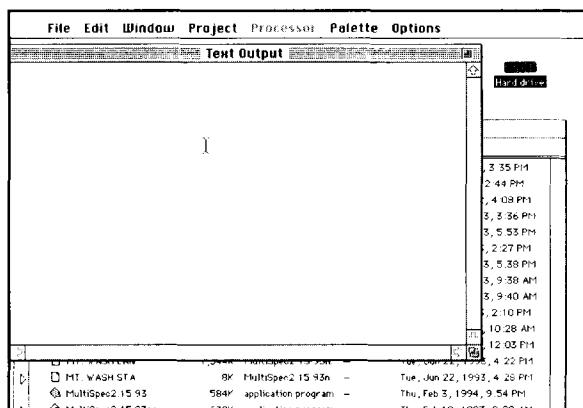
**Если ваш компьютер не оборудован математическим сопроцессором или если вы не знаете, установлен ли такой сопроцессор, выполните следующие операции.**

- Вставьте в дисковод дискету с надписью **«MultiSpecxx.xx.xxnc Disk»** на ярлыке. (Символами **xx.xx.xx** обозначается та или иная текущая версия программного обеспечения MultiSpec. Любая ссылка на определенную версию программы, например, **«MultiSpec2.15.93»**, приводится только в качестве примера в целях обучения и не обязательно соответствует фактической текущей версии программы.)
- Выберите двойным щелчком мыши пиктограмму в окне дискеты **MultiSpecxx.xx.xxnc**. Версия **MultiSpecxx.xx.xxnc** предназначена для компьютеров без математического сопроцессора. Результатирующий экран должен походить на пояснительную схему, приведенную на следующей странице.

- Скопируйте файл **MultiSpecxx.xx.xxnc** в каталог **MultiSpec Folder**, который вы создали на жестком диске. Для того, чтобы скопировать файл, выберите пиктограмму файла одним щелчком мыши, и, не отпуская нажатую кнопку мыши, перетащите пиктограмму файла в окно каталога **MultiSpec Folder**. Если на диске записаны какие-либо файлы с расширением имени **PRF**, в их копировании нет необходимости (файлы с расширением имени **PRF** содержат используемые в учебных целях изображения, ссылки на которые приведены в полной версии руководства для пользователей программы MultiSpec исследовательского фонда им. Пердью; эти файлы не используются в настоящем учебном пособии).
- Закройте окно дискеты **MultiSpecxx.xx.xxnc**, выбрав щелчком мыши квадрат в верхнем левом углу окна.
- Выдвиньте дискету **MultiSpecxx.xx.xxnc** из дисковода, выбрав щелчком мыши пиктограмму дискеты **MultiSpecxx.xx.xxnc** и перетащив ее в «корзину» (Trash).
- Запустите прикладную программу **MultiSpecxx.xx.xxnc**, выбрав двойным щелчком мыши каталог **MultiSpec Folder** в окне жесткого диска и выбрав двойным щелчком мыши пиктограмму программы **MultiSpecxx.xx.xxnc** в этом каталоге.

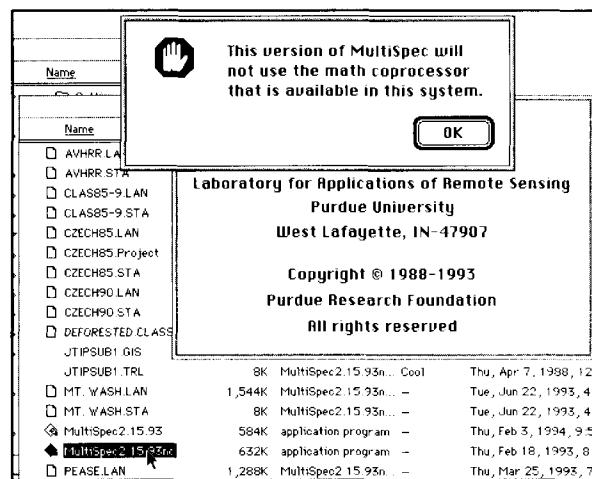
Запуск программы должен привести к одному из двух результатов.

- A. Если на вашем компьютере не установлен математический сопроцессор, экран программы откроется без задержки (см. иллюстрацию ниже).



Появление такого экрана означает, что вы успешно установили программу MultiSpec. Перейдите к разделу под заголовком «Выход из программы».

- B. Если на вашем компьютере установлен математический сопроцессор, на экране появится сообщение, показанное на приведенной ниже иллюстрации.



Если появится это сообщение, нажмите щелчком мыши кнопку «OK». Если появится экран, изображенный выше (вариант А), вызовите падающее меню «Файл» (File) и выберите функцию выхода из программы (Quit).

Выберите щелчком мыши пиктограмму программы MultiSpec в окне каталога MultiSpec Folder и перетащив ее в «корзину» (Trash).

Закройте окно каталога MultiSpec Folder, выбрав щелчком мыши квадрат в верхнем левом углу окна.

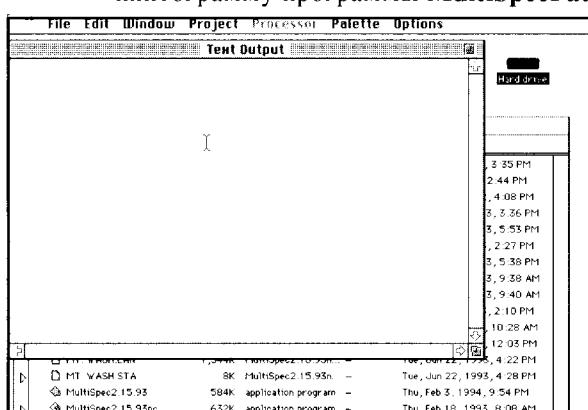
Теперь вы знаете, установлен ли на вашем компьютере математический сопроцессор. Выполните приведенные ниже указания.

Если вы знаете, что на вашем компьютере установлен математический сопроцессор, выполните следующие операции.

- Вставьте в дисковод дискету с надписью «MultiSpecFatxx.xx.xx Disk».
- Выберите двойным щелчком мыши пиктограмму дискеты MultiSpecFatxx.xx.xx Disk, чтобы открыть окно этой дискеты. MultiSpecFatxx.xx.xx — предназначенная для компьютеров с математическими сопроцессорами версия программы MultiSpec. На дисплее

вашего компьютера должен появиться экран, сходный с пояснительной схемой, приведенной на предыдущей странице.

- Скопируйте файл **MultiSpecFatxx.xx.xx** в каталог **MultiSpec Folder**, который вы создали на жестком диске. Для того, чтобы скопировать файл, выберите пиктограмму файла одним щелчком мыши, и, не отпуская нажатую кнопку мыши, перетащите пиктограмму файла в окно каталога **MultiSpec Folder**. Если на диске записаны какие-либо файлы с расширением имени **PRF**, в их копировании нет необходимости (файлы с расширением имени **PRF** содержат используемые в учебных целях изображения, ссылки на которые приведены в полной версии руководства для пользователей программы MultiSpec исследовательского фонда им. Пурдью; эти файлы не используются в настоящем учебном пособии).
- Закройте окно дискеты **MultiSpecFatxx.xx.xx**, выбрав щелчком мыши квадрат в верхнем левом углу окна.
- Выдвиньте дискету **MultiSpecFatxx.xx.xx** из дисковода, выбрав щелчком мыши пиктограмму дискеты **MultiSpecFatxx.xx.xx** и перетащив ее в «корзину» (Trash).
- Запустите прикладную программу **MultiSpecFatxx.xx.xx**, выбрав двойным щелчком мыши каталог **MultiSpec Folder** в окне жесткого диска и выбрав двойным щелчком мыши пиктограмму программы **MultiSpecFatxx.xx.xx** в этом каталоге.



- Если экран на дисплее вашего компьютера выглядит похожим на иллюстрацию, приведенную на предыдущей странице, вы успешно установили программу MultiSpec.

## **Выход из программы**

Теперь вы знаете, как запускается программа. Выйтите из программы, чтобы скопировать спутниковые изображения и выбрать надлежащий вариант адресации памяти.

- Вызовите падающее меню «Файл» (File) и выберите функцию выхода из программы (Quit).

## **Копирование изображений, полученных с помощью спутников LANDSAT**

- Вставьте в дисковод дискету с надписью **Beverly.MA Disk** на ярлыке.
- Выберите двойным щелчком мыши пиктограмму дискеты **Beverly.MA**, чтобы открыть ее окно.
- Выберите щелчком мыши пиктограмму файла **BEVERLY.MA.LAN** и перетащите ее в окно каталога MultiSpec на жестком диске, чтобы скопировать этот файл на жесткий диск.
- Выберите щелчком мыши пиктограмму файла **BEVERLY.MA.STA** и перетащите ее в окно каталога MultiSpec на жестком диске, чтобы скопировать этот файл на жесткий диск.
- Закройте окно дискеты **Beverly.MA**, выбрав щелчком мыши поле в верхнем левом углу этого окна.

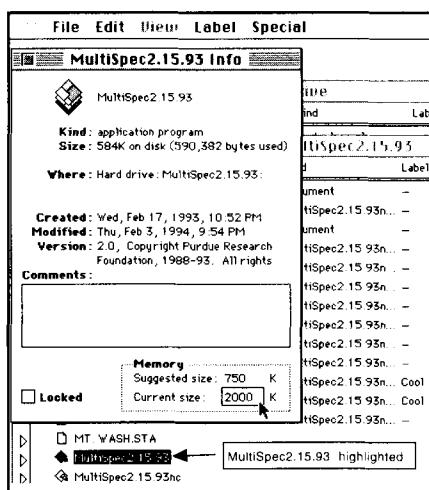
- Выберите щелчком мыши пиктограмму дискеты **Beverly,MA** и перетащите ее в «корзину» (**Trash**), чтобы выдвинуть дискету из дисковода.
- Важно проследить за тем, чтобы файлы с расширением имени **.LAN** и файлы с расширением имени **.STA** находились в окне каталога **MultiSpec** на жестком диске. В файле с расширением имени **.STA** содержатся статистические данные, появляющиеся на дисплее вместе с соответствующими изображениями.

## **Варианты компьютерной памяти**

Полученные вами программы MultiSpec рассчитаны на пользователей компьютеров с объемом оперативной памяти (RAM) 2 мегабайта (2000К). Такой объем памяти достаточен для получения 8-битовых цветных изображений. Если объем оперативной памяти вашего компьютера Macintosh составляет менее 4 мегабайтов, или если вы предпочитаете не изменять адресацию памяти, **вы можете пропустить инструкции, приведенные в этом разделе.**

Если вы желаете изменить объем оперативной памяти, присвоенный программе, выполните следующие операции.

- Убедитесь в том, что вы вышли из программы MultiSpec.
- Если окно каталога **MultiSpec Folder** не открыто, откройте его, выбрав щелчком мыши стрелку слева от надписи «**MultiSpec Folder**» в каталоге жесткого диска. Эта стрелка повернется вниз, и под ней появится список содержимого каталога. Выберите ОДНИМ щелчком мыши пиктограмму **программы MultiSpec** в каталоге жесткого диска. НЕ ВЫБИРАЙТЕ пиктограмму программы двойным щелчком мыши, потому что в данном случае запуск программы не требуется. Требуется лишь выделить пиктограмму программы с ее наименованием.
- Выделив пиктограмму программы **MultiSpec**, вызовите падающее меню «**Файл**» (**File**) и вызовите окно справочной информации (**Get Info**). На экране должно появиться окно, изображенное на следующей иллюстрации.



- В графе «**Память**» (**Memory**), на которое указывает небольшая стрелка на иллюстрации, замените значение текущего объема оперативной памяти, присвоенной программе (**Current Size**); введите значение «4000» К.
- Закройте окно Get Info. Теперь программа готова к работе.

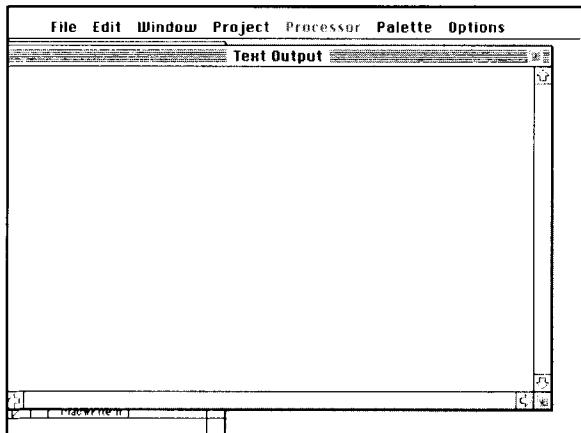
## **Изучение спутникового изображения**

### **Требуемые материалы и оборудование**

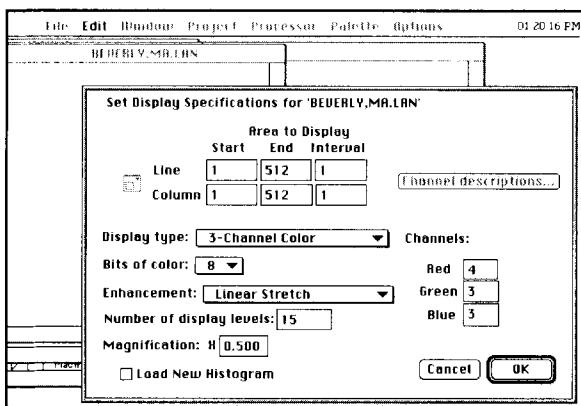
Компьютер Macintosh с файлом **BEVERLY,MA.LAN**, скопированным на жесткий диск.

## Подготовка

- Включив компьютер, откройте окно жесткого диска, выбрав пиктограмму жесткого диска двойным щелчком мыши.
- Откройте окно каталога **MultiSpec Folder**, выбрав его двойным щелчком мыши.
- Запустите программу **MultiSpec**, выбрав пиктограмму **MultiSpecFatxx.xx.xx** (или **MultiSpecxx.xx.xxnc**) двойным щелчком мыши. На дисплее должно появиться окно под заголовком «**Вывод текста**» (**Text Output**). Появившийся экран должен походить на приведенную ниже иллюстрацию.

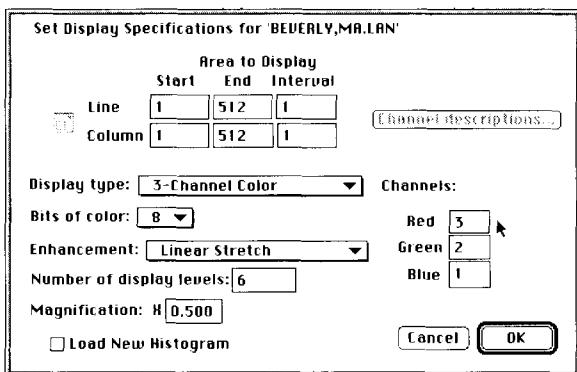


- Вызовите падающее меню «**Файл**» (**File**) и выберите функцию «**Открыть изображение**» (**Open Image**). Выберите двойным щелчком мыши имя файла **BEVERLY,MA.LAN**, содержащего изображение, полученное с помощью спутника Landsat.
- На экране должно появиться диалоговое окно под заголовком «**Установка параметров дисплея для файла BEVERLY,MA.LAN**» (**Set Display Specifications for 'BEVERLY,MA.LAN'**).

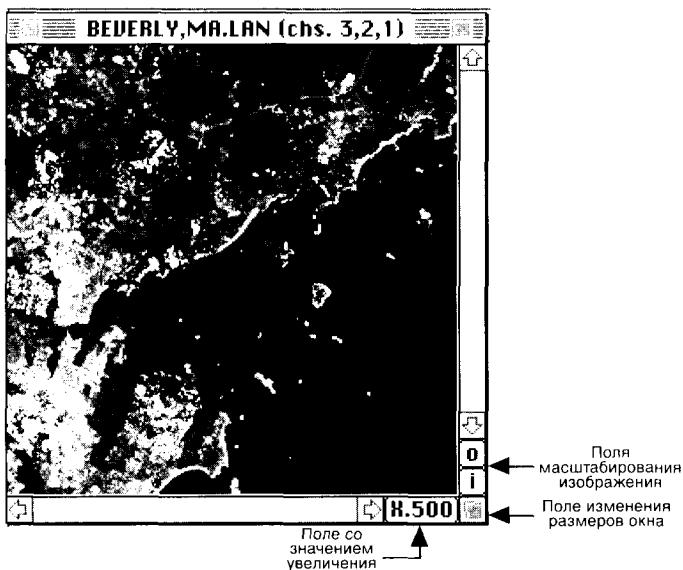


- Выберите щелчком мыши элемент окна, озаглавленный «**Тип дисплея**» (**Display type**), и убедитесь в том, что выбран **трехканальный цветной монитор** (**3-Channel Color**).
- **Не изменяйте 8-битовый режим обработки изображения (Bits of color: 8)!** (Если вы присвоили программе объем оперативной памяти, превышающий стандартный объем, и ваш компьютер поддерживает 24-битовый режим обработки изображений, вы можете выбрать щелчком мыши элемент окна «**Цветовые биты**» (**Bits of Color**) и выбрать значение «**24**»). Если вы выберете 24-битовый режим обработки изображений, не располагая достаточным объемом присвоенной программе оперативной памяти, на экране появится сообщение «**Имеющийся объем памяти недостаточен**» (**Not enough memory is available**), и вы столкнетесь с проблемами при просмотре изображений на экране. Это сообщение относится не к общему объему памяти, установленной в компьютере, а к объему памяти, присвоенной данной программе.

- Перейдя к элементу окна «Каналы» (Channels), введите значение «3» в графе «Красный» (Red), значение 2 в графе «Зеленый» (Green) и значение «1» в графе «Синий» (Blue), после чего выберите щелчком мыши кнопку «OK». ПРИМЕЧАНИЕ. ФУНКЦИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СТИРАНИЯ ПРЕДЫДУЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА МОЖЕТ НЕ ВЫПОЛНЯТЬСЯ ЭТОЙ ПРОГРАММОЙ. Для того, чтобы отредактировать значение каждого из цветовых параметров, выберите щелчком мыши пространство слева от числового значения и, не отпуская нажатую кнопку мыши, перетащите курсор вправо или выберите элемент со значением двойным щелчком мыши. Это приведет к выделению на экране значения, которое вы желаете изменить. После того, как значение будет выделено, отпустите кнопку мыши. Если значение будет выделено, введите число, которым вы желаете заменить выделенное значение. Для того, чтобы переходить от одного элемента окна к другому, можно пользоваться клавишей табуляции (Tab).



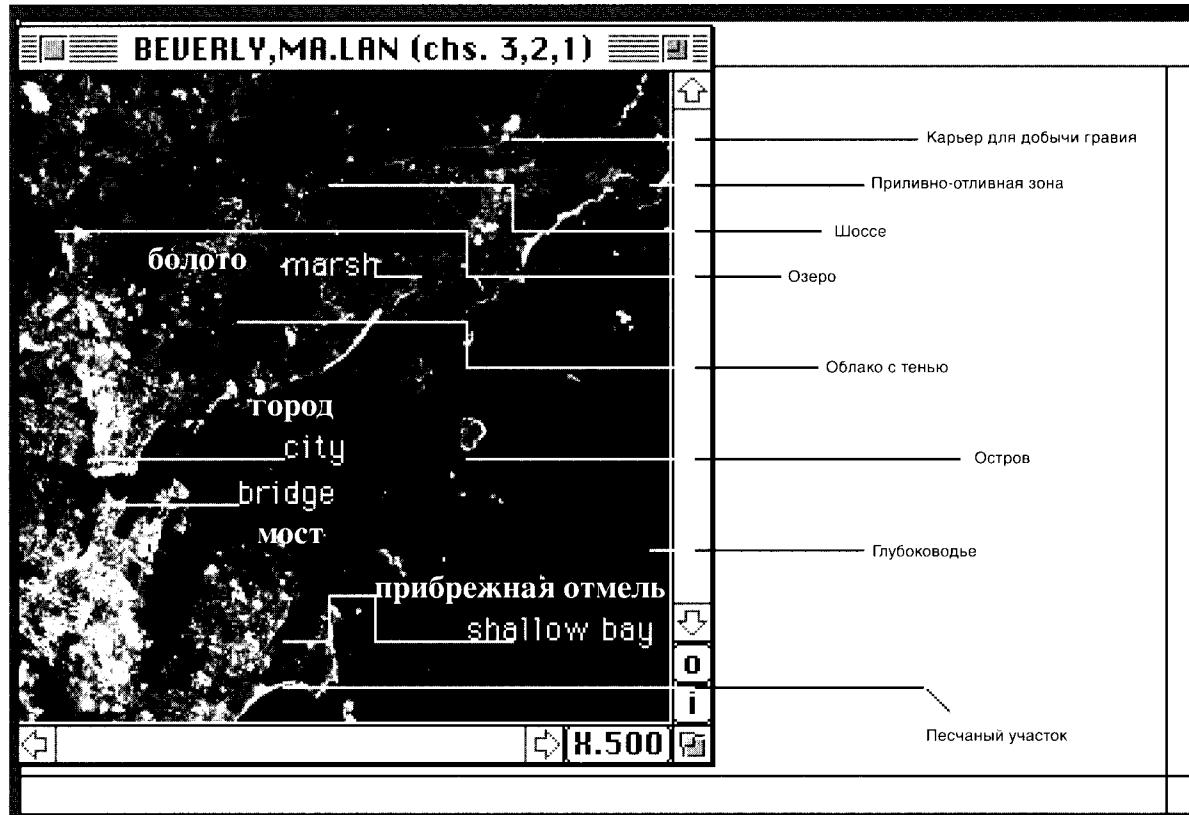
- Выберите щелчком мыши кнопку «OK». В левой верхней части экрана должно появиться спутниковое изображение. При увеличении X.500 все изображение должно помещаться на экране.



- Для того, чтобы увеличить размер окна, выберите щелчком мыши квадратное поле изменения размеров окна в нижнем правом углу окна и перетащите это поле вправо и вниз. В нижней правой части окна с изображением, слева от углового поля изменения размеров окна, находится поле со значением увеличения, в котором указано значение «X.500».

Выберите это поле щелчком мыши. После этого в поле появится значение «X1.0», а изображение должно увеличиться и заполнить окно просмотра, в зависимости от размеров окна с изображением. Если диагональ экрана вашего монитора меньше 17 дюймов (43,2 см) для просмотра всего изображения может потребоваться его перемещение вверх и вниз с помощью стрелок прокрутки.

1. Попытайтесь распознать на изображении дороги, мосты, озера, городки, лесистые участки, пляжи, болотистые прибрежные участки и мелководные прибрежные участки океана. Какие другие объекты вы распознаете на изображении?



## 2. Масштабирование изображения

Непосредственно над полем изменения размеров окна в нижнем правом углу находятся два небольших квадратных поля, обозначенные буквами «o» и «i». Это поля масштабирования, позволяющие вам увеличивать и уменьшать масштаб просматриваемого изображения. Обратите внимание на поле со значением увеличения «X1.0» в нижнем правом углу окна просмотра. Нажмите на поле «i» одним щелчком мыши. Затем нажмите на это поле несколько раз подряд. В конечном счете вы увидите изображение, состоящее, наподобие мозаики, из отдельных квадратов (пикселов). Наблюдайте за изменением значений в поле значений увеличения по мере того, как вы нажимаете на поля «i» и «o». По мере увеличения и уменьшения изображения в этом поле изменяется значение коэффициента увеличения. Появление значения «X1.0» соответствует просмотру всего изображения целиком. Перед тем, как перейти к этапу 3, нажмите щелчком мыши на поле значений увеличения. На экране должно появиться все изображение, а в поле значений увеличения появится значение «X1.0».

## **Вопросы**

- а) Как изменяется длина объектов, когда вы увеличиваете масштаб изображения и когда вы уменьшаете его?

Ответ. Длина объектов увеличивается и уменьшается пропорционально масштабу изображения.

- б) Какую информацию вы получаете, увеличивая или уменьшая масштаб изображения? Какая информация при этом теряется?

Ответ. Увеличивая изображение, вы можете сосредоточить внимание на участке меньшей площади. В конечном счете изображение становится мозаикой отдельных пикселов. Уменьшая изображение, вы можете одновременно рассматривать участки большей площади.

Для того, чтобы вернуться к полномасштабному изображению, нажмите щелчком мыши на поле значений **увеличения**. После этого в нем должно появиться значение «**X1.0**».

### **3. Поля масштабирования изображения**

Вы можете увеличивать изображение определенного участка, обводя его рамкой и пользуясь полями масштабирования. Поместите курсор мыши в верхнем левом углу участка, который вы желаете обвести рамкой, после чего нажмите кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите курсор мыши вправо и вниз. Обведя рамкой интересующий вас участок, отпустите кнопку мыши. Обратите внимание на то, что выбранный вами участок обрамлен пунктирными линиями. Нажмите щелчком мыши на поле **увеличения изображения (i)**. Вы можете продолжать увеличение выбранного участка, последовательно нажимая щелчками мыши на поле «**i**». Что вы наблюдаете? Если рамка, которой вы обвели участок, была не квадратной, наблюдается ли изменение пропорций изображения при увеличении? Постарайтесь обосновать ваш ответ.

Ответ. Пропорции элементов изображения не изменяются. Длины всех объектов изменяются пропорционально. Форма объектов остается неизменной при изменении их размеров.

Для того, чтобы увеличить или уменьшить изображение на одну десятую текущего масштаба каждый раз, когда вы нажимаете щелчком мыши на поле **увеличения** или **уменьшения**, нажмайте клавишу **«Option»** перед тем, как вы нажимаете на поле **увеличения (i)** или **уменьшения (o)**.

Для того, чтобы вернуться к полномасштабному изображению, нажмите щелчком мыши на поле значений **увеличения**. После этого в нем появится значение «**X1.0**».

### **4. Панорамирование**

Для того, чтобы перемещать изображение на экране, предварительно нажмите клавишу **«Option»**. При этом на экране появится пиктограмма руки. Нажав кнопку мыши и не отпуская ее, перемещайте мышь; изображение будет перемещаться по экрану вместе с курсором мыши (пиктограммой руки). Так же, как и в любых других прикладных программах для компьютеров Macintosh, вы можете также панорамировать изображение с помощью полос прокрутки со стрелками, обрамляющих окно снизу и справа.

(Для того, чтобы выйти из программы, вы можете в любое время вызвать меню **«Файл» (File)** и выбрать функцию **«Выход» (Quit)**. Перед тем, как выбирать функцию выключения компьютера (**Shut Down**) в меню специальных функций (**Special**), закрывайте все окна, остающиеся открытыми.)

## **Изучение цветов на спутниковом изображении**

### **Вывод изображения на дисплей**

В меню **«Процессор» (Processor)** выберите функцию вывода изображения на дисплей (**Display Image**).

Пожалуйста, прочтите следующее описание цветов и изображений, полученных с помощью спутников Landsat. Электронно-лучевая трубка компьютерного монитора испускает пучки, формирующие красный, зеленый и синий цвета не покрытии экрана. Каждый из этих цветов окрашивает, с различной интенсивностью, каждый из пикселов изображения на экране; в результате сочетания этих цветов образуются различные цветовые оттенки. «Каналами» (**channels**), которые иногда называются «полосами пропускания» (**bands**), называются частотные полосы света, отраженного объектами на изображении, регистрируемые оборудованием спутника. В полосе 1 отражается синий свет, в полосе 2 — зеленый свет, и в полосе 3 — красный свет. Красный, синий и зеленый — первичные цвета видимого спектра. Различные оттенки цветов образуются на экране в результате смешивания красного, зеленого и синего различной интенсивности электронно-лучевой трубкой компьютерного монитора. Например, сочетание красного и зеленого одинаковой интенсивности приводит к формированию желтого цвета, сочетание синего и зеленого одинаковой интенсивности приводит к формированию сине-зеленого цвета, а сочетание синего и красного одинаковой интенсивности — к формированию малинового цвета. В полосах 4 и 5 регистрируется свет, отраженный, соответственно, в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах.

Мы будем пользоваться следующими значениями пропускания красного, зеленого и синего (каналов RGB) с тем, чтобы получать различные сочетания каналов (полос пропускания).

**Изображения в истинных цветах.** Следующее сочетание полос пропускания позволяет получать изображения в истинных цветах, т. е. такое изображение, которое регистрировалось бы глазами наблюдателя, смотрящего на Землю из космоса.

Красный	3 (полоса пропускания красного света в видимом диапазоне)
Зеленый	2 (полоса пропускания зеленого света в видимом диапазоне)
Синий	1 (полоса пропускания синего света в видимом диапазоне)

Другие сочетания полос пропускания позволяют получать изображения, которые человеческий глаз регистрировать не может. Такие изображения называются «изображениями в ложных цветах». Введите следующие сочетания значений полос пропускания и проанализируйте за результатирующими изменениями.

- A. Следующее сочетание полос пропускания имитирует инфракрасные аэрофотографии. Растительный покров, отражающий большое количество инфракрасного излучения, выделяется ярко-красным цветом при использовании этого сочетания полос пропускания. Поэтому такое сочетание полезно при изучении лесов.

Красный	4 (полоса пропускания света в ближнем инфракрасном диапазоне)
Зеленый	3 (полоса пропускания красного света в видимом диапазоне)
Синий	2 (полоса пропускания зеленого света в видимом диапазоне)

- B. Следующее сочетание полос пропускания особенно полезно для распознавания лесов и степей. Хвойные леса выделяются на таких изображениях темно-зеленым цветом, лиственные леса — средним (центральным) оттенком зеленого, а степи и луга — светло-зеленым или желтовато-зеленым оттенком.

Красный	5 (полоса пропускания света в среднем инфракрасном диапазоне)
Зеленый	4 (полоса пропускания света в ближнем инфракрасном диапазоне)
Синий	2 (полоса пропускания зеленого света в видимом диапазоне)

Выполняй следующие операции, пользуйтесь компьютерным изображением, содержащимся в файле **BEVERLY.MA.LAN**.

Определите расположение объектов, перечисленных в таблице на следующей странице, пользуясь каждым из указанных сочетаний полос пропускания красного, зеленого и синего света (RGB). Зарегистрируйте цвет каждого из этих объектов, наблюдаемый при использовании каждого сочетания полос пропускания. Сочетания полос пропускания обозначаются кодами; например, кодом RGB 321 обозначается сочетание, при котором канал 3 присваивается источнику красного цвета в электронно-лучевой трубке, канал 2 — источнику зеленого цвета, и канал 1 — источнику синего цвета. ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ИЗМЕНИТЬ ВЫБОР СОЧЕТАНИЯ ПОЛОС ПРОПУСКАНИЯ, ВЫЗОВИТЕ ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ «ПРОЦЕССОР» (PROCESSOR) И ВЫБЕРИТЕ ФУНКЦИЮ ВЫВОДА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ДИСПЛЕЙ (DISPLAY IMAGE).

### ***Советы по устранению проблем***

Если вы вызовете падающее меню «Файл» (File) и по ошибке выберете уже открытое изображение, вам придется исправить значения ВСЕХ параметров, а не только значения цветовых полос пропускания. Для того, чтобы правильно задать значения параметров, необходимо вернуться к инструкциям, приведенным в разделе «Подготовка».

Если вы увидите очень маленькое изображение, значит, вы выбрали по ошибке небольшой участок изображения и вывели его на дисплей. В меню «Процессор» (Processor) выберите функцию вывода изображения на дисплей (Display Image). Нажмите щелчком мыши на небольшое поле в верхнем левом углу, слева от слов «Строка» (Line) и «Столбец» (Column). Это приведет к возвращению на дисплей первоначального изображения площадью 512 x 512 пикселов.

**Заполните следующую таблицу, регистрируя цвет каждого из перечисленных объектов, наблюдаемый при использовании каждого из сочетаний полос пропускания.**

	RGB 321	RGB 432	RGB 542
- Пляжи			
- Шоссе			
- Лесистые участки			
- Океан			
- Города, поселки			

Испробуйте другие сочетания полос пропускания и запишите результаты ваших наблюдений.

# Справочная страница

## Полосы пропускания в программе *MultiSpec* и их применение

Полоса пропускания	Основное применение
1 Синий свет в видимом диапазоне	Полезен для картографирования прибрежных вод, картографирования типов лесной растительности, распознавания типов почв и растений и идентификации искусственных объектов, таких, как дороги и здания
2 Зеленый свет в видимом диапазоне	Полезен для распознавания различных типов растительности, определения санитарного состояния растений и идентификации искусственных объектов
3 Красный свет в видимом диапазоне	Полезен для распознавания видов растений и идентификации искусственных объектов
4 Излучение в ближнем инфракрасном диапазоне	Полезно для определения типов растительности, санитарного состояния растений и распознавания границ водоемов
5 Излучение в среднем инфракрасном диапазоне влаги	Полезно для распознавания снежного покрова и облаков, а также для определения содержания в растительном покрове и почве
6 Тепловое инфракрасное излучение	(Не регистрируется на изображениях, полученных с помощью спутников Landsat и обработанных с целью записи на дискеты.) Полезно для определения относительной температуры поверхности и содержания влаги в почве
7 Излучение в среднем инфракрасном диапазоне с длиной волны, превышающей длину целью волны в полосе пропускания 5	(Не регистрируется на изображениях, полученных с помощью спутников Landsat и обработанных с записью на дискеты.) Полезно для распознавания различных минералов и пород, а также для определения количества удерживаемой растениями влаги

Источник: Томас М. Лиллсэнд и Ральф У. Кифер [Lillesand, Thomas M. & Kiefer, Ralph W.] 1987, «Дистанционная регистрация изображений и их интерпретация» [«Remote Sensing and Image Interpretation»], 2-е изд., Нью-Йорк, издательство John Wiley and Sons, стр. 567.

# Раскрашивание мира

## Предварительное чтение

Вы уже экспериментировали с изменением расцветки компьютерного изображения. По мере изменения сочетаний цветов различные объекты выделяются тем или иным цветом или становятся неразличимыми, когда они сливаются с окружающими объектами того же цвета. Пять каналов (полос пропускания), используемых в программе обработки компьютерных изображений MultiSpec, соответствуют данным, зарегистрированным в пяти различных частотных полосах спектра электромагнитного излучения. В каждой из этих пяти полос пропускания оборудование спутника Landsat 5 регистрирует отраженный свет или отраженное излучение и присваивает каждому пикселю изображения значение коэффициента интенсивности отражения (отражательной способности), определяющее уровень яркости.

Три из используемых полос пропускания соответствуют диапазону видимого света: канал 1 соответствует отраженному синему свету, канал 2 — отраженному зеленому свету, и канал 3 — отраженному красному свету. Отраженный красный, зеленый и синий свет полезен для распознавания искусственных объектов, таких, как дороги и здания, и естественных объектов, таких, как реки, озера и горы.

Другие две полосы пропускания, каналы 4 и 5, соответствуют инфракрасному диапазону излучения, невидимому для человеческого глаза. Регистрация отраженного инфракрасного излучения полезна для определения типов растений и санитарного состояния растений, для распознавания снежного покрова и облаков, а также для идентификации минералов и пород. Выбирая то или иное сочетание числовых значений трех каналов в отношении цветного изображения, содержащегося в файле BEVERLY,MA.LAN, вы даете компьютеру указание вывести на дисплей изображение, основанное на данных, зарегистрированных в соответствующих трех частотных полосах спектра электромагнитного излучения.

Вы можете вывести на дисплей изображение, полученное только на 1 канале. Такое изображение будет отражать изменение интенсивности отраженного излучения только в одной частотной полосе электромагнитного спектра, например, только в полосе видимого красного света или в только в ближнем диапазоне инфракрасного излучения.

В ходе этого занятия вы сможете практиковаться в распознавании различных категорий объектов в зависимости от их отражательной способности в различных частотных полосах электромагнитного спектра. Это поможет вам лучше понимать изображения, полученные с помощью спутника Landsat 5.

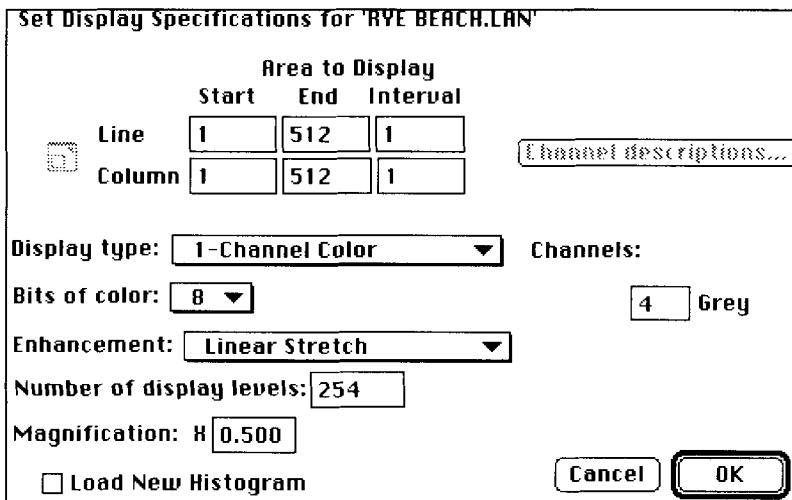
## Требуемые материалы и оборудование

Два компьютера Macintosh, на каждом из которых установлено программное обеспечение MultiSpec и записан содержащий изображение файл BEVERLY,MA.LAN.

Каждая группа учащихся должна объединиться с другой и использовать оба компьютера. Если в вашем распоряжении имеется достаточное количество компьютеров для того, чтобы каждый учащийся или каждая пара учащихся могли пользоваться отдельным компьютером, вы можете провести это занятие с большой группой учащихся, пользуясь тремя компьютерами одновременно. Это занятие можно проводить также с использованием одного компьютера, если объем установленной в компьютере памяти достаточен для одновременного просмотра нескольких копий изображения, содержащегося в файле BEVERLY,MA.LAN.

Мы изучим взаимосвязь между характеристиками электромагнитного излучения и каналами (полосами пропускания), которые могут быть выбраны с помощью функции «**Вывод изображения на дисплей**» (Display Image) в меню «**Процессор**» (Processor) программы MultiSpec. В ходе занятия полезно иметь под рукой справочную страницу с таблицей «Полосы пропускания в программе MultiSpec и их применение».

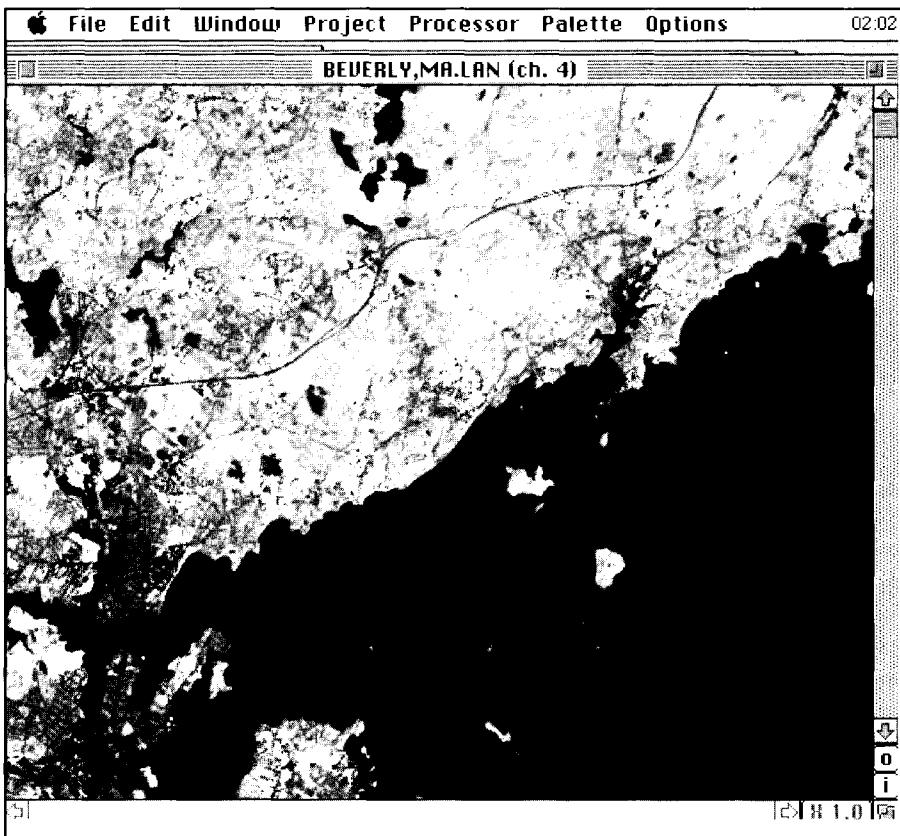
- Если вы перезапустили компьютер, выполните первые четыре операции, описываемые в разделе «Подготовка», чтобы вызвать диалоговое окно под заголовком «Установка параметров дисплея» (Set Display Specifications) и задать значения параметров в отношении файла BEVERLY,MA.LAN.



- Выберите щелчком мыши поле под заголовком «Тип дисплея» (Display type) и выберите одноканальное цветовое изображение (1-channel color).
- Выберите щелчком мыши поле под заголовком «Цветовые биты» (Bits of color) и выберите 8-битовый или 24-битовый режим обработки цветного изображения, в зависимости от имеющейся объема оперативной памяти.
- Далее приводятся различные указания в отношении двух компьютеров.
- На экране первого компьютера введите значение «4» в отношении канала, обозначенного словом «Серый» (Grey). (Не забудьте выделить заменяемое значение перед вводом нового значения. Функция стирания предыдущего значения не всегда выполняется этой программой.) Нажмите клавишу возврата (Return) или нажмите щелчком мыши кнопку «OK».

Появившееся на экране изображение, составленное из оттенков серого, соответствует распределению уровней интенсивности отражения электромагнитного излучения в одной полосе пропускания. Какая полоса пропускания отображается? Соответствует ли она диапазону видимого света?

- На экране второго компьютера введите значение «3» и нажмите клавишу возврата (Return) или нажмите щелчком мыши кнопку «OK».
- Какая частотная полоса электромагнитного излучения регистрируется на канале 3? Соответствует ли она диапазону видимого света?
- Если у вас есть третий компьютер, выберите другую полосу пропускания в диапазоне видимого света.
  - После того, как изображение будет выведено на дисплей, увеличьте окно просмотра примерно в два раза. Выберите щелчком мыши поле значения увеличения (x.500) в нижнем правом углу окна просмотра, чтобы увеличить изображение. В этом поле должно появиться значение «X1.0».



- Переместите изображения так, чтобы на экранах обоих компьютеров находился один и тот же участок изображения.
- Оставив оба изображения на экранах компьютеров, дайте всем учащимся внимательно рассмотреть оба экрана. Изображения будут составлены из оттенков серого цвета.
- Для того, чтобы ответить на вопросы, приведенные ниже, потребуется изменение выбора каналов, используемых программой на обоих компьютерах. Для того, чтобы изменить выбор каналов, выберите функцию вывода изображения на дисплей «Display Image» в меню «Процессор» (Processor) программы MultiSpec и замените текущее значение канала желаемым.

### **Пожалуйста, прочтите следующее пояснение**

Если объект отличается высокой отражательной способностью в той или иной полосе пропускания, он выглядит очень ярким (почти белым) на изображении. Если объект отличается очень низкой отражательной способностью в той же полосе пропускания, он выглядит очень темным (почти черным) на изображении. Например, если объект отражает большее количество синего цвета, чем красного света, он будет выглядеть более светлым на изображении, в отношении которого был выбран канал 1 (пропускания синего света), чем на изображении, в отношении которого был выбран канал 3 (пропускания красного света).

### **Дайте подробные ответы на следующие вопросы**

1. Деревья и железнодорожный мост между городами Беверли и Сэлем должны быть лучше различимы на одном изображении по сравнению с другим. Дороги ярко выделены на одном изображении и остаются темными на другом. Разъясните эти наблюдения на основе отражательной способности объектов в полосе пропускания красного света и в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне.

*Деревья поглощают красный свет и выглядят темными в полосе пропускания красного света, отличаясь от пляжей, степей и лугов. В ближнем инфракрасном диапазоне деревья выглядят очень яркими, потому что они отражают излучение в этом диапазоне. Поэтому на соответствующем изображении их трудно отличить от степей и лугов.*

*Мелководный участок к востоку от моста между городами Беверли и Сэлем отражает небольшое количество красного света и выглядит светлее, чем более глубоководная часть океана. Все покрытые водой участки поглощают излучение в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах.*

*Железнодорожный мост отражает красный свет и легко различим в полосе пропускания видимого красного света. При этом мост поглощает излучение в ближнем инфракрасном диапазоне, и его трудно различить на изображении, полученном в полосе пропускания инфракрасного излучения.*

*Покрытие шоссе отражает видимый красный свет и поглощает излучение в ближнем инфракрасном диапазоне.*

2. Перечислите другие объекты, которые отличаются высокой отражательной способностью в полосе пропускания видимого красного света и низкой способностью к отражению излучения в ближнем инфракрасном диапазоне или наоборот, высокой отражательной способностью в ближнем инфракрасном диапазоне и низкой способностью к отражению излучения в полосе пропускания видимого красного света.

*Здания, которые называют искусственными объектами, потому что они построены людьми, отражают видимый красный свет, но поглощают излучение в ближнем инфракрасном диапазоне.*

**Примечание. Для того, чтобы ответить на следующие вопросы, необходимо изменить выбор полос пропускания на обоих компьютерах и сравнить результирующие изображения.**

3. Искусственными объектами называют изготовленные людьми объекты, такие, как дороги, здания и мосты. Какими характеристиками отражения видимого света и инфракрасного излучения отличаются эти объекты? На компьютере, показывающем изображение в полосе пропускания видимого красного света, выберите, последовательно, полосу пропускания видимого зеленого света (канал 2), а затем полосу пропускания видимого синего света (канал 1), чтобы ответить на этот вопрос.

*Искусственные объекты отличаются высокой отражательной способностью во всех полосах пропускания видимого света и низкой отражательной способностью в ближнем диапазоне инфракрасного излучения.*

4. Какие выводы позволяет сделать наблюдение отражательной способности океана в полосах пропускания а) красного, б) синего и в) зеленого видимого света, а также г) в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне? Можно произвести дополнительные исследования с помощью имеющихся в библиотеке источников с тем, чтобы определить, почему водоемы выглядят синими для человеческого глаза.

*Водоемы поглощают почти всю энергию излучения, но отражают синий видимый свет в большей степени, чем свет другой частоты.*

5. Какие выводы позволяет сделать наблюдение отражательной способности деревьев в полосах пропускания а) красного, б) синего и в) зеленого видимого света, а также г) в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне?

*Деревья отражают небольшое количество красного и синего видимого света, и несколько большее количество видимого зеленого света. Они отражают большое количество излучения в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах.*

6. Какие выводы позволяет сделать наблюдение отражательной способности искусственных объектов в полосах пропускания а) красного, б) синего и в) зеленого видимого света, а также г) в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне?

*Искусственные объекты отражают видимый свет во всех полосах пропускания, но отличаются низкой отражательной способностью в ближнем инфракрасном диапазоне.*

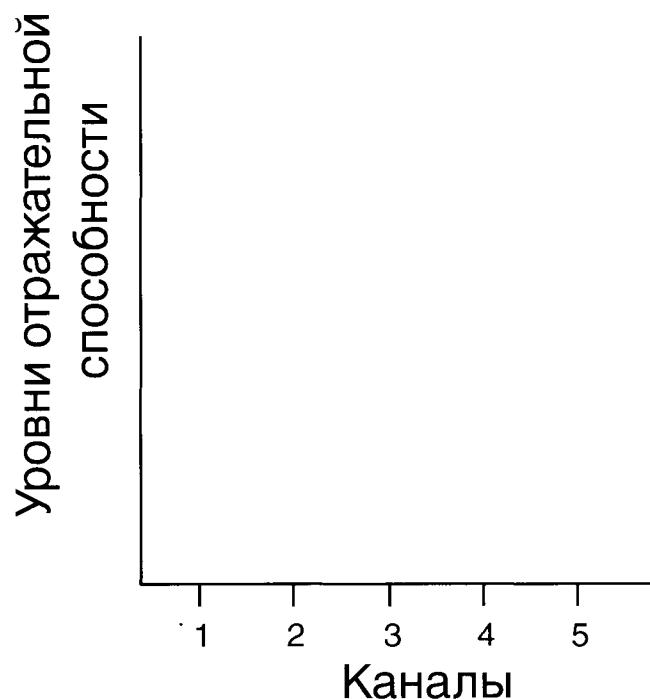
7. Над городом Беверли и на нескольких других участках изображения заметны небольшие облака. Какие наблюдения можно сделать, наблюдая отражательную способность облаков в различных полосах пропускания?

*Облака отражают весь видимый свет и все инфракрасное излучение. Поэтому получение изображений без облаков важно для распознавания характеристик поверхности Земли. Облака «скрывают» поверхность Земли. Радиолокационные сигналы проникают через облака. На спутнике Landsat 6, который не удалось запустить, был установлен радиолокационный датчик.*

8. Тени облаков и озера выглядят темными на изображении. Попробуйте найти способы отличать тени облаков от озер, выбирая различные полосы пропускания.

*Озера отражают очень небольшое количество видимого света и практически не отражают инфракрасное излучение. Тени облаков «прозрачны» для излучения, отражаемого любыми объектами, расположенными в тени. Это означает, что, например, деревья, находящиеся в тени облака, будут отражать большое количество инфракрасного излучения.*

9. Сформулируйте и запишите вопрос, относящийся к цветам объектов и изображениям и ответьте на него самостоятельно или попросите другую группу учащихся ответить на этот вопрос. Запишите вопрос и ответ.



*Ответы могут быть различными, в зависимости от вопросов.*

10. Человек, подготовливший схему, приведенную ниже на иллюстрации, не закончил работу.
- Обозначьте шкалу оси «Уровни отражательной способности».
  - Озаглавьте номера, обозначенные на оси «Каналы».
11. Предположим, что вы выбрали пиксель изображения, соответствующий только лесному покрову. Постарайтесь угадать значения отражательной способности лесного покрова в каждой полосе пропускания и обозначьте эти значения на диаграмме, приведенной выше (см. вопрос 10). Отвечая на этот вопрос, пользуйтесь ответом на вопрос 5.

# Построение графиков

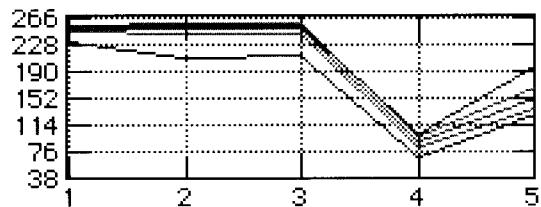
## Предварительное чтение

Гистограмма (столбцовая диаграмма), которую вы будете изучать, демонстрирует значения отражательной способности в каждой из 5 полос пропускания волн различной длины, регистрируемых спутниковым оборудованием. По горизонтальной оси гистограммы номера от 1 до 5 соответствуют полосам пропускания синего, зеленого и красного видимого света и излучения в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах. По вертикальной оси откладывается уровень отражательной способности от 0 (отсутствие отражения) до 255 (максимальная отражательная способность). Иногда значения, регистрируемые по вертикальной оси, превышают уровень, равный 255, но значения, отображаемые на графике, никогда не превосходят 255. Следует отметить, что значения, отображенные на графике, имеют смысл только в точках пересечения с вертикальными прямыми, соответствующими горизонтальным позициям 1, 2, 3, 4 или 5. Отрезки, соединяющие эти точки, не соответствуют каким-либо значениям отражательной способности волн другой длины. Они просто облегчают чтение графика.

Красной линией обозначается среднее значение отражательной способности, рассчитанное для всех пикселов выбранного участка. Зелеными линиями обозначены все значения отражательной способности, не отличающиеся от среднего значения более чем на 1 единицу стандартного (среднеквадратического) отклонения. Синими линиями обозначаются максимальные и минимальные значения. Формальное определение стандартного отклонения еще не разработано. В данном случае зелеными линиями ограничивается полоса значений, соответствующая примерно 66% общего количества значений отражательной способности, полученных для выбранного участка.

С математической точки зрения, основное внимание следует уделять интерпретации графиков. Вы будете просматривать графики, которые автоматически масштабируются программой таким образом, чтобы они заполняли окно просмотра. Хотя это удобно, в результате расстояния между делениями вертикальной шкалы графика могут резко изменяться, что может приводить пользователя в замешательство. Таким образом, хотя два графика могут походить один на другой, фактический вертикальный диапазон изменения значений на этих графиках может быть совершенно различным. (Мы хотим подчеркнуть разницу между графиками, относительная форма которых может быть одинакова, но абсолютная форма которых различна.)

Например, взгляните на два графика, приведенные на следующей странице. Хотя их относительная форма примерно одинакова, их абсолютные формы совершенно различны. На гистограмме слева наблюдается резкое понижение значений в полосе пропускания 4, так же, как и на гистограмме справа. Тем не менее, понижение, наблюдаемое на гистограмме справа, незначительно по сравнению с понижением, отображенном на гистограмме слева! При этом понижение на правой гистограмме кажется более выраженным. Только внимательно рассмотрев значения вертикальной шкалы, мы понимаем, что понижение значений на гистограмме слева соответствует изменению интенсивности отражения на почти 200 единиц, в то время как понижение значений на гистограмме справа соответствует уменьшению значений интенсивности отражения только на 9 единиц. Относительное расположение понижений на обоих графиках одинаково, но абсолютная величина этих понижений совершенно различна.



## **Каким образом участки изображения классифицируются и различаются с помощью гистограмм?**

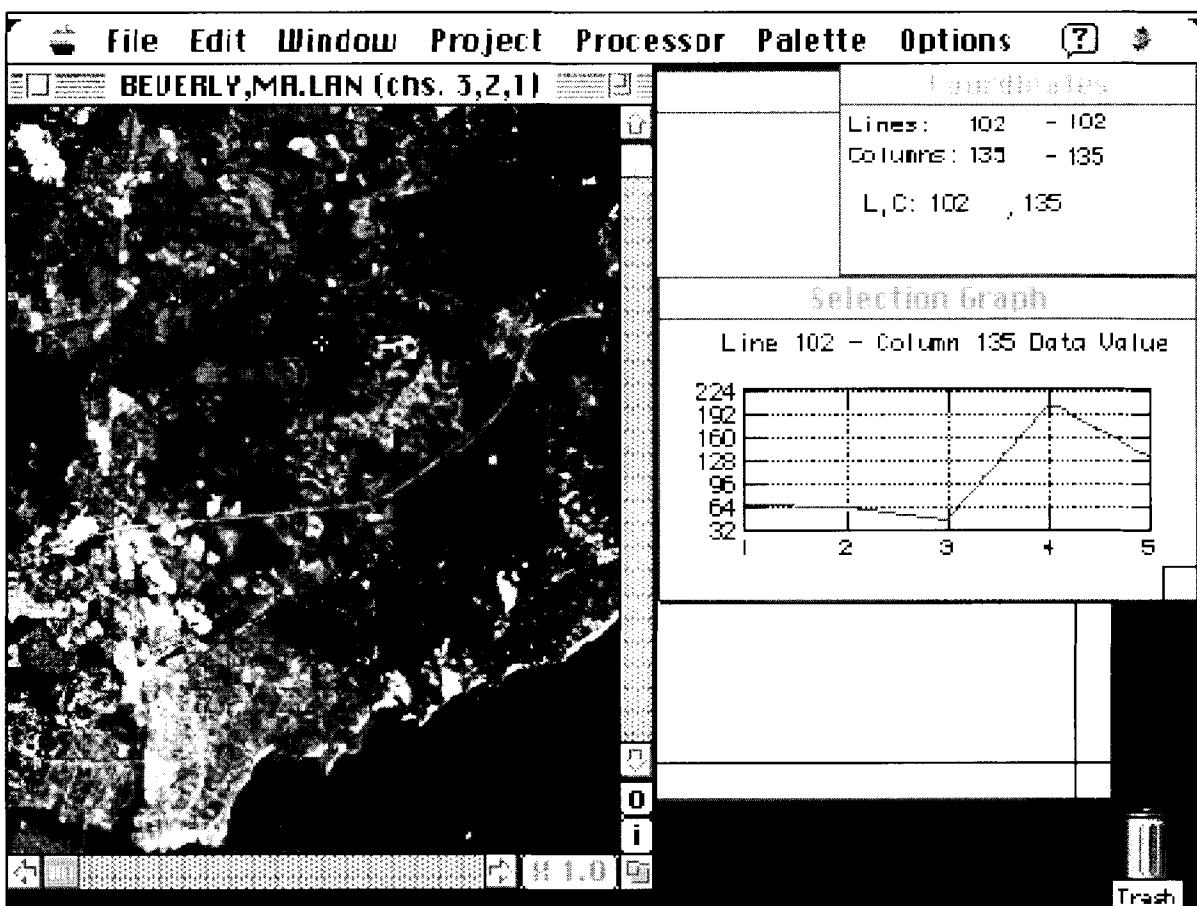
Вы уже, вероятно, понимаете, что изучаемые нами изображения были подготовлены на основе цифровых значений интенсивности света, отраженного в различных полосах частотного диапазона. Растигивание изображения и присвоение различных цветов различным длинам волн (полосам пропускания) помогло нам распознавать фактически различные участки изображения, которые на первый взгляд выглядели сходными. Но некоторые участки компьютерного изображения могут выглядеть сходными даже в том случае, если им соответствуют различные объекты на поверхности Земли. В ходе настоящего занятия мы научимся пользоваться еще одним средством программы MultiSpec, помогающим классифицировать и распознавать различные участки изображений.

### **Правильное расположение окон**

Запустите программу MultiSpec и откройте изображение города Беверли, штат Массачусетс. Присвойте красному, зеленому и синему цветам значения каналов 3, 2 и 1, чтобы получить изображение в истинных цветах.

Выберите функцию «**Вывод координат выбранного участка на дисплей»** (Show Selection Coordinates) в меню «**Варианты**» (Options). После этого выберите функцию «**Новый график параметров выбранного участка**» (New Selection Graph) в меню «**Варианты**» (Options). Выберите щелчком мыши любую точку в окне просмотра изображения, чтобы выделить это окно, а затем выберите еще одним щелчком мыши любой пиксель изображения.

Изменяя размеры окон с помощью поля в нижнем правом углу каждого окна и перемещая окна (перетаскивая мышью строку заголовка окна), расположите окна так, чтобы их конфигурация походила на конфигурацию окон на приведенной ниже иллюстрации.



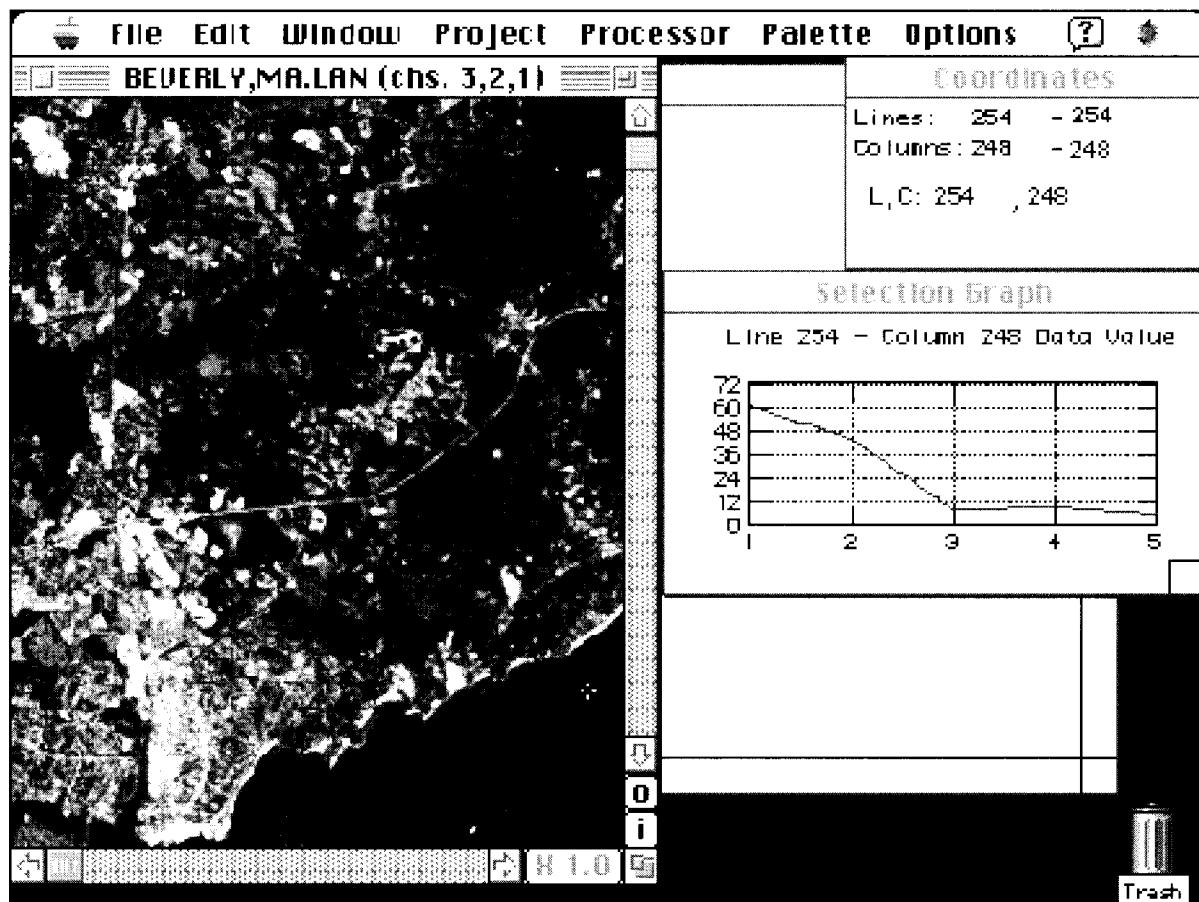
## **Окно координат**

В верхнем правом углу иллюстрации показано окно координат (Coordinates). С помощью этого окна пользователь узнает, какой именно участок изображения он выбрал щелчком мыши. Координаты курсора приводятся в виде пар значений, причем первое значение в паре соответствует номеру строки, а второе — номер столбца изображения. В примере на иллюстрации выбранный пользователем пиксель занимает позицию с координатами (102, 135). В зависимости от степени увеличения изображения для того, чтобы найти тот или иной пиксель изображение, может потребоваться перемещение изображения с помощью стрелок прокрутки.

## **График параметров выбранного участка**

Снизу от окна координат расположено окно графика параметров выбранного участка. Этим окном вы научитесь пользоваться в процессе работы с компьютером. В этом окне приводится график значений отражательной способности пикселя или группы пикселов, которые вы выбрали. На приведенной выше иллюстрации выбранный пользователем пиксель находится в позиции с координатами (102, 135).

График позволяет получить ценную аналитическую информацию. По горизонтальной оси откладываются значения 1, 2, 3, 4 и 5, которые соответствуют полосам пропускания синего, зеленого и красного видимого света, а также ближнему инфракрасному и среднему инфракрасному диапазонам излучения, регистрируемого оборудованием спутников Landsat. По вертикальной оси графика откладываются числовые значения отражательной способности, которые могут изменяться в диапазоне от 0 до 255. Нулевое значение отражательной способности соответствует практическому



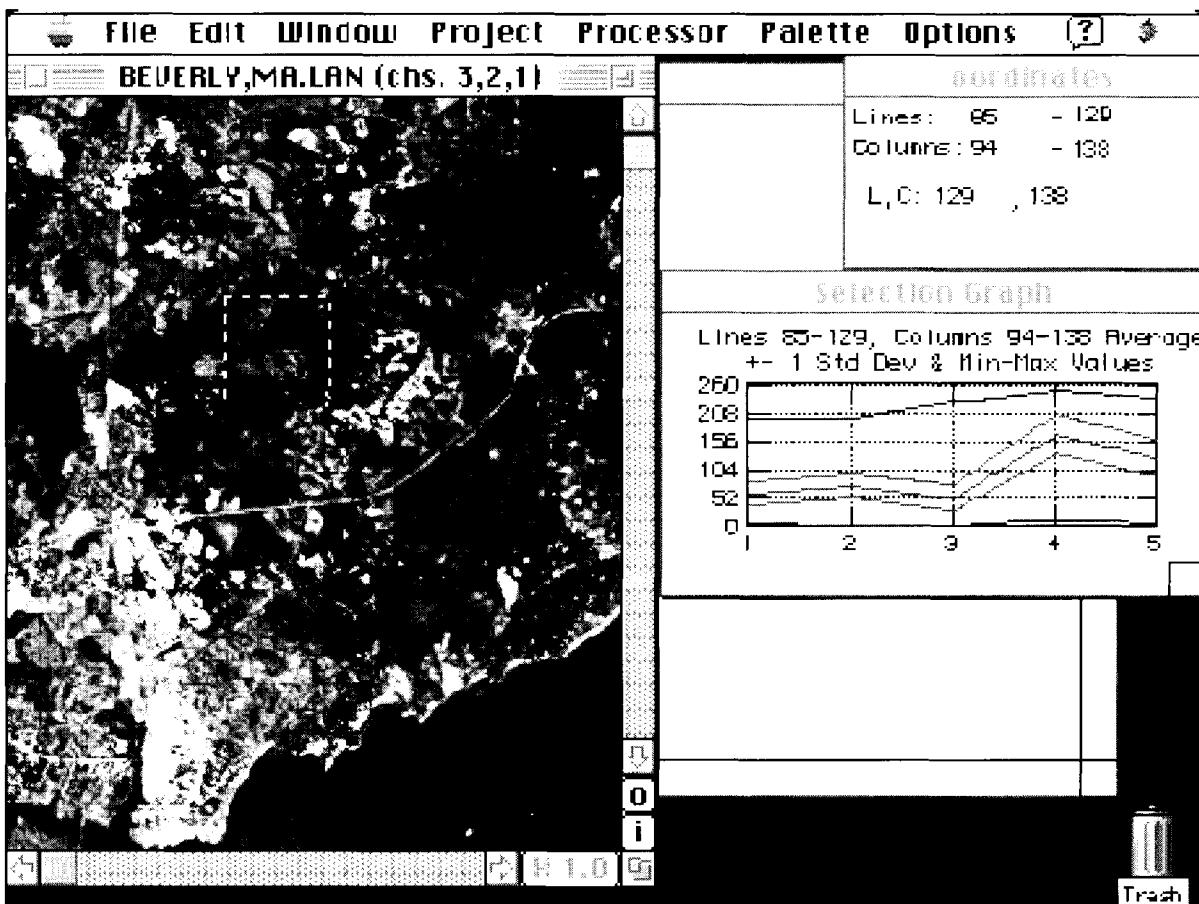
Следует отметить, что в данном случае отражательная способность поверхности Земли ниже во всех полосах пропускания, чем в случае ранее выбранного пикселя с координатами (102, 135).

отсутствию отраженного света, а значение 255 соответствует большому количеству отраженного света. Следует помнить о том, что значения, полученные для отдельного пикселя, могут оказаться результатом растягивания изображения. Выбранный нами пиксель изображения отличается наибольшей яркостью в полосе пропускания 4 и наименьшей яркостью в полосе пропускания 3. Это означает, что объект, расположенный в этой точке земной поверхности, отражает большее количество излучения в ближнем инфракрасном диапазоне, чем в других частях спектра.

Выберите щелчком мыши любую точку окна просмотра изображения, чтобы выделить его, после чего выберите щелчком мыши пиксель с координатами (L,C) = (254, 248), т. е. в нижней части изображения, в районе океана. Значения коэффициентов отражения в этой точке будут составлять примерно 60, 44, 10, 11 и 6. У вас на экране должно появиться примерно такое же изображение, как на приведенной ниже иллюстрации.

Эта разница имеет смысл, так как мы ожидаем, что океан будет темнее суши. Если вы когда-нибудь летели на самолете над океаном и над лесом, вы заметили, наверное, что океан выглядит почти черным, тогда как лес кажется более светлым, чем с поверхности Земли. Тот факт, что вода поглощает почти всю энергию излучения Солнца, помогает определить с помощью спутникового изображения, покрыт ли темный участок поверхности Земли водой.

Теперь нажмите кнопку мыши и перетащите курсор так, чтобы выбрать прямоугольный участок изображения, содержащий множество пикселов. Мы выбрали прямоугольник, левый верхний угол которого занимает позицию с координатами (L,C) = (85, 94), а правый нижний угол — позицию (L,C) = (129, 138). Постарайтесь выбрать те же координаты левого верхнего и правого нижнего углов прямоугольника. Результат показан на приведенной ниже иллюстрации.



Следует отметить, что выбранный прямоугольник содержит пять строк изображения. Красной линией на графике обозначаются средние значения отражательной способности, полученные для всех пикселов выбранного прямоугольного участка изображения. Зелеными линиями отмечена область, содержащая 66% всех значений отражательной способности в середине изображения.

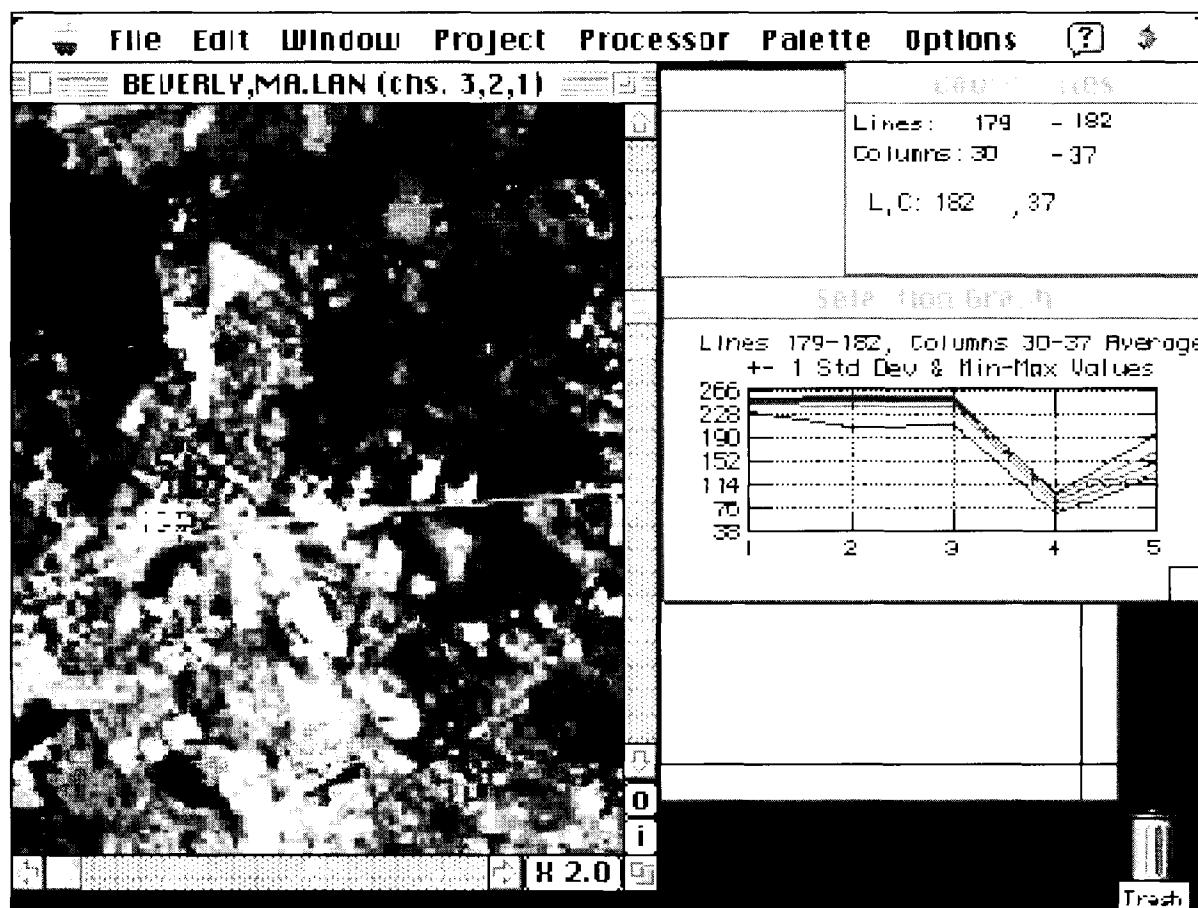
Синими линиями обозначаются максимальные и минимальные значения отражательной способности выбранных пикселов.

Например, взгляните на значение отражательной способности в полосе пропускания 4. В отношении всех пикселов, содержащихся на выбранном участке, наименьшая отражательная способность в этой полосе пропускания составляет 10 единиц, максимальное значение составляет примерно 255, 66% всех значений отражательной способности составляют от 130 до 208, и средняя отражательная способность равна примерно 160.

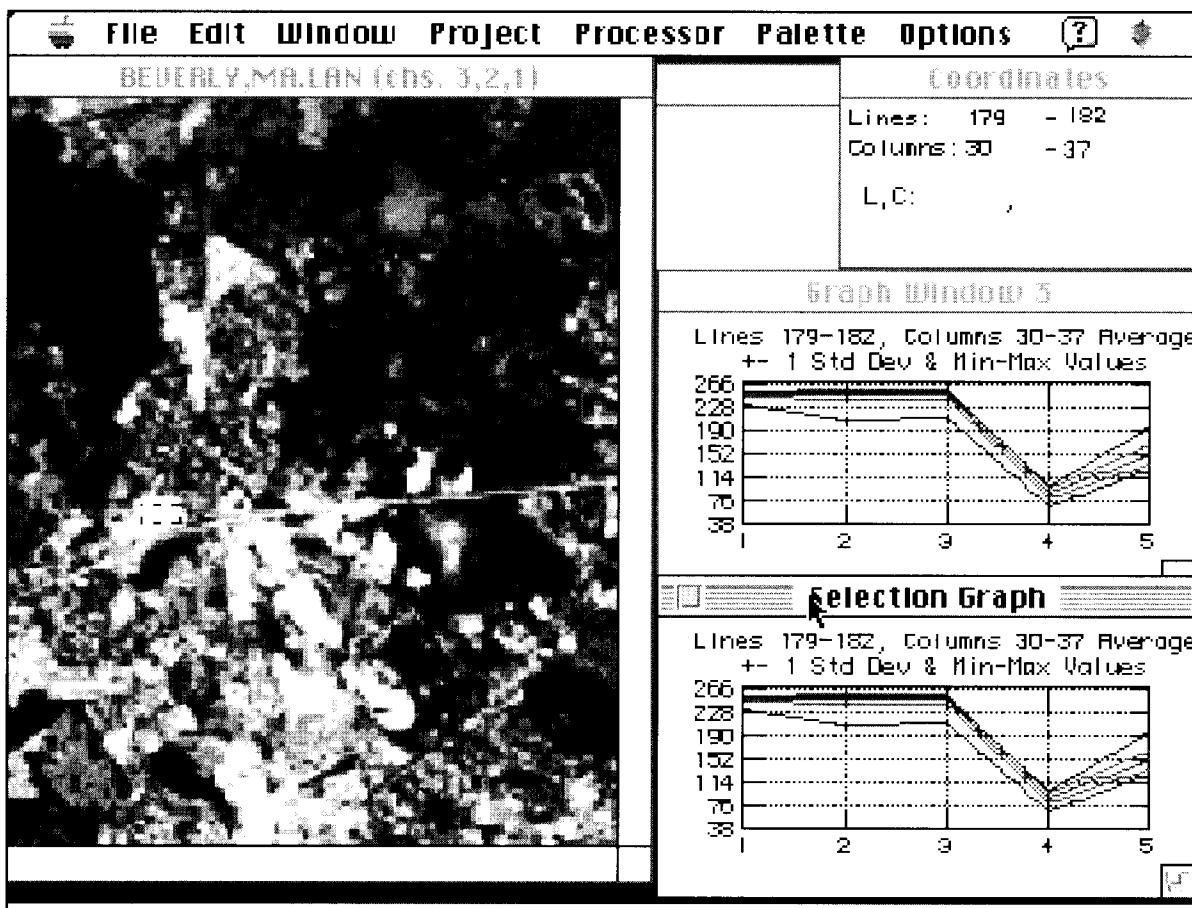
## **Использование окна гистограммы с целью распознавания различных участков изображения**

Мы можем пользоваться окном с гистограммой, чтобы определять сходные и различные участки изображения. Мы выберем интересующий нас участок изображения и сохраним (запишем на диск) относящуюся к нему гистограмму, чтобы сравнить ее с другой гистограммой, полученной для другого интересующего нас участка.

Выберите увеличение изображения «**X2.0**». Нажмите кнопку мыши и перетащите курсор мыши так, чтобы выбрать прямоугольный участок, верхний левый угол которого занимает позицию с координатами (L,C) = (179, 30), а правый нижний угол — позицию с координатами (L,C) = (182, 37) (см. приведенную ниже иллюстрацию).

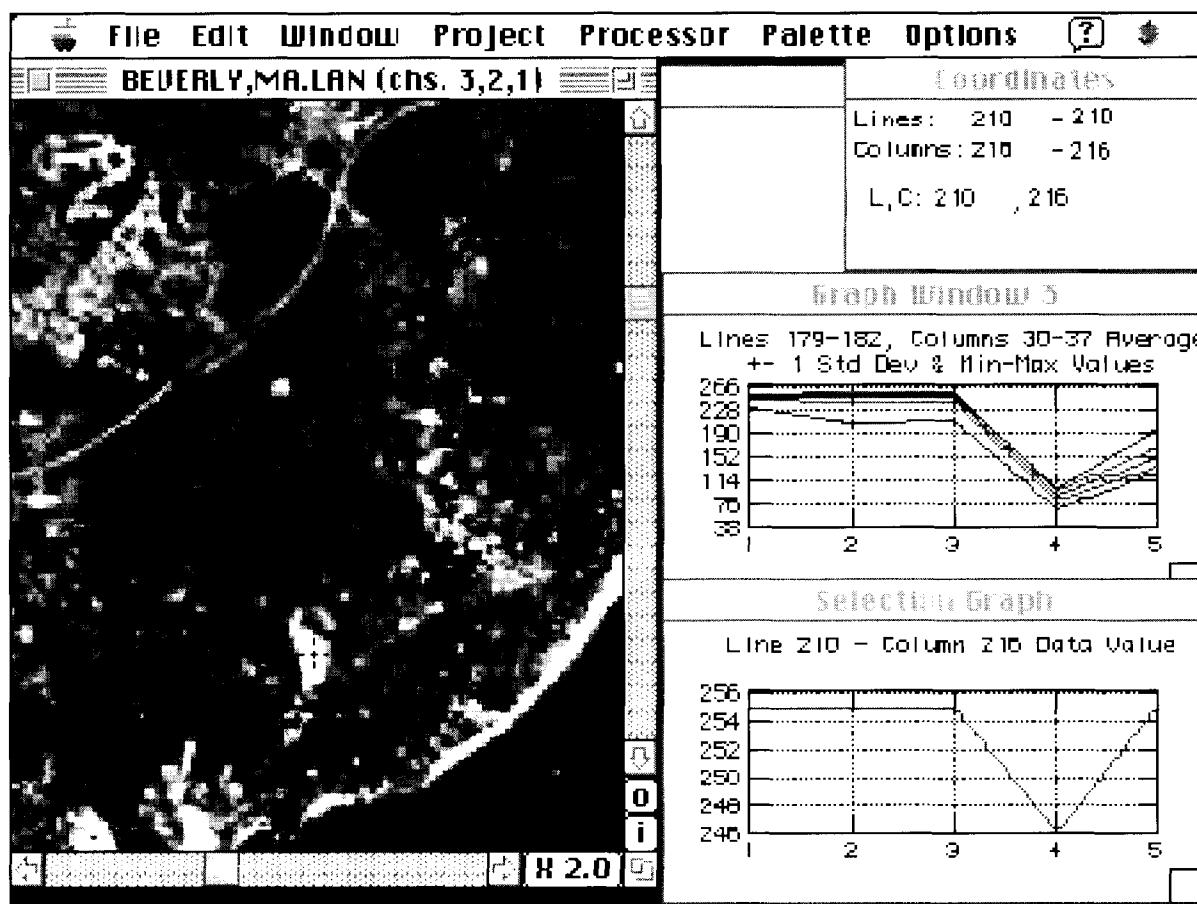


Выберите функцию «Сохранить график параметров выбранного участка» (Keep Selection Graph) в меню «Варианты» (Options). Появится новый график отражательной способности выбранного участка, тогда как предыдущий график сохранится на экране даже после того, как вы выберете новый участок. Поместите график параметров второго выбранного участка под первым графиком (см. приведенную ниже иллюстрацию).



Добившись того, чтобы расположение окон и графиков на экране походило на конфигурацию приведенного на иллюстрации экрана, выберите щелчком мыши окно просмотра изображения, чтобы выделить его, после чего выберите щелчком мыши пиксель изображения. Обратите внимание на то, что верхний график при этом не изменяется, тогда как нижний изменяется. Одновременный вывод обоих графиков на дисплей позволяет нам сравнивать гистограмму нового участка с сохраненной гистограммой яркого участка, заметного на изображении. Этот яркий участок расположен рядом с дорогой, в пределах города Беверли. Скорее всего, повышенная яркость этого участка вызвана отражением света от крупных зданий с металлическими или бетонными покрытиями крыш.

Выберите только один пиксель с координатами  $(L,C) = (210, 216)$  на другом ярком участке, находящемся далеко за пределами города Беверли. Может ли этот участок также соответствовать району, застроенному зданиями? Давайте сравним гистограмму этого пикселя с гистограммой первого участка и попробуем определить, насколько сходны или различны эти зарегистрированные объекты. После выбора пикселя с координатами  $(L,C) = (210, 216)$  результатирующий экран должен походить на приведенную ниже иллюстрацию.



### Абсолютная и относительная разница

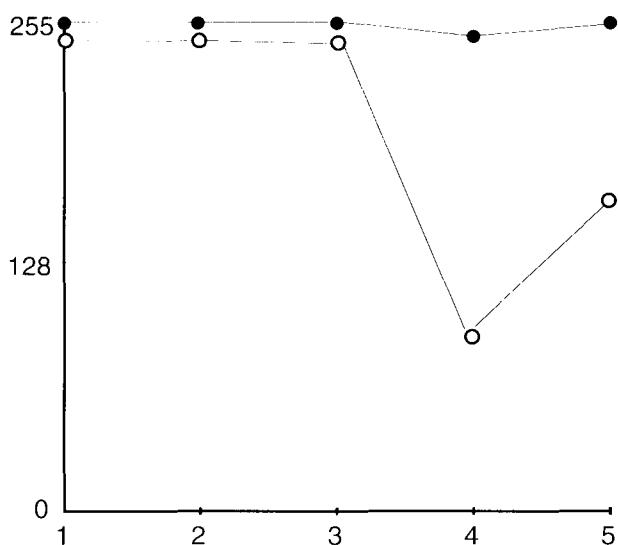
На иллюстрации, приведенной выше, сверху показан график параметров отражательной способности яркого объекта, находящегося в городе Беверли, а под ним — график параметров яркого объекта, расположенного в точке с координатами (210, 216), где находится крестообразный курсор. Одинаковы ли эти яркие участки? Относящиеся к ним графики очень похожи. На обоих графиках заметно понижение отражательной способности в полосе пропускания 4.

На первый взгляд можно было бы заключить, что оба графика почти одинаковы. Но если нам действительно важно знать, какие объекты расположены на этих участках, следует произвести проверку непосредственно на поверхности Земли. Иногда такая проверка, однако, стоит слишком дорого или практически не целесообразна. В таких случаях более внимательное изучение графиков может оказаться единственным способом идентификации объектов.

Рассмотрите оба графика более внимательно. В частности, обратите внимание на вертикальную ось значений отражательной способности. Программа MultiSpec автоматически масштабирует график в зависимости от диапазона между минимальным и максимальным значениями по вертикальной оси. В результате показанная часть вертикальной оси может соответствовать лишь небольшой части общего диапазона возможных значений отражательной способности. Преимущество такого масштабирования состоит в том, что мы видим только ту часть диапазона, которая содержит зарегистрированные значения. Недостаток, однако, заключается в том, что сравнение двух графиков с различными диапазонами по вертикали может вводить невнимательного исследователя в заблуждение.

Обратите внимание на то, что линия на верхнем графике снижается с уровня примерно 200 в полосах пропускания 1—3 до уровня примерно 90 в полосе пропускания 4. На нижнем графике линия опускается с уровня 255 в полосах пропускания 1—3 до уровня 246 в полосе пропускания 4. В масштабе общего диапазона возможных значений, это очень незначительное изменение: разница составляет только 9 единиц, в то время как на другом графике разница между уровнями отражательной способности составляет примерно 150 единиц! Если сравнивать эти графики в абсолютной системе отсчета, наблюдается очень значительная разница между ними.

Причина того, почему на первый взгляд графики казались похожими, заключается в сходстве относительной формы двух графиков. Для обоих графиков характерно снижение отражательной способности в полосе пропускания 4. Для того, чтобы выявить разницу между двумя графиками и сделать ее более очевидной, можно построить оба графика в одном и том же масштабе (см. рис. ниже).



Объект, для которого характерно резкое снижение отражательной способности в полосе пропускания 4, отражает очень небольшое количество инфракрасного излучения. Гистограмма отражательной способности другого объекта показывает, что он отражает большое количество излучения во всех полосах пропускания, регистрируемых оборудованием спутника Landsat.

Вывод заключается в том, что необходимо проверять, является ли замечаемое сходство (или различие) между графиками абсолютным или относительным.

### **Распознавание объектов: еще одно упражнение**

Яркие объекты, расположенные в левой части изображения (в центре города Беверли), скорее всего, являются зданиями. Теперь у нас есть свидетельства (гистограммы), позволяющие предположить, что яркий объект в правой части экрана не является районом городской застройки. Мы определили, что между этими двумя, казалось бы, сходными объектами существует разница.

Но вопрос остается открытым: какому объекту соответствует яркий участок в правой части изображения?

Увеличьте изображение в два раза (**X2.0**) и переместите неизвестный яркий участок в центральную часть экрана. Обратите внимание на то, что на изображении заметны три пары темных и светлых участков, причем их форма и ориентация примерно одинаковы. Темные участки находятся на одном

и том же расстоянии слева и сверху от ярких участков. Если эта мысль еще не пришла вам в голову, задайте себе вопрос: может быть, это облака и отбрасываемые ими тени?

Сходство формы отдельных ярких элементов позволяет предположить, что мы рассматриваем облака и их тени. Обратите внимание, например, на то, насколько форма темного объекта в паре А

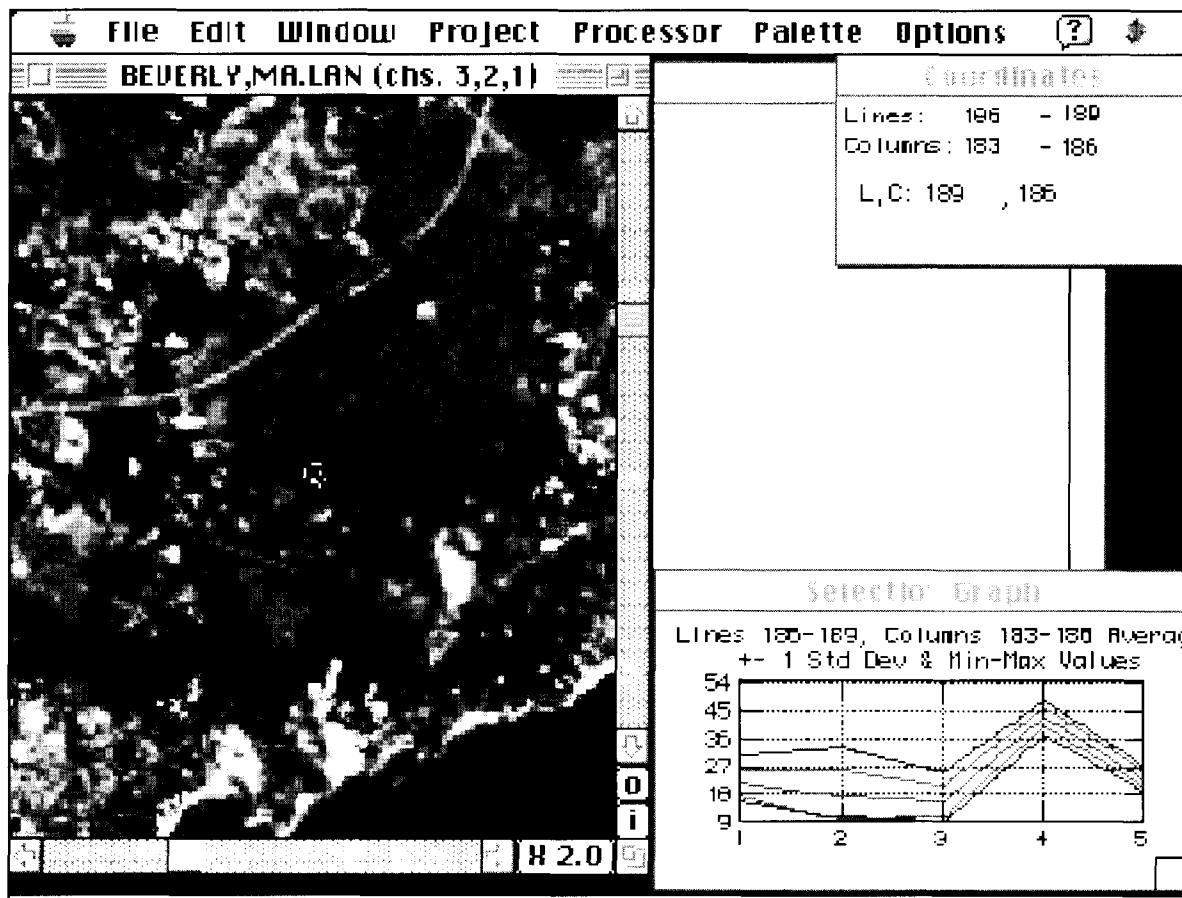


соответствует форме светлого объекта в паре А на приведенной ниже иллюстрации. Конечно же, это облака и их тени!

Давайте, однако, проявим скептицизм. Каким еще объектам могут соответствовать эти темные участки? Может быть, это озера? Получим гистограмму параметров отражательной способности одного из этих темных участков и сохраним ее. Потом мы получим гистограмму параметров участка, который, как нам точно известно, является озером, и сравним полученные гистограммы. Ниже приводится описание операций, которые требуется выполнить, чтобы произвести такое сравнение и идентифицировать изучаемые участки.

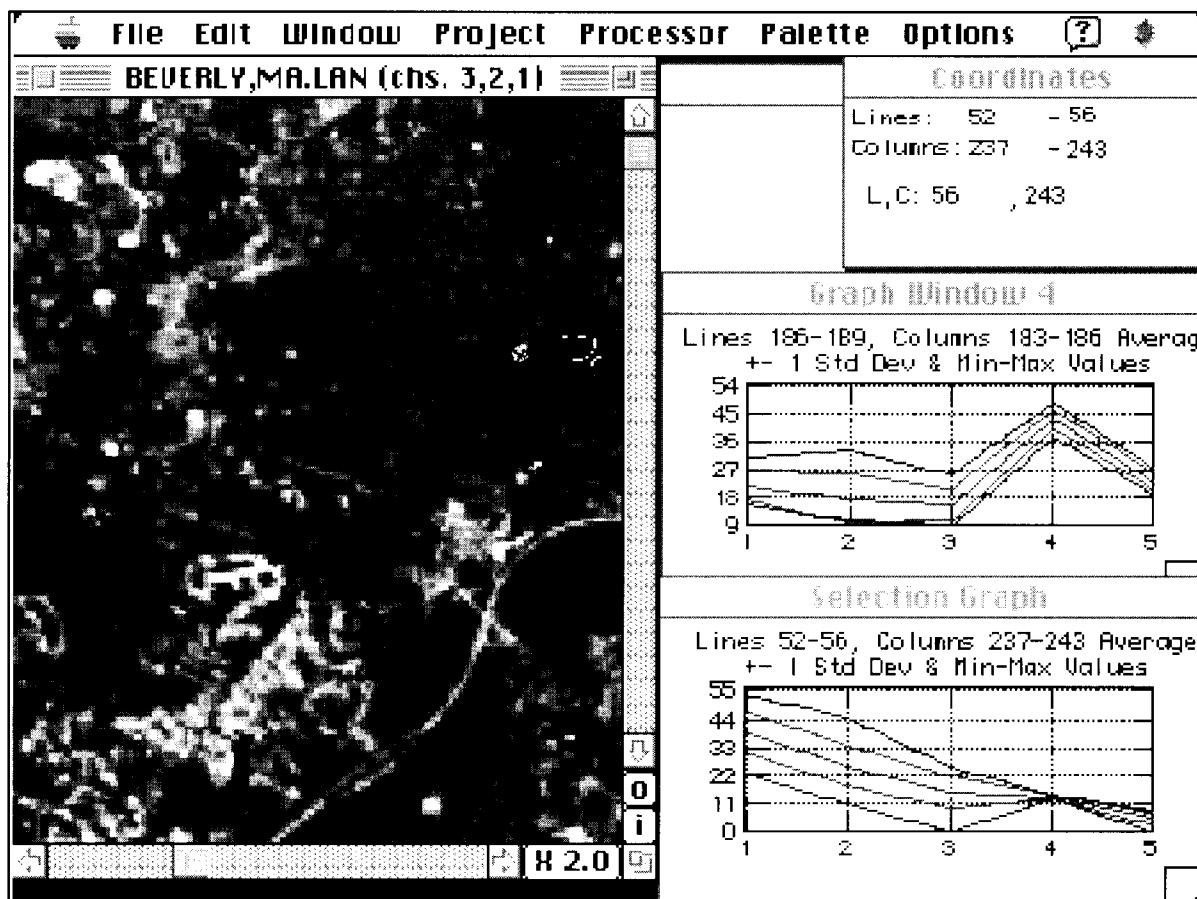
Выберите щелчком мыши верхнее окно с графиком, чтобы выделить его. Затем нажмите щелчком мыши на поле в верхнем левом углу окна, чтобы закрыть окно со старой гистограммой.

Выберите щелчком мыши окно просмотра изображения, чтобы выделить его. Затем выберите прямоугольный участок, содержащий пиксели от  $(L,C) = (186, 183)$  до  $(L,C) = (189, 186)$ . Этот участок соответствует темному объекту, который может оказаться тенью облака или озером. Можно рассматривать изображение в увеличении (**X2.0**) или без увеличения (**X1.0**). В результате экран должен походить на иллюстрацию, приведенную ниже.



После того, как экран вашего компьютера будет походить на приведенную выше иллюстрацию, переместите график параметров выбранного участка из нижнего положения в верхнее (туда, где находился предыдущий график). Затем выберите функцию **сохранения графика** параметров выбранного участка (**Keep Selection Graph**) в меню «**Варианты**» (**Options**). После этого в находящемся сверху в правой части экрана окне будет постоянно находиться гистограмма параметров отражательной способности возможной тени облака. Разместите окно для нового графика в нижней правой части экрана.

Затем найдите озеро. Выберите щелчком мыши окно просмотра изображения, чтобы выделить его, после чего переместите изображение вверх и выберите прямоугольник, содержащий пиксели от  $(L,C) = (52, 237)$  до  $(L,C) = (56, 243)$ . На основе данных, полученных на поверхности Земли, точно известно, что этот на этом участке находится озеро. В нижнем правом окне экрана должна появиться гистограмма отражательной способности озера. После выбора участка озера экран вашего компьютера должен походить на иллюстрацию, приведенную ниже.



Обратите внимание на то, что вертикальные шкалы обоих графиков почти идентичны. Мы можем производить непосредственное сравнение этих графиков, не опасаясь того, что мы будем введены в заблуждение кажущимся сходством графиков, фактически различных в абсолютной системе отсчета.

В верхнем правом окне приведена гистограмма отражательной способности участка, который, как мы предположили, является тенью облака, а в нижнем правом окне — гистограмма отражательной способности озера. Одинаковы ли эти графики? Нет. Озеро поглощает гораздо большее количество излучения в ближнем инфракрасном диапазоне (в полосе пропускания 4), чем тень облака. Разница между значениями отражательной способности двух участков в полосе пропускания 4 составляет примерно 44:11, т. е. поверхность Земли, закрытая тенью облака, отражает излучение в ближнем инфракрасном диапазоне примерно в 4 раза интенсивнее, чем озеро. Такая разница вполне объяснима, так как деревья в тени облака отражают большее количество инфракрасного излучения, чем озеро, поглощающее большую часть этого излучения.

Наше исследование закончилось. Воспользовавшись гистограммами, мы идентифицировали облака и их тени на спутниковом изображении. Теперь вы можете самостоятельно пользоваться гистограммами, идентифицируя различные интересные объекты на изображении района города Беверли.

## **Что это такое?**

Пользуясь программными средствами построения гистограмм отражательной способности объектов, изучите изображение района города Беверли, штат Массачусетс, и попробуйте найти другие участки изображения, сходные на первый взгляд, для которых характерны различные характеристики отражательной способности. Сравнивая характеристики участков, вы можете выводить на экран, для сравнения, до 12 различных гистограмм одновременно.

Ниже приводятся примеры исследовательских задач, которые вы можете выполнить.

Определите, чем отличаются характеристики отражательной способности пляжей и береговой линии от характеристик прибрежного мелководья.

Определите разницу между отражательной способностью покрытия дорог или автомобильных стоянок и отражательной способностью крыш зданий.

Изучите характеристики отражательной способности различных типов растительного покрова, сходных по своей окраске, но отличающихся различными параметрами отражательной способности.

Подробно изучите характеристики берегового участка, т. е. перехода от суши к морю. Например, получите поочередно гистограммы для пикселя с координатами (138, 397) и расположенных к востоку от него пикселов с координатами (138, 398), (138, 399), (138, 400), ... до (138, 412).

Если вы обнаружите какое-либо интересное явление, подготовьте описание, позволяющее другим повторить ваши операции и познакомиться с тем же явлением. Такое описание должно быть достаточно подробным для того, чтобы другие учащиеся могли успешно повторить ваш опыт. Кроме того, подготовьте описание результатов анализа изученных вами объектов. Обосновывайте любые сделанные вами выводы с помощью гистограмм отражательной способности соответствующих объектов. Вы можете копировать гистограммы, генерированные программой MultiSpec, и переносить их с помощью межпрограммной копировальной панели (Clipboard) в другие прикладные программы, такие, как программы для редактирования текстов, формируя компьютерную библиотеку характерных гистограмм отражательной способности определенных объектов. Впоследствии вы сможете изучить характеристики неизвестного объекта и идентифицировать его, сравнивая относящуюся к нему гистограмму с гистограммами, сохраненными в компьютерной библиотеке.

## Определение площади участков неправильной формы

Лесистые участки и озера, как правило, имеют неправильную форму. В этом разделе учебного пособия разъясняются методы определения площади объекта неправильной формы.

### Метод определения площади с помощью описывающего и вписанного прямоугольников

Этот метод позволяет переоценить площадь участка с помощью описывающего его прямоугольника и недооценивать ее с помощью вписанного прямоугольника, находя среднее значение, приблизительно соответствующее площади участка неправильной формы.

В приведенном ниже примере мы определяем площадь острова в океане у побережья в районе города Беверли, штат Массачусетс. На рис. 1 показан прямоугольник, описывающий участок, площадь которого больше фактической площади острова.

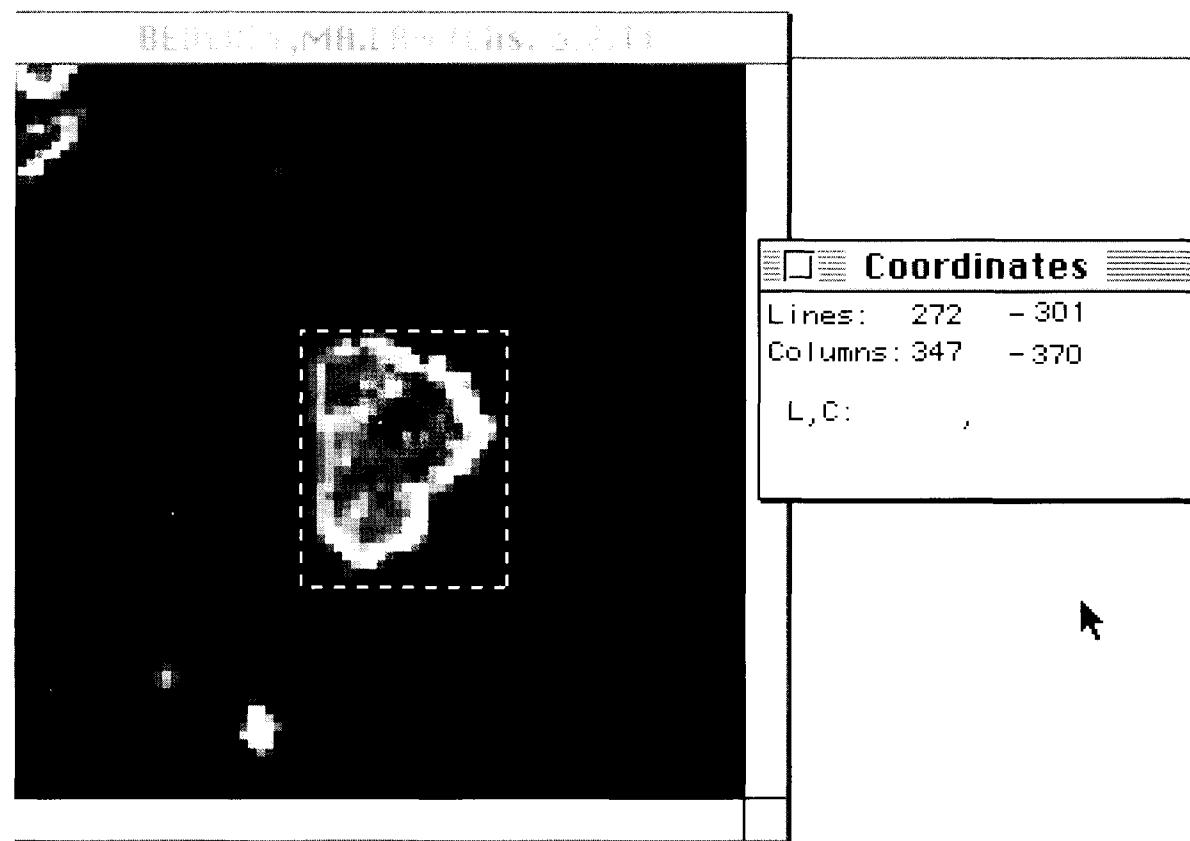


Рис. 1

Для того, чтобы определить координаты выбранного участка, выберите функцию «Вывод на дисплей координат выбранного участка» (Show Selection Coordinates) в меню «Варианты» (Options) (см. окно с координатами на рис. 1).

Допустим, что окно, содержащее изображение, представляет собой большую координатную сетку с координатами левого верхнего угла (0, 0), координатами верхнего правого угла (512, 0), координатами нижнего левого угла (0, 512) и координатами нижнего правого угла (512, 512) (см. рис. 2). Горизонтальные строки изображения нумеруются так же, как строки таблицы. Вертикальные столбцы изображения нумеруются так же, как столбцы таблицы.

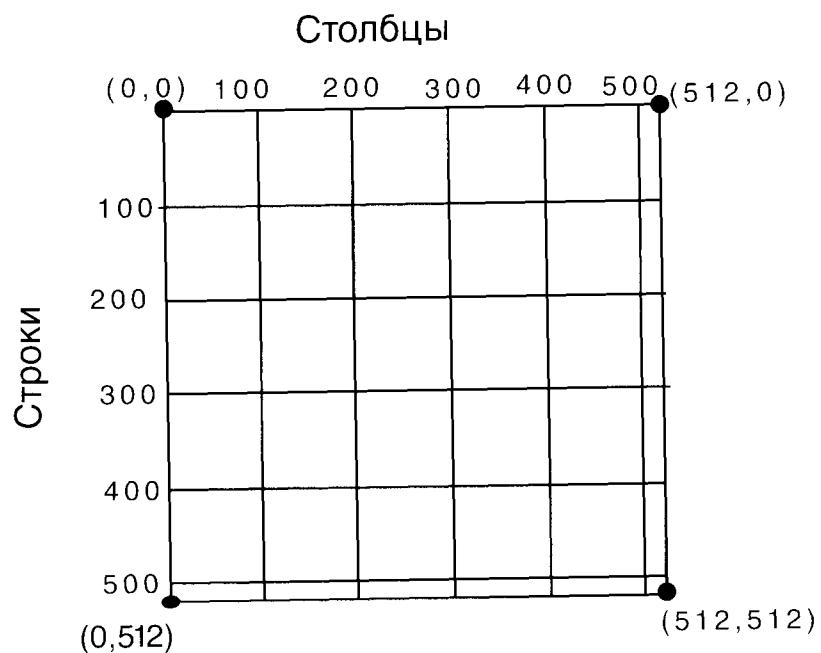


Рис. 2

Участок, выбранный на рис. 1, занимает строки от 272 до 301 и столбцы от 347 до 370. Так как  $301 - 272 = 29$ , высота выбранного участка составляет 29 пикселов или  $30 \times 29 = 870$  метров. Количество занимаемых участком столбцов составляет  $370 - 347 = 23$  пикселя, или  $30 \times 23 = 690$  метров. Таким образом, площадь выбранного на рис. 1 прямоугольного участка равна  $870 \times 690 = 600300$  квадратных метров.

Выполним такие же операции, чтобы определить площадь участка, выделенного на рис. 3.

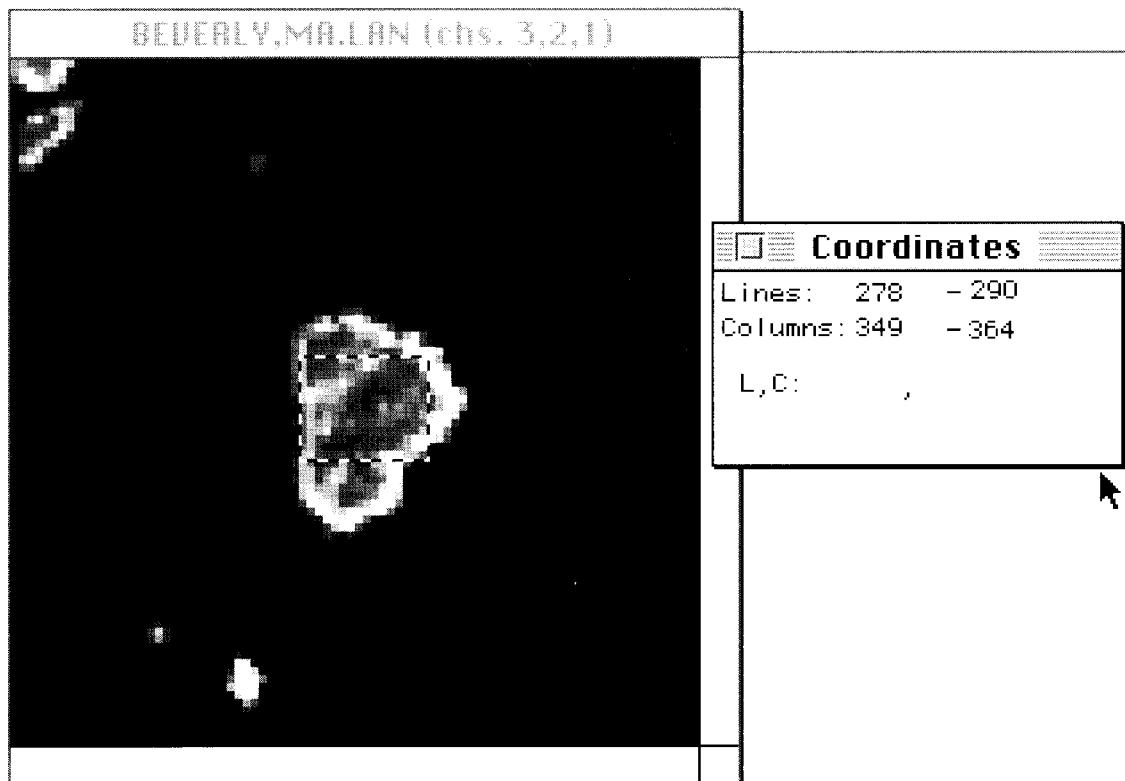


Рис. 3

$(290 - 278) \times 30 = 360$  метров;  $(364 - 349) \times 30 = 450$  метров. Площадь участка равна  $360 \times 450 = 162000$  квадратных метров.

Пользуясь полученной информацией, рассчитаем приблизительную площадь острова.

$(600300 + 162000)/2 = 381150$  квадратных метров. Если допустить, что результат получен с точностью до одной наиболее значащей цифры, площадь острова составляет примерно 400 тысяч квадратных метров.

На этом заканчивается учебное пособие по использованию основных функций программой MultiSpec. Теперь вы можете пользоваться изученными методами, исследуя спутниковые изображения своего района. Программное обеспечение MultiSpec позволяет выполнять многие другие функции, о которых говорится в следующей части учебного пособия, предназначеннай для более опытных пользователей.

# **Установка программы MultiSpec<sup>©</sup> на компьютере, совместимом с IBM**

- Включите компьютер.
- Создайте каталог **MULTSPEC** на жестком диске, чтобы копировать в него файлы.
- Скопируйте файл **MULTSPEC.EXE** (если в вашем компьютере не установлен математический сопроцессор) или файл **MULTSPEP.EXE** (если в вашем компьютере установлен математический сопроцессор) в новый каталог **MULTSPEC** на жестком диске.
- Вставьте в дисковод дискету с надписью «**Beverly,MA**» на ярлыке.
- Скопируйте файл **BEVERLY.LAN** в каталог **MULTSPEC** на жестком диске, содержащий исполнительный файл программы MultiSpec.
- Скопируйте файл **BEVERLY.STA** в каталог **MULTSPEC** на жестком диске, содержащий исполнительный файл программы MultiSpec.
- **Запустите операционную систему Windows.**
- **Создайте новую программную группу (Program Group).**
  1. В меню «Файл» (File) выберите функцию «Новый файл» (New). На экране появится диалоговое окно «Новый программный объект» (New Program Object).
  2. Выберите вариант «Группа программы» (Program Group) и нажмите щелчком мыши кнопку «OK».
  3. В диалоговом окне «Свойства группы программы» (Program Group Properties) введите имя «MultiSpec» в поле «Описание» (Description).
  4. Нажмите щелчком мыши кнопку «OK». В окне программы-администратора (Program Manager) должна появиться новая группа пиктограмм.
- **Создайте новый программный элемент (Program Item).**
  1. Откройте (Open) окно созданной вами программной группы (Program Group).
  2. В меню «Файл» (File) выберите функцию «Новый файл» (New). На экране появится диалоговое окно «Новый программный объект» (New Program Object).
  3. Выберите вариант «Программный элемент» (Program Item) и нажмите щелчком мыши кнопку «OK».
  4. В диалоговом окне «Свойства группы программы» (Program Group Properties) введите имя «MultSpec» в поле «Описание» (Description).
  5. В поле «Строка команд» (Command Line) введите путь доступа, имя файла программы и расширение имени программы MultiSpec.  
Например: **C:\MULTSPEC\MULTSPEP.EXE**
  6. В поле «Рабочий каталог» (Working Directory) введите путь доступа и имя каталога, в котором записаны файлы.  
Например: **C:\MULTSPEC**
  7. Нажмите щелчком мыши кнопку «OK». В новом окне группы программы (Program Group) должна появиться пиктограмма нового программного элемента.
- Теперь вы можете запустить программу MultiSpec так же, как запускаются любые другие прикладные программы в операционной системе Windows, выбрав пиктограмму программы двойным щелчком мыши.

Примечание. Если в процессе установки параметров программы в операционной системе Windows возникнут какие-либо проблемы или если программа MultiSpec не будет запускаться, см. дополнительную справочную информацию и рекомендации по поиску и устранению причин возникающих проблем в руководстве для пользователей операционной системы Windows, поставляемом вместе с компьютером.

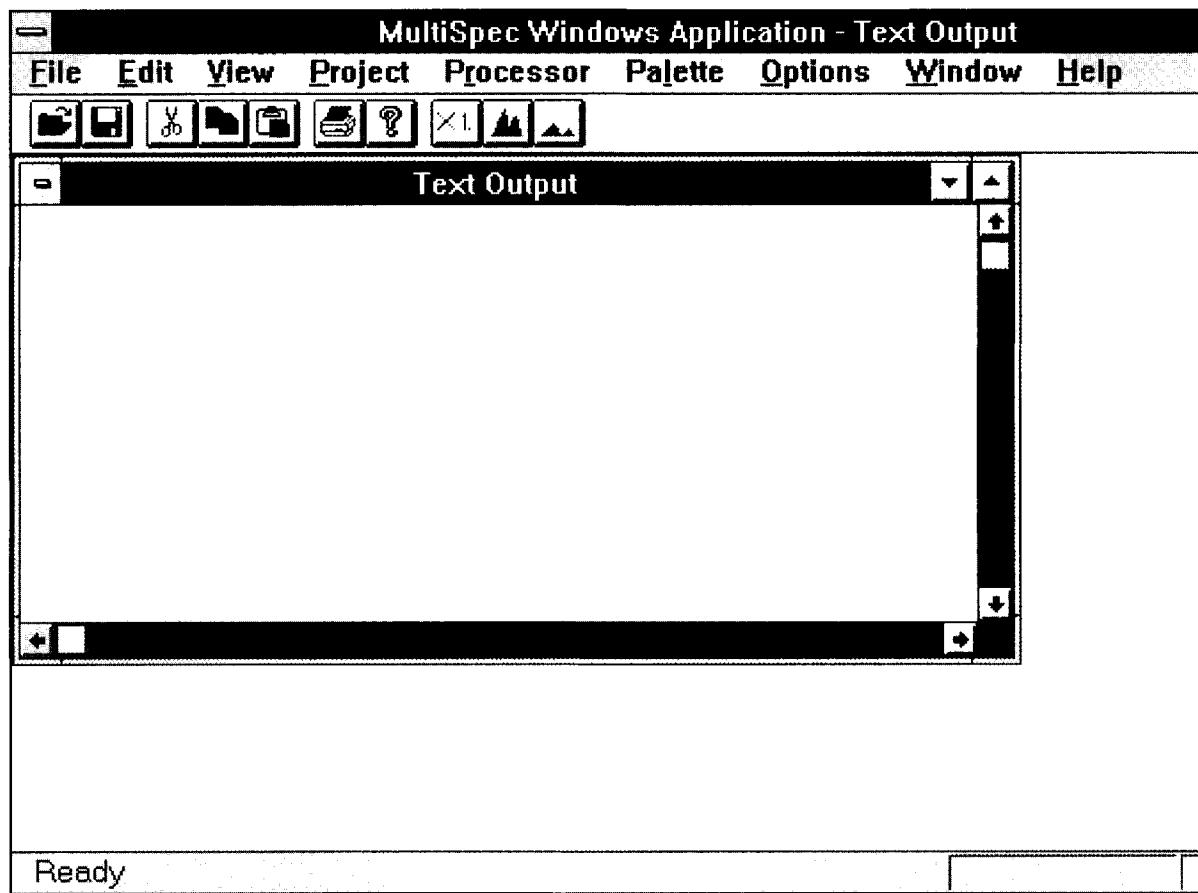
# Изучение спутникового изображения

## Требуемые материалы и оборудование

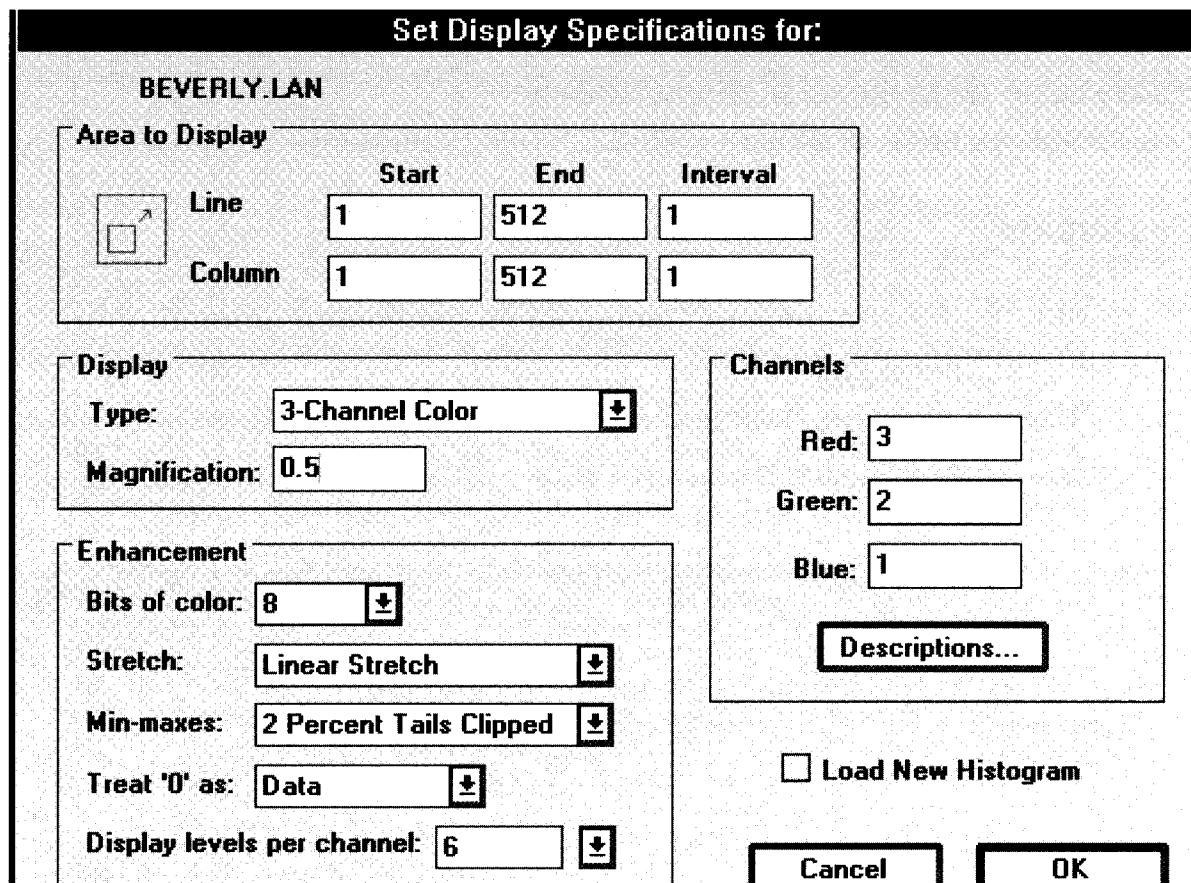
Совместимый с IBM компьютер с файлом BEVERLY.LAN, скопированным на жесткий диск.

## Подготовка

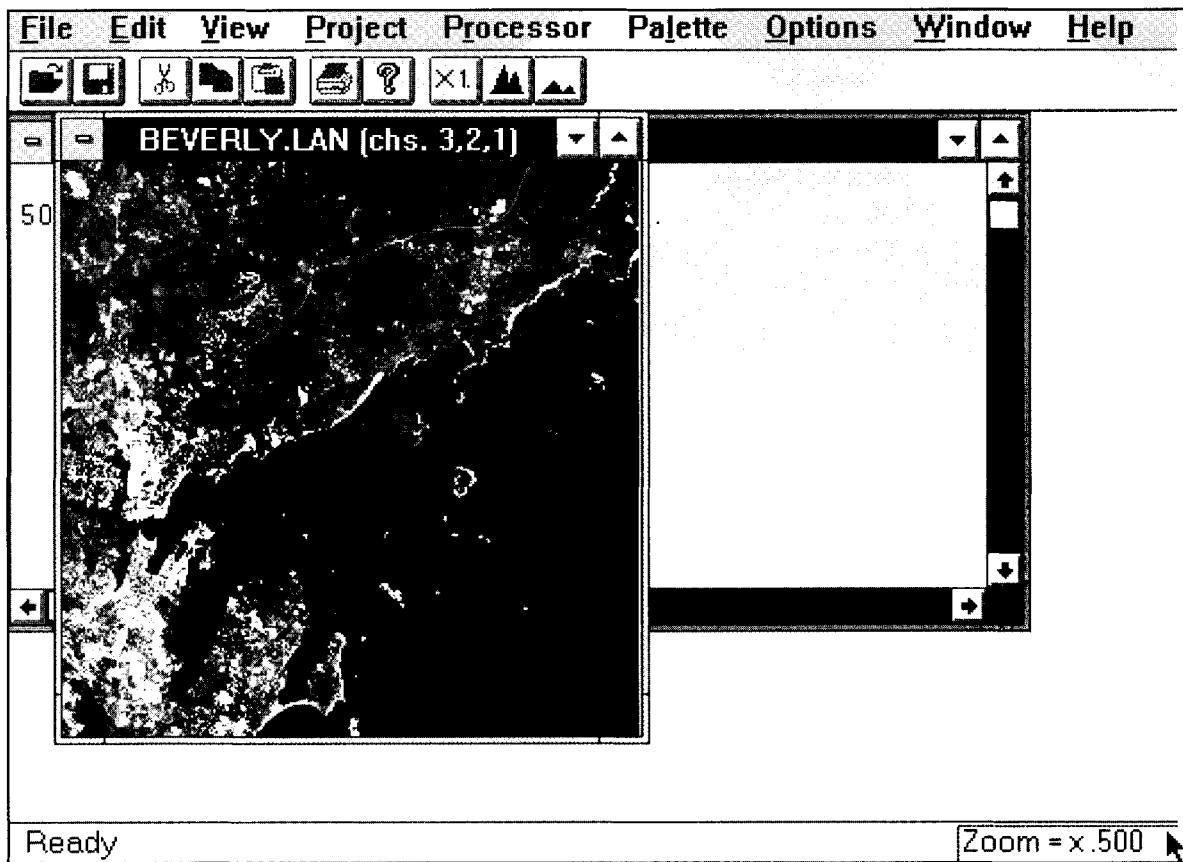
- Включив компьютер, запустите операционную систему Windows.
- Откройте окно программной группы, выбрав двойным щелчком мыши пиктограмму группы программы **MultiSpec**.
- Запустите программу **MultiSpec**, выбрав пиктограмму элемента программы MultiSpec двойным щелчком мыши. На дисплее должно появиться окно под заголовком «**Вывод текста**» (**Text Output**). Появившийся экран должен походить на приведенную ниже иллюстрацию.



- Вызовите падающее меню «Файл» (File) и выберите функцию «Открыть изображение» (Open Image). Выберите двойным щелчком мыши имя файла BEVERLY.LAN, содержащего изображение, полученное с помощью спутника Landsat.
- На экране должно появиться диалоговое окно под заголовком «Установка параметров дисплея для файла BEVERLY.LAN» (Set Display Specifications for 'BEVERLY.LAN').

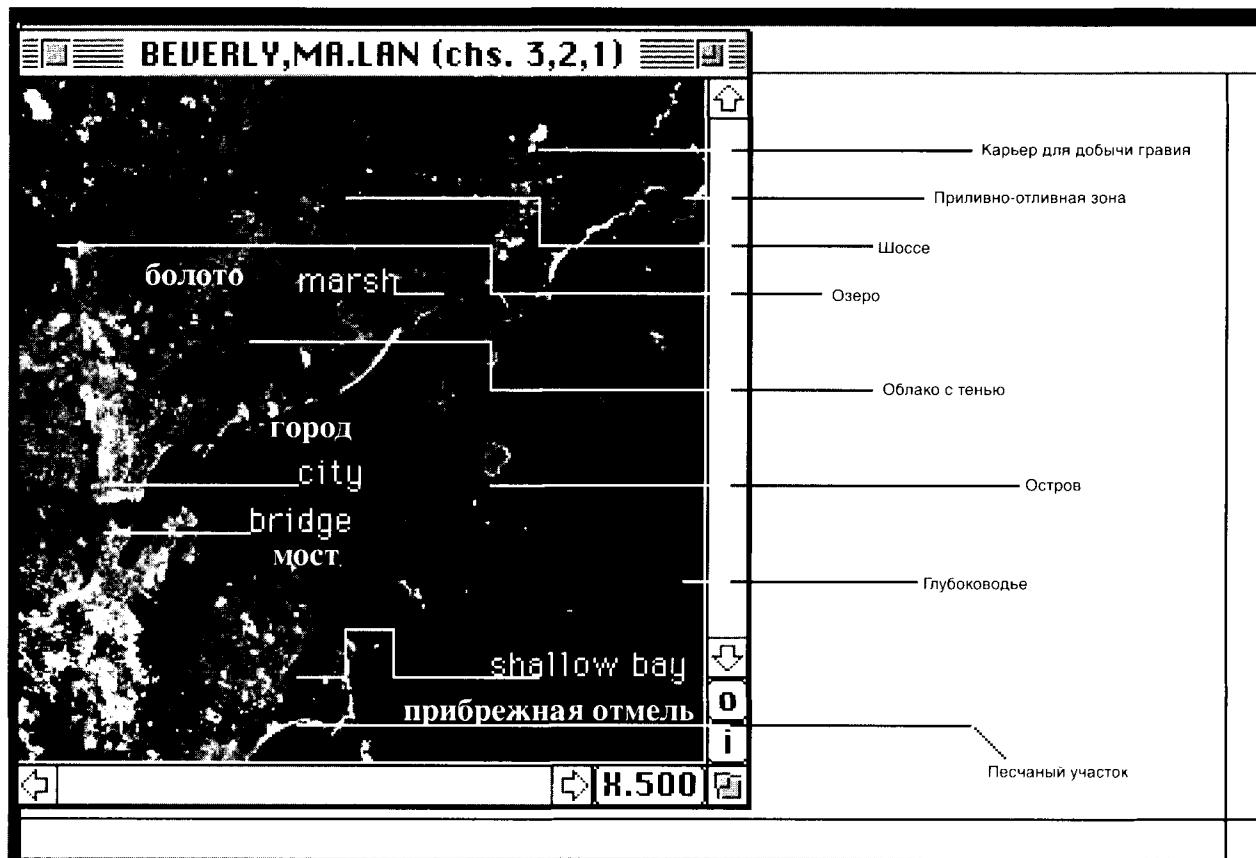


- Выберите щелчком мыши элемент окна, озаглавленный «Тип дисплея» (Display type), и убедитесь в том, что выбран **трехканальный цветной монитор (3-Channel Color)**.
- Не изменяйте **8-битовый режим обработки изображения (Bits of color: 8)!** (Если вы присвоили программе объем оперативной памяти, превышающий 8 мегабайт, и ваш компьютер поддерживает 24-битовый режим обработки изображений, вы можете выбрать щелчком мыши элемент окна «Цветовые биты» (Bits of Color) и выбрать значение «24»). Если вы выберете 24-битовый режим обработки изображений, не располагая достаточным объемом присвоенной оперативной памяти, на экране появится сообщение **«Имеющийся объем памяти недостаточен» (Not enough memory is available)**, и вы столкнетесь с проблемами при просмотре изображений на экране. Это сообщение относится не к общему объему памяти, установленной в компьютере, а к объему памяти, присвоенной данной программе.
- Перейдя к элементу окна «Каналы» (Channels), введите значение «3» в графе «Красный» (Red), значение 2 в графе «Зеленый» (Green) и значение «1» в графе «Синий» (Blue), после чего выберите щелчком мыши кнопку «OK». Для того, чтобы отредактировать значение каждого из цветовых параметров, выберите щелчком мыши пространство слева от числового значения и, не отпуская нажатую кнопку мыши, перетащите курсор вправо, или выберите элемент со значением двойным щелчком мыши. Это приведет к выделению на экране значения, которое вы желаете изменить. После того, как значение будет выделено, отпустите кнопку мыши. Если значение будет выделено, введите число, которым вы желаете заменить выделенное значение. Для того, чтобы переходить от одного элемента окна к другому, можно пользоваться клавишами табуляции (Tab).
- Выберите щелчком мыши кнопку «OK». В левой верхней части экрана должно появиться спутниковое изображение. При увеличении x.500 все изображение должно помещаться на экране.



- Для того, чтобы увеличить размер окна, выберите щелчком мыши квадратное поле изменения размеров окна в нижнем правом углу окна и перетащите это поле вправо и вниз. В нижней правой части окна с изображением, слева от углового поля изменения размеров окна, находится поле со значением коэффициента увеличения, в котором указано значение «**Zoom=x.500**». В этом поле указывается текущее значение коэффициента увеличения изображения. Три крайних правых поля строки кнопок программных функций, расположенной непосредственно над окном просмотра изображения, используются с целью управления коэффициентом увеличения изображения. Выбор щелчком мыши кнопки с обозначением «**X1.**» всегда приводит к возвращению первоначального вида изображения (с коэффициентом увеличения 1). Выберите щелчком мыши это поле. В поле, указывающем значение коэффициента увеличения (в нижнем правом углу окна программы), будет указан коэффициент «**Zoom=x.1.0**»; при этом изображение должно заполнить все окно просмотра изображения, увеличившись в той или иной степени, в зависимости от выбранного вами размера окна просмотра. Если диагональ экрана вашего монитора меньше 17 дюймов (43,2 см) для просмотра всего изображения может потребоваться его перемещение вверх и вниз с помощью стрелок прокрутки.

1. Попытайтесь распознать на изображении дороги, мосты, озера, населенные пункты, лесистые участки, пляжи, болотистые прибрежные участки и мелководные прибрежные участки океана. (Приведенное ниже изображение не отражает фактические характеристики экрана персонального компьютера с операционной системой Windows; оно приведено исключительно с целью пояснения элементов изображения.)



## 2. *Масштабирование изображения*

Справа от кнопки «**X1.**» находятся кнопки, на которых изображены символы, напоминающие большие и маленькие горные вершины. Это поля масштабирования, позволяющие вам увеличивать и уменьшать масштаб просматриваемого изображения. (Мы будем обозначать поле увеличения изображения с символом больших горных вершин как поле «**i**», а поле уменьшения изображения с символом маленьких горных вершин — как поле «**o**».) Значение в нижнем правом поле окна программы (называемого далее окном значения коэффициента увеличения) изменяется каждый раз, когда пользователь выбирает щелчком мыши поле «**i**» или поле «**o**» в строке кнопок программных функций. Нажмите на поле «**i**» одним щелчком мыши. Затем нажмите на это поле несколько раз подряд. В конечном счете вы увидите изображение, состоящее, наподобие мозаики, из отдельных квадратов (пикселов). Перед тем, как перейти к этапу 3, нажмите щелчком мыши на поле значений коэффициента увеличения. На экране должно появиться все изображение, а в поле значений увеличения появится значение «**x1.0**».

## **Вопросы**

- a) Как изменяется длина объектов, когда вы увеличиваете масштаб изображения и когда вы уменьшаете его?

*Ответ. Длина объектов увеличивается и уменьшается пропорционально масштабу изображения.*

- b) Какую информацию вы получаете, увеличивая или уменьшая масштаб изображения? Какая информация при этом теряется?

*Ответ. Увеличивая изображение, вы можете сосредоточить внимание на участке меньшей площади. В конечном счете изображение становится мозаикой отдельных пикселов. Уменьшая изображение, вы можете одновременно рассматривать участки большей площади.*

### **3. Поля масштабирования изображения**

Вы можете увеличивать изображение определенного участка, обводя его рамкой и пользуясь полями масштабирования. Поместите курсор мыши в верхнем левом углу участка, который вы желаете обвести рамкой, после чего нажмите кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите курсор мыши вправо и вниз. Обведя рамкой интересующий вас участок, отпустите кнопку мыши. Обратите внимание на то, что выбранный вами участок обрамлен пунктирными линиями. Нажмите щелчком мыши на поле увеличения изображения (i). Вы можете продолжать увеличение выбранного участка, последовательно нажимая щелчками мыши на поле «i». Что вы наблюдаете? Если рамка, которой вы обвели участок, была не квадратной, наблюдается ли изменение пропорций изображения при увеличении? Постарайтесь обосновать ваш ответ.

*Ответ. Пропорции элементов изображения не изменяются. Длины всех объектов изменяются пропорционально. Форма объектов остается неизменной при изменении их размеров.*

Для того, чтобы увеличивать или уменьшать изображение на одну десятую текущего масштаба каждый раз, когда вы нажимаете щелчком мыши на поле увеличения или уменьшения, нажмайте клавишу «**Ctrl**» перед тем, как вы нажимаете на поле увеличения (i) или уменьшения (o).

Для того, чтобы вернуться к полномасштабному изображению, нажмите щелчком мыши на поле значений увеличения (x1). После этого в нем появится значение «Zoom=x1.0».

### **4. Панорамирование**

Для того, чтобы перемещать изображение на экране, вы можете пользоваться полосами прокрутки со стрелками, обрамляющими окно снизу и справа.

## **Изучение цветов на спутниковом изображении**

### **Вывод изображения на дисплей**

В меню «Процессор» (Processor) выберите функцию вывода изображения на дисплей (Display Image).

Прочтите следующее описание цветов и изображений, полученных с помощью спутников Landsat. Электронно-лучевая трубка компьютерного монитора испускает пучки, формирующие красный, зеленый и синий цвета на покрытии экрана. Каждый из этих цветов окрашивает, с различной интенсивностью, каждый из пикселов изображения на экране; в результате сочетания этих цветов образуются различные цветовые оттенки. «**Каналами** (channels), которые иногда называются «**полосами пропускания**» (bands), называются частотные полосы света, отраженного объектами на изображении, регистрируемые оборудованием спутника. В полосе 1 отражается синий свет, в полосе 2 — зеленый свет, и в полосе 3 — красный свет. Красный, синий и зеленый — первичные цвета видимого спектра.

Различные оттенки цветов образуются на экране в результате смешивания красного, зеленого и синего различной интенсивности электронно-лучевой трубкой компьютерного монитора. Например, сочетание красного и зеленого одинаковой интенсивности приводит к формированию желтого цвета, сочетание синего и зеленого одинаковой интенсивности приводит к формированию сине-зеленого цвета, а сочетание синего и красного одинаковой интенсивности — к формированию малинового цвета. В полосах 4 и 5 регистрируется свет, отраженный, соответственно, в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах.

Мы будем пользоваться следующими значениями пропускания красного, зеленого и синего (каналов RGB) с тем, чтобы получать различные сочетания каналов (полос пропускания).

**Изображения в истинных цветах.** Следующее сочетание полос пропускания позволяет получать изображения в истинных цветах, т. е. такое изображение, которое регистрировалось бы глазами наблюдателя, смотрящего на Землю из космоса.

Красный	3 (полоса пропускания красного света в видимом диапазоне)
Зеленый	2 (полоса пропускания зеленого света в видимом диапазоне)
Синий	1 (полоса пропускания синего света в видимом диапазоне)

Другие сочетания полос пропускания позволяют получать изображения, которые человеческий глаз регистрировать не может. Такие изображения называются «изображениями в ложных цветах». Введите следующие сочетания значений полос пропускания и пронаблюдайте за результатирующими изменениями.

- A. Следующее сочетание полос пропускания имитирует инфракрасные аэрофотографии. Растительный покров, отражающий большое количество инфракрасного излучения, выделяется ярко-красным цветом при использовании этого сочетания полос пропускания. Поэтому такое сочетание полезно при изучении лесов.
- |         |                                                               |
|---------|---------------------------------------------------------------|
| Красный | 4 (полоса пропускания света в ближнем инфракрасном диапазоне) |
| Зеленый | 3 (полоса пропускания красного света в видимом диапазоне)     |
| Синий   | 2 (полоса пропускания зеленого света в видимом диапазоне)     |
- B. Следующее сочетание полос пропускания особенно полезно для распознавания лесов и степей. Хвойные леса выделяются на таких изображениях темно-зеленым цветом, лиственные леса — средним (центральным) оттенком зеленого, а степи и луга — светло-зеленым или желтовато-зеленым оттенком.
- |         |                                                               |
|---------|---------------------------------------------------------------|
| Красный | 5 (полоса пропускания света в среднем инфракрасном диапазоне) |
| Зеленый | 4 (полоса пропускания света в ближнем инфракрасном диапазоне) |
| Синий   | 2 (полоса пропускания зеленого света в видимом диапазоне)     |

Выполняя следующие операции, пользуйтесь компьютерным изображением, содержащимся в файле **BEVERLY.LAN**.

Определите расположение объектов, перечисленных в таблице на следующей странице, пользуясь каждым из указанных сочетаний полос пропускания красного, зеленого и синего света (RGB). Зарегистрируйте цвет каждого из этих объектов, наблюдаемый при использовании каждого сочетания полос пропускания. Сочетания полос пропускания обозначаются кодами; например, кодом RGB 321 обозначается сочетание, при котором канал 3 присваивается источнику красного цвета в электронно-лучевой трубке, канал 2 — источнику зеленого цвета, и канал 1 — источнику синего цвета. ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ИЗМЕНИТЬ ВЫБОР СОЧЕТАНИЯ ПОЛОС ПРОПУСКАНИЯ, ВЫЗОВИТЕ ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ «ПРОЦЕССОР» (PROCESSOR) И ВЫБЕРИТЕ ФУНКЦИЮ ВЫВОДА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ДИСПЛЕЙ (DISPLAY IMAGE).

### **Советы по устранению проблем**

Если вы вызовете падающее меню «Файл» (File) и по ошибке выберете уже открытое изображение, вам придется исправить значения ВСЕХ параметров, а не только значения цветовых полос пропускания. Для того, чтобы правильно задать значения параметров, необходимо вернуться к инструкциям, приведенным в разделе «Подготовка».

Если вы увидите очень маленькое изображение, значит, вы выбрали по ошибке небольшой участок изображения и вывели его на дисплей. В меню «Процессор» (**Processor**) выберите функцию вывода изображения на дисплей (**Display Image**). Нажмите щелчком мыши на небольшое поле в верхнем левом углу, слева от слов «Строка» (**Line**) и «Столбец» (**Column**). Это приведет к возвращению на дисплей первоначального изображения площадью 512 x 512 пикселов.

**Заполните следующую таблицу**, регистрируя цвет каждого из перечисленных объектов, наблюдаемый при использовании каждого из сочетаний полос пропускания.

RGB	RGB	RGB
321	432	542
<ul style="list-style-type: none"><li>- Пляжи</li><li>- Шоссе</li><li>- Лесистые участки</li><li>- Океан</li><li>- Города, поселки</li></ul>		
Испробуйте другие сочетания полос пропускания и запишите результаты ваших наблюдений.		

# Справочная страница

## Полосы пропускания в программе *MultiSpec* и их применение

Полоса пропускания	Основное применение
1 Синий свет в видимом диапазоне	Полезен для картографирования прибрежных вод, картографирования типов лесной растительности, распознавания типов почв и растений и идентификации искусственных объектов, таких, как дороги и здания
2 Зеленый свет в видимом диапазоне	Полезен для распознавания различных типов растительности, определения санитарного состояния растений и идентификации искусственных объектов
3 Красный свет в видимом диапазоне	Полезен для распознавания видов растений и идентификации искусственных объектов
4 Излучение в ближнем инфракрасном диапазоне	Полезно для определения типов растительности, санитарного состояния растений и распознавания границ водоемов
5 Излучение в среднем инфракрасном диапазоне	Полезно для распознавания снежного покрова и облаков, а также для определения содержания влаги в растительном покрове и почве
6 Тепловое инфракрасное излучение	(Не регистрируется на изображениях, полученных с помощью спутников Landsat и обработанных с целью записи на дискеты.) Полезно для определения относительной температуры поверхности и содержания влаги в почве
7 Излучение в среднем инфракрасном диапазоне с длиной волны, превышающей длину цепью волны в полосе пропускания 5	(Не регистрируется на изображениях, полученных с помощью спутников Landsat и обработанных с записью на дискеты.) Полезно для распознавания различных минералов и пород, а также для определения количества удерживаемой растениями влаги

Источник: Томас М. Лиллсанд и Ральф У. Кифер [Lillesand, Thomas M. & Kiefer, Ralph W.] 1987, «Дистанционная регистрация изображений и их интерпретация» [«Remote Sensing and Image Interpretation»]. 2-е изд., Нью-Йорк, издательство John Wiley and Sons, стр. 567.

# Раскрашивание мира

## Предварительное чтение

Вы уже экспериментировали с изменением расцветки компьютерного изображения. По мере изменения сочетаний цветов различные объекты выделяются тем или иным цветом или становятся неразличимыми, когда они сливаются с окружающими объектами того же цвета. Пять каналов (полос пропускания), используемых в программе обработки компьютерных изображений MultiSpec, соответствуют данным, зарегистрированным в пяти различных частотных полосах спектра электромагнитного излучения. В каждой из этих пяти полос пропускания оборудование спутника Landsat 5 регистрирует отраженный свет или отраженное излучение и присваивает каждому пикселу изображения значение коэффициента интенсивности отражения (отражательной способности), определяющее уровень яркости.

Три из используемых полос пропускания соответствуют диапазону видимого света: канал 1 соответствует отраженному синему свету, канал 2 — отраженному зеленому свету, и канал 3 — отраженному красному свету. Отраженный красный, зеленый и синий свет полезен для распознавания искусственных объектов, таких, как дороги и здания, и естественных объектов, таких, как реки, озера и горы.

Другие две полосы пропускания, каналы 4 и 5, соответствуют инфракрасному диапазону излучения, невидимому для человеческого глаза. Регистрация отраженного инфракрасного излучения полезна для определения типов растений и санитарного состояния растений, для распознавания снежного покрова и облаков, а также для идентификации минералов и пород. Выбирая то или иное сочетание числовых значений трех каналов в отношении цветного изображения, содержащегося в файле **BEVERLY.LAN**, вы даете компьютеру указание вывести на дисплей изображение, основанное на данных, зарегистрированных в соответствующих трех частотных полосах спектра электромагнитного излучения.

Вы можете вывести на дисплей изображение, полученное только на 1 канале. Такое изображение будет отражать изменение интенсивности отраженного излучения только в одной частотной полосе электромагнитного спектра, например, только в полосе видимого красного света или в только в ближнем диапазоне инфракрасного излучения.

В ходе этого занятия вы сможете практиковаться в распознавании различных категорий объектов в зависимости от их отражательной способности в различных частотных полосах электромагнитного спектра. Это поможет вам лучше понимать изображения, полученные с помощью спутника Landsat 5.

## Требуемые материалы и оборудование

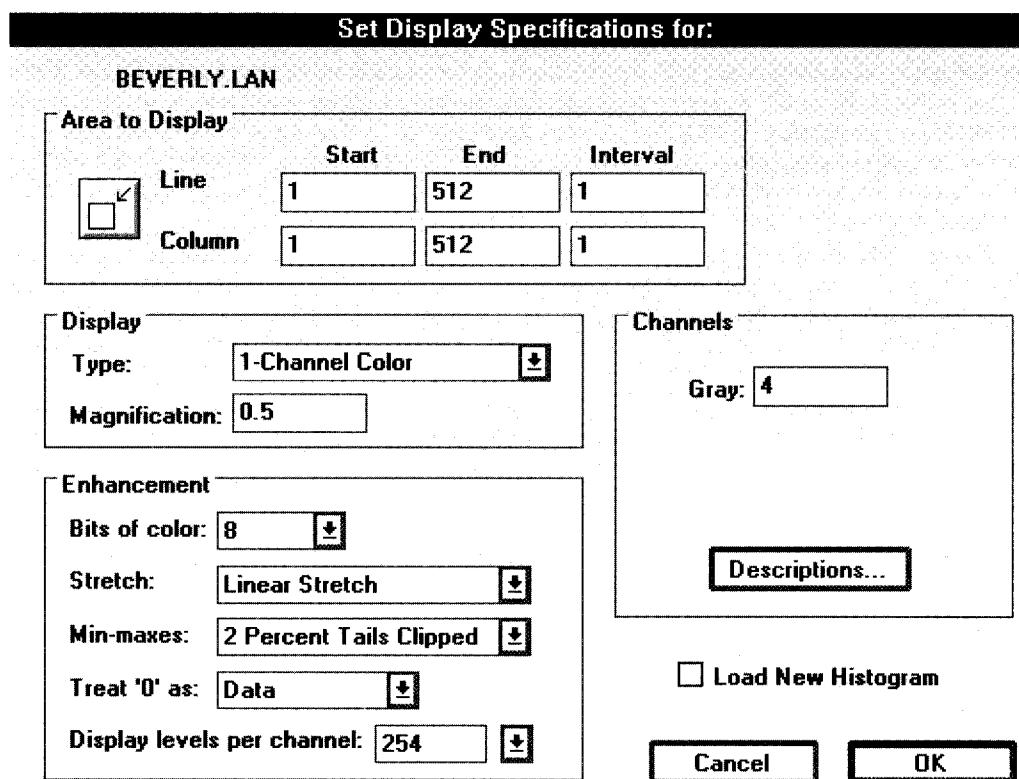
Два компьютера Macintosh, на каждом из которых установлено программное обеспечение MultiSpec и записан содержащий изображение файл **BEVERLY.LAN**.

Каждая группа учащихся должна объединиться с другой и использовать оба компьютера. Если в вашем распоряжении имеется достаточное количество компьютеров для того, чтобы каждый учащийся или каждая пара учащихся могли пользоваться отдельным компьютером, вы можете провести это занятие с большой группой учащихся, пользуясь тремя компьютерами одновременно. Это занятие можно проводить также с использованием одного компьютера, если объем установленной в компьютере памяти достаточен для одновременного просмотра нескольких копий изображения, содержащегося в файле **BEVERLY.LAN**.

Мы изучим взаимосвязь между характеристиками электромагнитного излучения и каналами (полосами пропускания), которые могут быть выбраны с помощью функции **«Вывод изображения на дисплей» (Display Image)** в меню **«Процессор» (Processor)** программы MultiSpec. В ходе занятия полезно иметь под рукой справочную страницу с таблицей «Полосы пропускания в программе MultiSpec и их применение».

- Если вы перезапустили компьютер, выполните первые четыре операции, описываемые в разделе «Подготовка», чтобы вызвать диалоговое окно под заголовком **«Установка параметров дисплея» (Set Display Specifications)** и задать значения параметров в отношении файла **BEVERLY.LAN**.
- Выберите щелчком мыши поле под заголовком **«Тип дисплея» (Display type)** и выберите **одноканальное цветовое изображение (1-channel color)**.

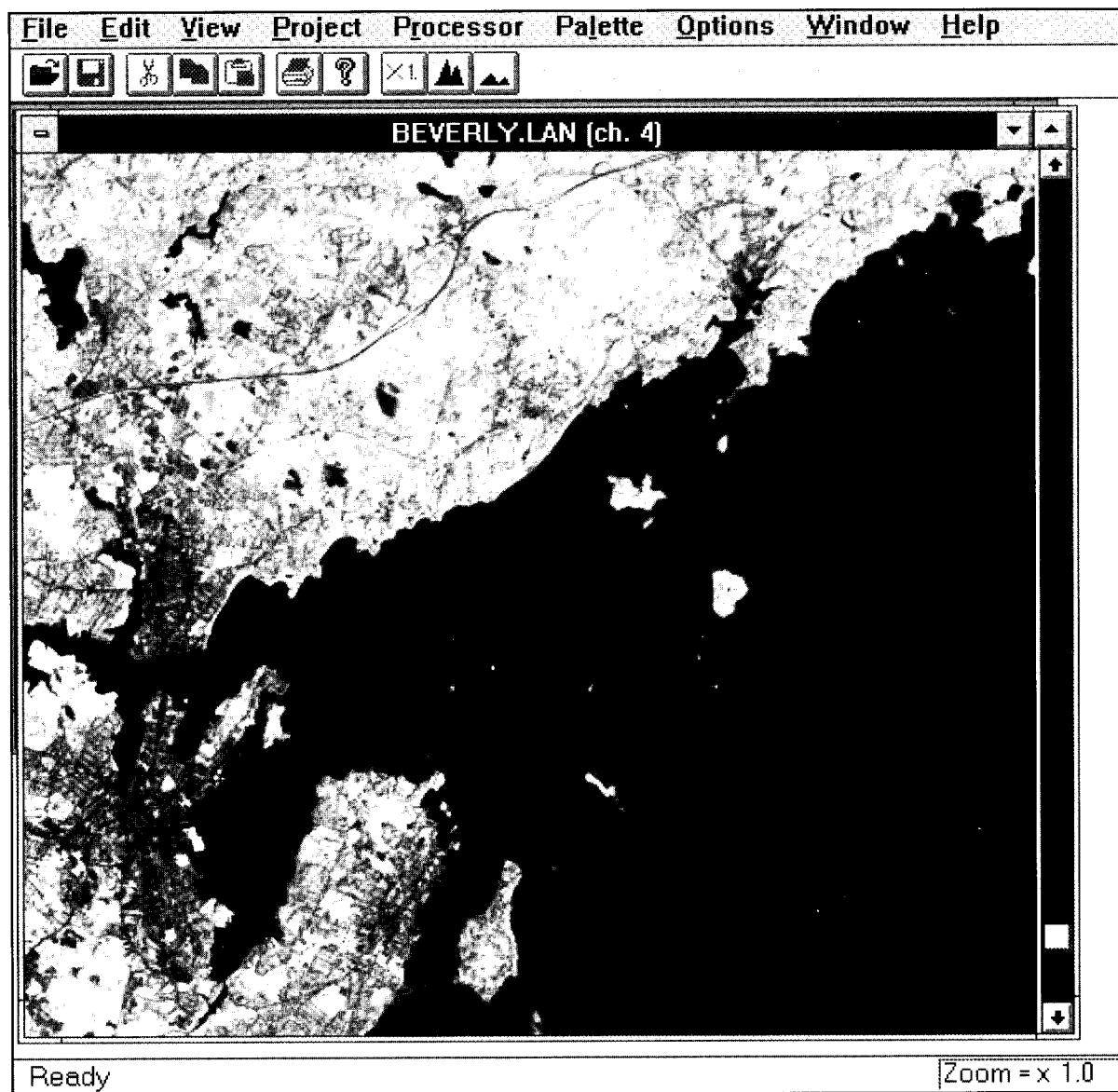
- Выберите щелчком мыши поле под заголовком «Цветовые биты» (Bits of color) и выберите 8-битовый или 24-битовый режим обработки цветного изображения, в зависимости от имеющегося объема оперативной памяти.



- Далее приводятся различные указания в отношении двух компьютеров.
- На экране первого компьютера введите значение «4» в отношении канала, обозначенного словом «Серый» (Grey). (Не забудьте выделить заменяемое значение перед вводом нового значения. Функция стирания предыдущего значения не всегда выполняется этой программой.) Нажмите клавишу возврата (Return) или нажмите щелчком мыши кнопку «OK».

Появившееся на экране изображение, составленное из оттенков серого, соответствует распределению уровней интенсивности отражения электромагнитного излучения в одной полосе пропускания. Какая полоса пропускания отображается? Соответствует ли она диапазону видимого света?

- На экране второго компьютера введите значение «3» и нажмите клавишу возврата (Return) или нажмите щелчком мыши кнопку «OK».
- Какая частотная полоса электромагнитного излучения регистрируется на канале 3? Соответствует ли она диапазону видимого света?
- Если у вас есть третий компьютер, выберите другую полосу пропускания в диапазоне видимого света.
- После того, как изображение будет выведено на дисплей, увеличьте окно просмотра примерно в два раза. Выберите щелчком мыши поле значения коэффициента увеличения ( $x1$ ) в нижнем правом углу окна просмотра, чтобы увеличить изображение. На экране должно появиться изображение, сходное с приведенным на следующей иллюстрации.



- Переместите изображения так, чтобы на экранах обоих компьютеров находился один и тот же участок изображения.
- Оставив оба изображения на экранах компьютеров, дайте всем учащимся внимательно рассмотреть оба экрана. Изображения будут составлены из оттенков серого цвета.
- Для того, чтобы ответить на вопросы, приведенные ниже, потребуется изменение выбора каналов, используемых программой на обоих компьютерах. Для того, чтобы изменить выбор каналов, выберите функцию вывода **изображения на дисплей** «Display Image» в меню «Процессор» (Processor) программы MultiSpec и замените текущее значение канала желаемым.

## **Прочтите следующее пояснение**

Если объект отличается высокой отражательной способностью в той или иной полосе пропускания, он выглядит очень ярким (почти белым) на изображении. Если объект отличается очень низкой отражательной способностью в той же полосе пропускания, он выглядит очень темным (почти черным) на изображении. Например, если объект отражает большее количество синего цвета, чем красного света, он будет выглядеть более светлым на изображении, в отношении которого был выбран канал 1 (пропускания синего света), чем на изображении, в отношении которого был выбран канал 3 (пропускания красного света).

## **Дайте подробные ответы на следующие вопросы**

1. Деревья и железнодорожный мост между городами Беверли и Сэлем должны быть лучше различимы на одном изображении по сравнению с другим. Дороги ярко выделены на одном изображении и остаются темными на другом. Разъясните эти наблюдения на основе отражательной способности объектов в полосе пропускания красного света и в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне.

*Деревья поглощают красный свет и выглядят темными в полосе пропускания красного света, отличаясь от пляжей, степей и лугов. В ближнем инфракрасном диапазоне деревья выглядят очень яркими, потому что они отражают излучение в этом диапазоне. Поэтому на соответствующем изображении их трудно отличить от степей и лугов.*

*Мелководный участок к востоку от моста между городами Беверли и Сэлем отражает небольшое количество красного света и выглядит светлее, чем более глубоководная часть океана. Все покрытые водой участки поглощают излучение в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах.*

*Железнодорожный мост отражает красный свет и легко различим в полосе пропускания видимого красного света. При этом мост поглощает излучение в ближнем инфракрасном диапазоне, и его трудно различить на изображении, полученном в полосе пропускания инфракрасного излучения.*

*Покрытие шоссе отражает видимый красный свет и поглощает излучение в ближнем инфракрасном диапазоне.*

2. Перечислите другие объекты, которые отличаются высокой отражательной способностью в полосе пропускания видимого красного света и низкой способностью к отражению излучения в ближнем инфракрасном диапазоне или наоборот, высокой отражательной способностью в ближнем инфракрасном диапазоне и низкой способностью к отражению излучения в полосе пропускания видимого красного света.

*Здания, которые называют искусственными объектами, потому что они построены людьми, отражают видимый красный свет, но поглощают излучение в ближнем инфракрасном диапазоне.*

**Примечание. Для того, чтобы ответить на следующие вопросы, необходимо изменить выбор полос пропускания на обоих компьютерах и сравнить результирующие изображения.**

3. Искусственными объектами называют изготовленные людьми объекты, такие, как дороги, здания и мосты. Какими характеристиками отражения видимого света и инфракрасного излучения отличаются эти объекты? На компьютере, показывающем изображение в полосе пропускания видимого красного света, выберите, последовательно, полосу пропускания видимого зеленого света (канал 2), а затем полосу пропускания видимого синего света (канал 1), чтобы ответить на этот вопрос.

*Искусственные объекты отличаются высокой отражательной способностью во всех полосах пропускания видимого света и низкой отражательной способностью в ближнем диапазоне инфракрасного излучения.*

4. Какие выводы позволяет сделать наблюдение отражательной способности океана в полосах пропускания а) красного, б) синего и в) зеленого видимого света, а также г) в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне? Можно произвести дополнительные исследования с помощью имеющихся в библиотеке источников с тем, чтобы определить, почему водоемы выглядят синими для человеческого глаза.

*Водоемы поглощают почти всю энергию излучения, но отражают синий видимый свет в большей степени, чем свет другой частоты.*

5. Какие выводы позволяет сделать наблюдение отражательной способности деревьев в полосах пропускания а) красного, б) синего и в) зеленого видимого света, а также г) в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне?

*Деревья отражают небольшое количество красного и синего видимого света, и несколько большее количество видимого зеленого света. Они отражают большое количество излучения в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах.*

6. Какие выводы позволяет сделать наблюдение отражательной способности искусственных объектов в полосах пропускания а) красного, б) синего и в) зеленого видимого света, а также г) в полосе пропускания излучения в ближнем инфракрасном диапазоне?

*Искусственные объекты отражают видимый свет во всех полосах пропускания, но отличаются низкой отражательной способностью в ближнем инфракрасном диапазоне.*

7. Над городом Беверли и на нескольких других участках изображения заметны небольшие облака. Какие наблюдения можно сделать, наблюдая отражательную способность облаков в различных полосах пропускания?

*Облака отражают весь видимый свет и все инфракрасное излучение. Поэтому получение изображений без облаков важно для распознавания характеристик поверхности Земли. Облака «скрывают» поверхность Земли. Радиолокационные сигналы проникают через облака. На спутнике Landsat 6, который не удалось запустить, был установлен радиолокационный датчик.*

8. Тени облаков и озера выглядят темными на изображении. Попробуйте найти способы отличать тени облаков от озер, выбирая различные полосы пропускания.

*Озера отражают очень небольшое количество видимого света и практически не отражают инфракрасное излучение. Тени облаков «прозрачны» для излучения, отражаемого любыми объектами, расположенными в тени. Это означает, что, например, деревья, находящиеся в тени облака, будут отражать большое количество инфракрасного излучения.*

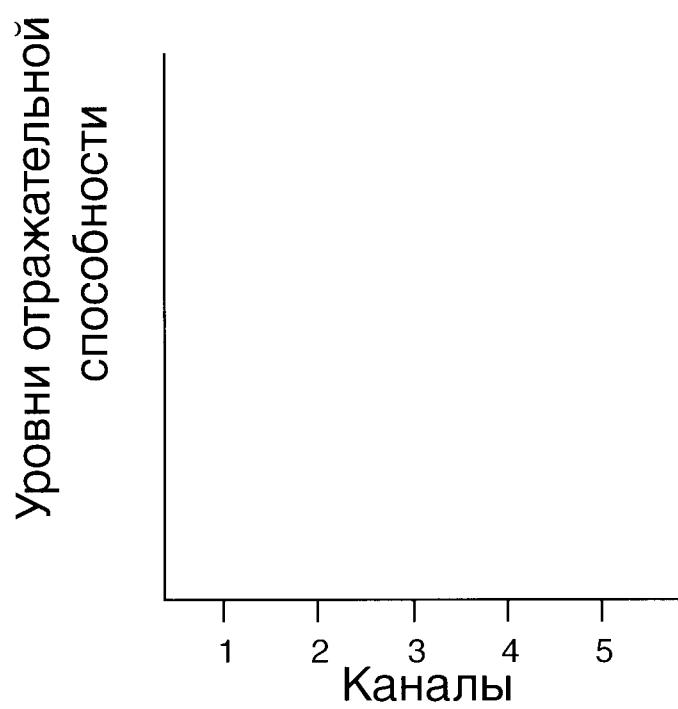
9. Сформулируйте и запишите вопрос, относящийся к цветам объектов и изображениям и ответьте на него самостоятельно или попросите другую группу учащихся ответить на этот вопрос. Запишите вопрос и ответ.

*Ответы могут быть различными, в зависимости от вопросов.*

10. Человек, подготавливавший схему, приведенную ниже на иллюстрации, не закончил работу.

- а) Обозначьте шкалу оси «Уровни отражательной способности».  
б) Озаглавьте номера, обозначенные на оси «Каналы».

11. Предположим, что вы выбрали пикセル изображения, соответствующий только лесному покрову. Постарайтесь угадать значения отражательной способности лесного покрова в каждой полосе пропускания и обозначьте эти значения на диаграмме, приведенной выше (см. вопрос 10). Отвечая на этот вопрос, пользуйтесь ответом на вопрос 5.



# Построение графиков

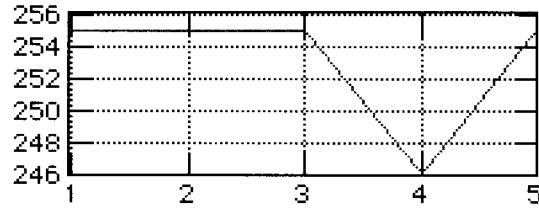
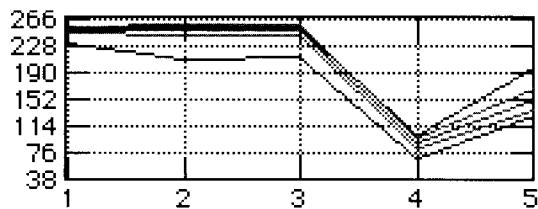
## Предварительное чтение

Гистограмма (столбцовая диаграмма), которую вы будете изучать, демонстрирует значения отражательной способности в каждой из 5 полос пропускания волн различной длины, регистрируемых спутниковым оборудованием. По горизонтальной оси гистограммы номера от 1 до 5 соответствуют полосам пропускания синего, зеленого и красного видимого света и излучения в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах. По вертикальной оси откладывается уровень отражательной способности от 0 (отсутствие отражения) до 255 (максимальная отражательная способность). Иногда значения, регистрируемые по вертикальной оси, превышают уровень, равный 255, но значения, отображаемые на графике, никогда не превосходят 255. Следует отметить, что значения, отображенные на графике, имеют смысл только в точках пересечения с вертикальными прямыми, соответствующими горизонтальным позициям 1, 2, 3, 4 или 5. Отрезки, соединяющие эти точки, не соответствуют каким-либо значениям отражательной способности волн другой длины. Они просто облегчают чтение графика.

Красной линией обозначается среднее значение отражательной способности, рассчитанное для всех пикселов выбранного участка. Зелеными линиями обозначены все значения отражательной способности, не отличающиеся от среднего значения более чем на 1 единицу стандартного (среднеквадратического) отклонения. Синими линиями обозначаются максимальные и минимальные значения. Формальное определение стандартного отклонения еще не разработано. В данном случае зелеными линиями ограничивается полоса значений, соответствующая примерно 66% общего количества значений отражательной способности, полученных для выбранного участка.

С математической точки зрения, основное внимание следует уделять интерпретации графиков. Вы будете просматривать графики, которые автоматически масштабируются программой таким образом, чтобы они заполняли окно просмотра. Хотя это удобно, в результате расстояния между делениями вертикальной шкалы графика могут резко изменяться, что может приводить пользователя в замешательство. Таким образом, хотя два графика могут походить один на другой, фактический вертикальный диапазон изменения значений на этих графиках может быть совершенно различным. (Мы хотим подчеркнуть разницу между графиками, относительная форма которых может быть одинакова, но абсолютная форма которых различна.)

Например, взгляните на два графика, приведенные на следующей странице. Хотя их относительная форма примерно одинакова, их абсолютные формы совершенно различны. На гистограмме слева наблюдается резкое понижение значений в полосе пропускания 4, так же, как и на гистограмме справа. Тем не менее, понижение, наблюдаемое на гистограмме справа, незначительно по сравнению с понижением, отображенным на гистограмме слева! При этом понижение на правой гистограмме кажется более выраженным. Только внимательно рассмотрев значения вертикальной шкалы, мы понимаем, что понижение значений на гистограмме слева соответствует изменению интенсивности отражения на почти 200 единиц, в то время как понижение значений на гистограмме справа соответствует уменьшению значений интенсивности отражения только на 9 единиц. Относительное расположение понижений на обоих графиках одинаково, но абсолютная величина этих понижений совершенно различна.



## **Каким образом участки изображения классифицируются и различаются с помощью гистограмм?**

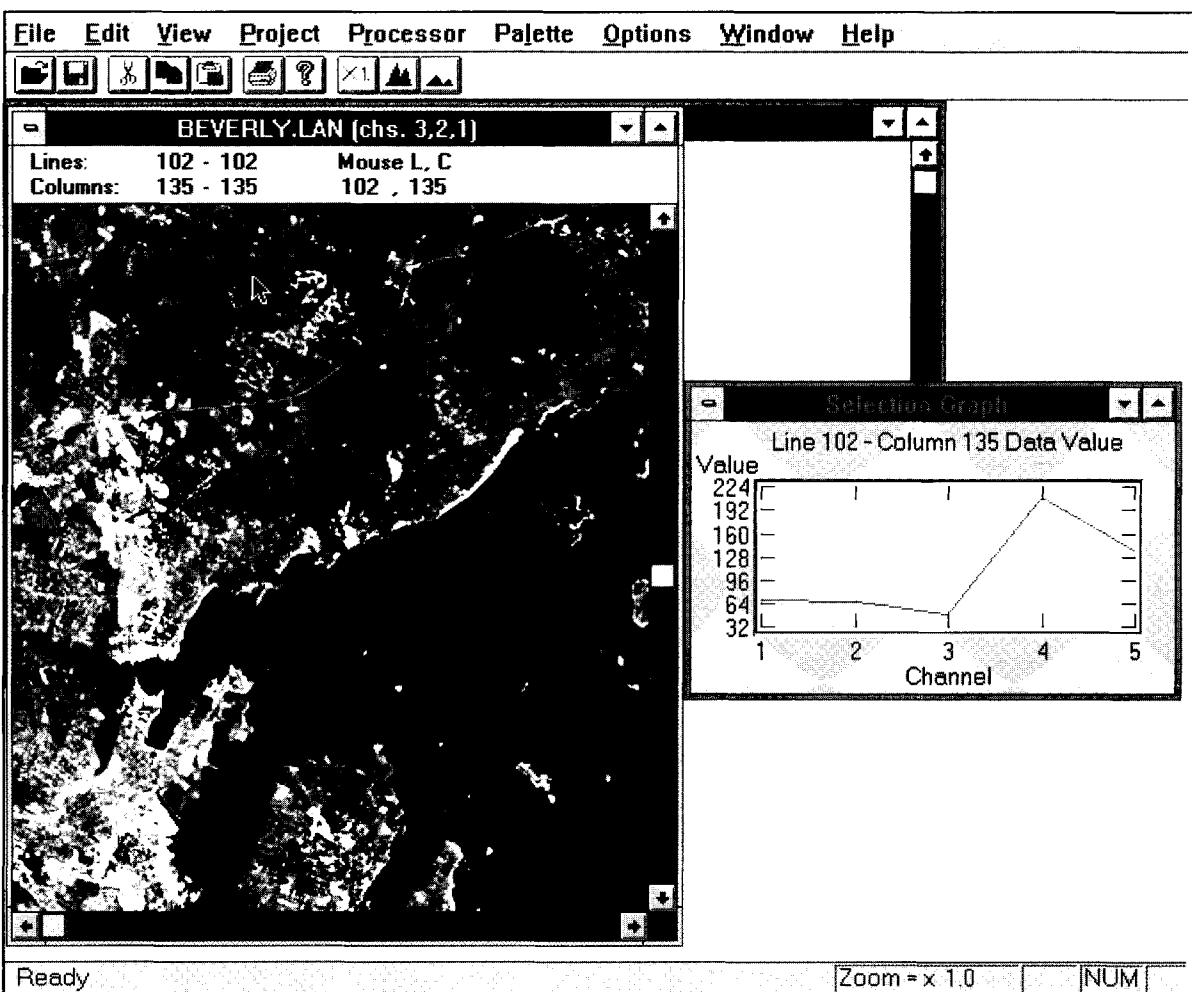
Вы уже, вероятно, понимаете, что изучаемые нами изображения были подготовлены на основе цифровых значений интенсивности света, отраженного в различных полосах частотного диапазона. Растигивание изображения и присвоение различных цветов различным длинам волн (полосам пропускания) помогло нам распознавать фактически различные участки изображения, которые на первый взгляд выглядели сходными. Но некоторые участки компьютерного изображения могут выглядеть сходными даже в том случае, если им соответствуют различные объекты на поверхности Земли. В ходе настоящего занятия мы научимся пользоваться еще одним средством программы MultiSpec, помогающим классифицировать и распознавать различные участки изображений.

### **Правильное расположение окон**

Запустите программу MultiSpec и откройте изображение города Беверли, штат Массачусетс. Присвойте красному, зеленому и синему цветам значения каналов 3, 2 и 1, чтобы получить изображение в истинных цветах.

Выберите функцию «Строка координат» (Coordinates Bar) в меню «Просмотр» (View). После этого выберите функцию «Новый график параметров выбранного участка» (New Selection Graph) в меню «Варианты» (Options). Выберите щелчком мыши любую точку в окне просмотра изображения, чтобы выделить это окно, а затем выберите еще одним щелчком мыши любой пиксел изображения.

Изменяя размеры окон с помощью поля в нижнем правом углу каждого окна и перемещая окна (перетаскивая мышью строку заголовка окна), расположите окна так, чтобы их конфигурация походила на конфигурацию окон на приведенной ниже иллюстрации.



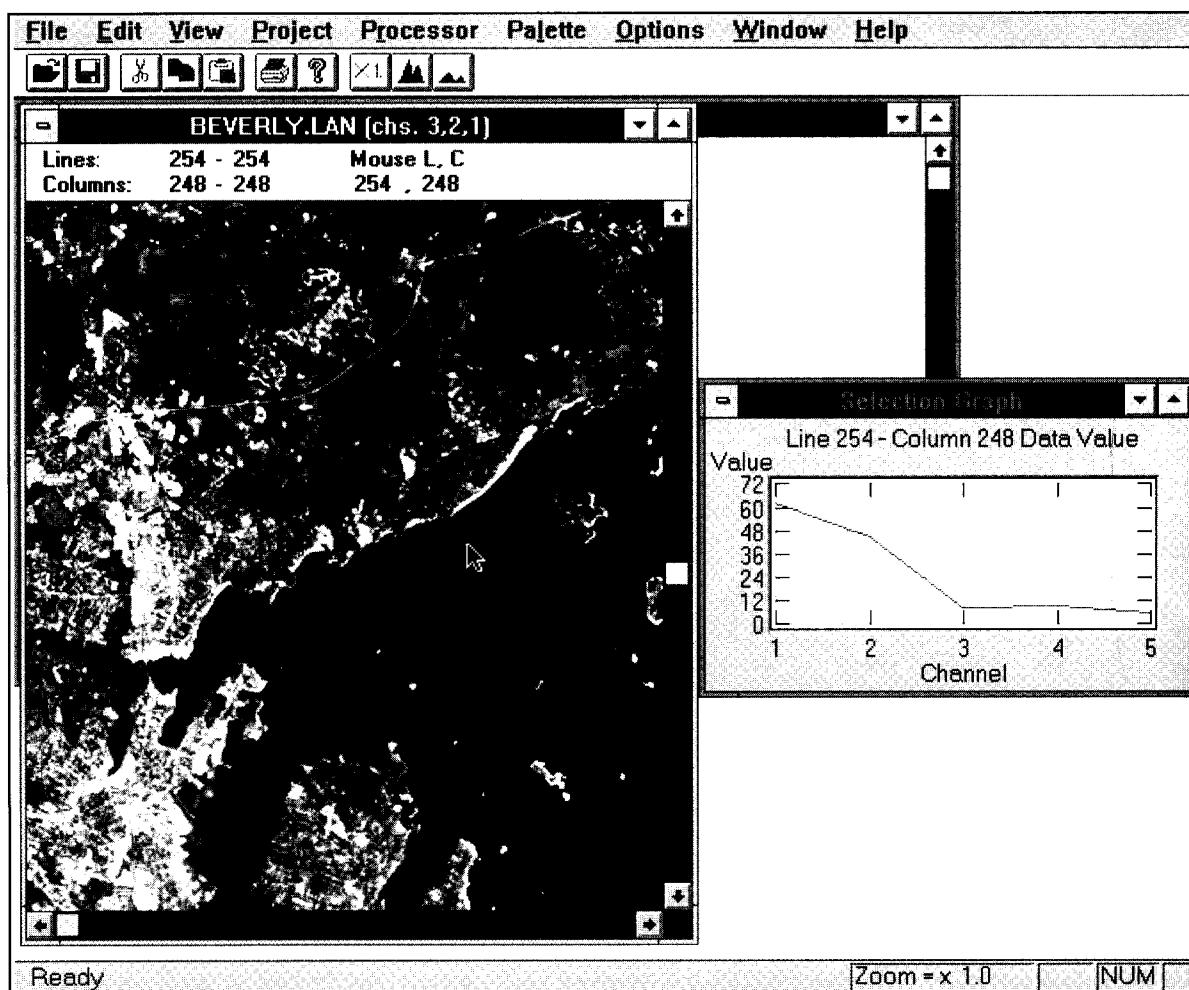
## **Строка координат**

Непосредственно над окном просмотра изображения находится строка координат (Coordinates Bar). С помощью этой строки пользователь узнает, какой именно участок изображения он выбрал щелчком мыши. Координаты курсора приводятся в виде пар значений, причем первое значение в паре соответствует номеру строки, а второе — номер столбца изображения. В примере на иллюстрации выбранный пользователем пиксель занимает позицию с координатами (102, 135). В зависимости от степени увеличения изображения для того, чтобы найти тот или иной пиксель изображение, может потребоваться перемещение изображения с помощью стрелок прокрутки.

## **График параметров выбранного участка**

Снизу от окна координат расположено окно графика параметров выбранного участка. Этим окном вы научитесь пользоваться в процессе работы с компьютером. В этом окне приводится график значений отражательной способности пикселя или группы пикселов, которые вы выбрали. На приведенной выше иллюстрации выбранный пользователем пиксель находится в позиции с координатами (102, 135).

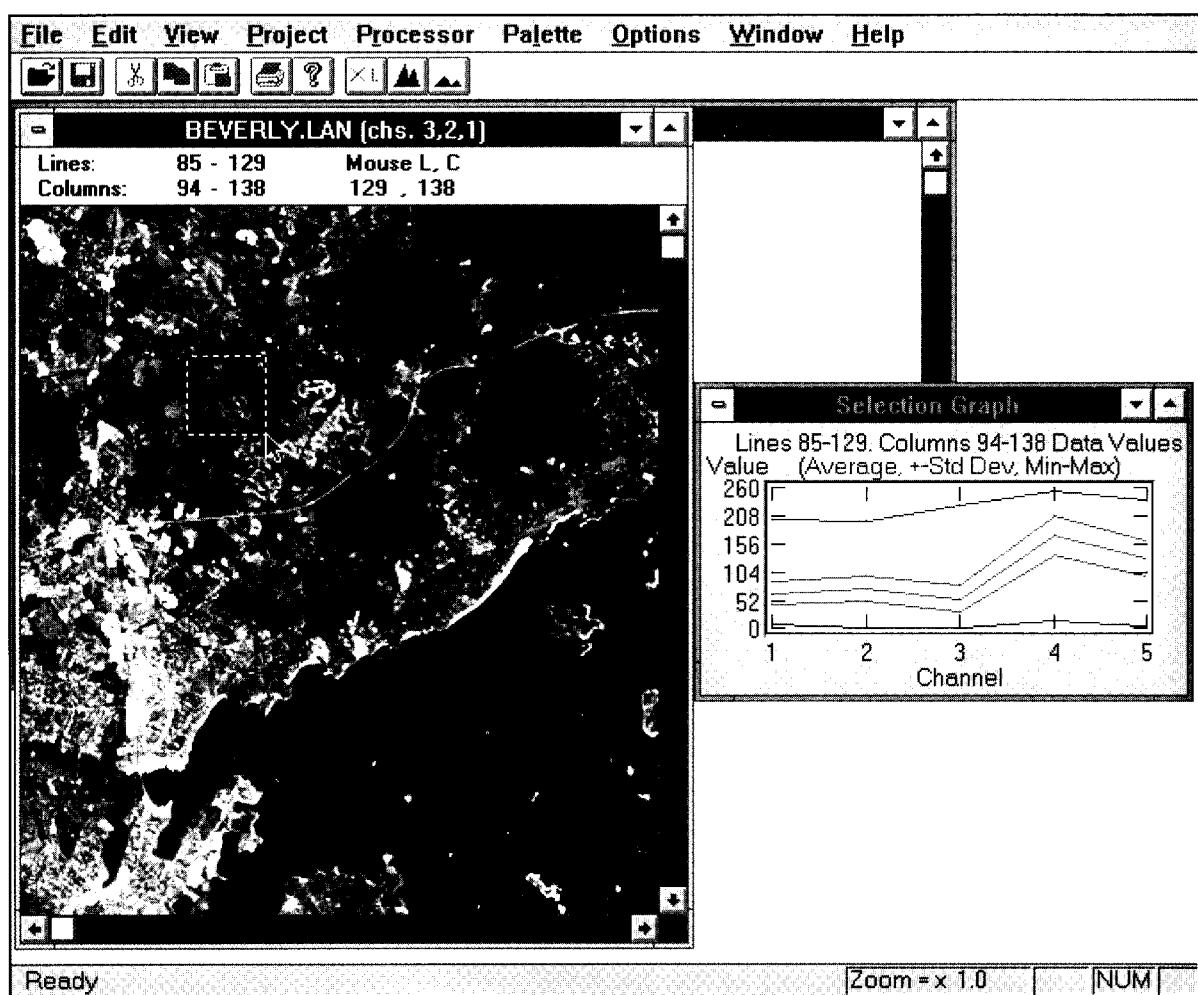
График позволяет получить ценную аналитическую информацию. По горизонтальной оси откладываются значения 1, 2, 3, 4 и 5, которые соответствуют полосам пропускания синего, зеленого и красного видимого света, а также ближнему инфракрасному и среднему инфракрасному диапазонам излучения, регистрируемого оборудованием спутников Landsat. По вертикальной оси графика откладываются числовые значения отражательной способности, которые могут изменяться в диапазоне от 0 до 255. Нулевое значение отражательной способности соответствует практическому отсутствию отраженного света, а значение 255 соответствует большому количеству отраженного



света. Следует помнить о том, что значения, полученные для отдельного пикселя, могут оказаться результатов растягивания изображения. Выбранный нами пиксель изображения отличается наибольшей яркостью в полосе пропускания 4 и наименьшей яркостью в полосе пропускания 3. Это означает, что объект, расположенный в этой точке земной поверхности, отражает большее количество излучения в ближнем инфракрасном диапазоне, чем в других частях спектра.

Выберите щелчком мыши любую точку окна просмотра изображения, чтобы выделить его, после чего выберите щелчком мыши пиксель с координатами  $(L,C) = (254, 248)$ , т. е. в нижней части изображения, в районе океана. Значения коэффициентов отражения в этой точке будут составлять примерно 60, 44, 10, 11 и 6 (см. приведенную ниже иллюстрацию).

Следует отметить, что в данном случае отражательная способность поверхности Земли ниже во всех полосах пропускания, чем в случае ранее выбранного пикселя с координатами  $(102, 135)$ . Эта разница имеет смысл, так как мы ожидаем, что океан будет темнее суши. Если вы когда-нибудь летели на самолете над океаном и над лесом, вы заметили, наверное, что океан выглядит почти черным, тогда как лес кажется более светлым, чем с поверхности Земли. Тот факт, что вода поглощает почти всю энергию излучения Солнца, помогает определить с помощью спутникового изображения, покрыт ли темный участок поверхности Земли водой.



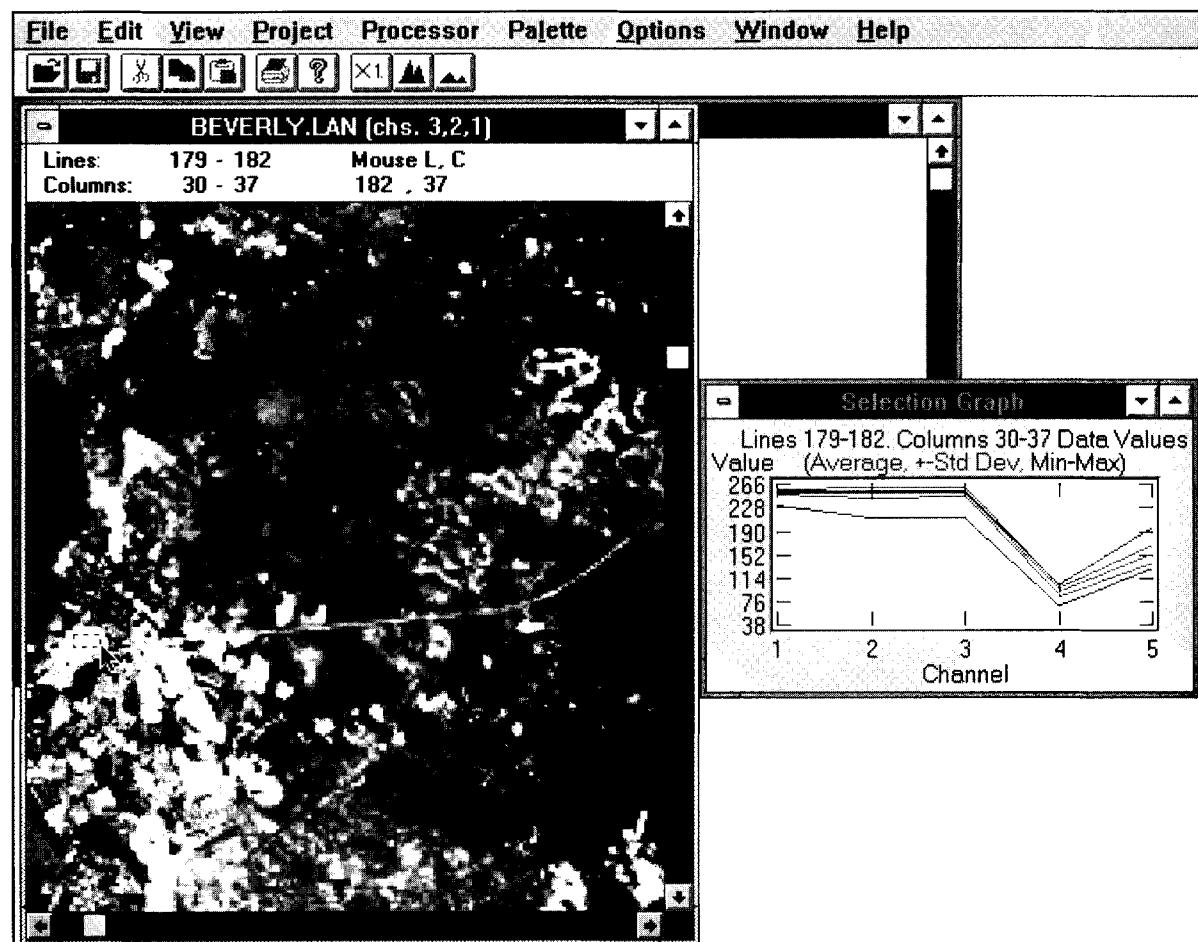
Теперь нажмите кнопку мыши и перетащите курсор так, чтобы выбрать прямоугольный участок изображения, содержащий множество пикселов. Мы выбрали прямоугольник, левый верхний угол которого занимает позицию с координатами  $(L,C) = (85, 94)$ , а правый нижний угол — позицию  $(L,C) = (129, 138)$ . Постарайтесь выбрать те же координаты левого верхнего и правого нижнего углов прямоугольника. Результат показан на приведенной ниже иллюстрации.

Следует отметить, что выбранный прямоугольник содержит пять строк изображения. Красной линией на графике обозначаются средние значения отражательной способности, полученные для всех пикселов выбранного прямоугольного участка изображения. Синими линиями обозначаются максимальные и минимальные значения отражательной способности выбранных пикселов.

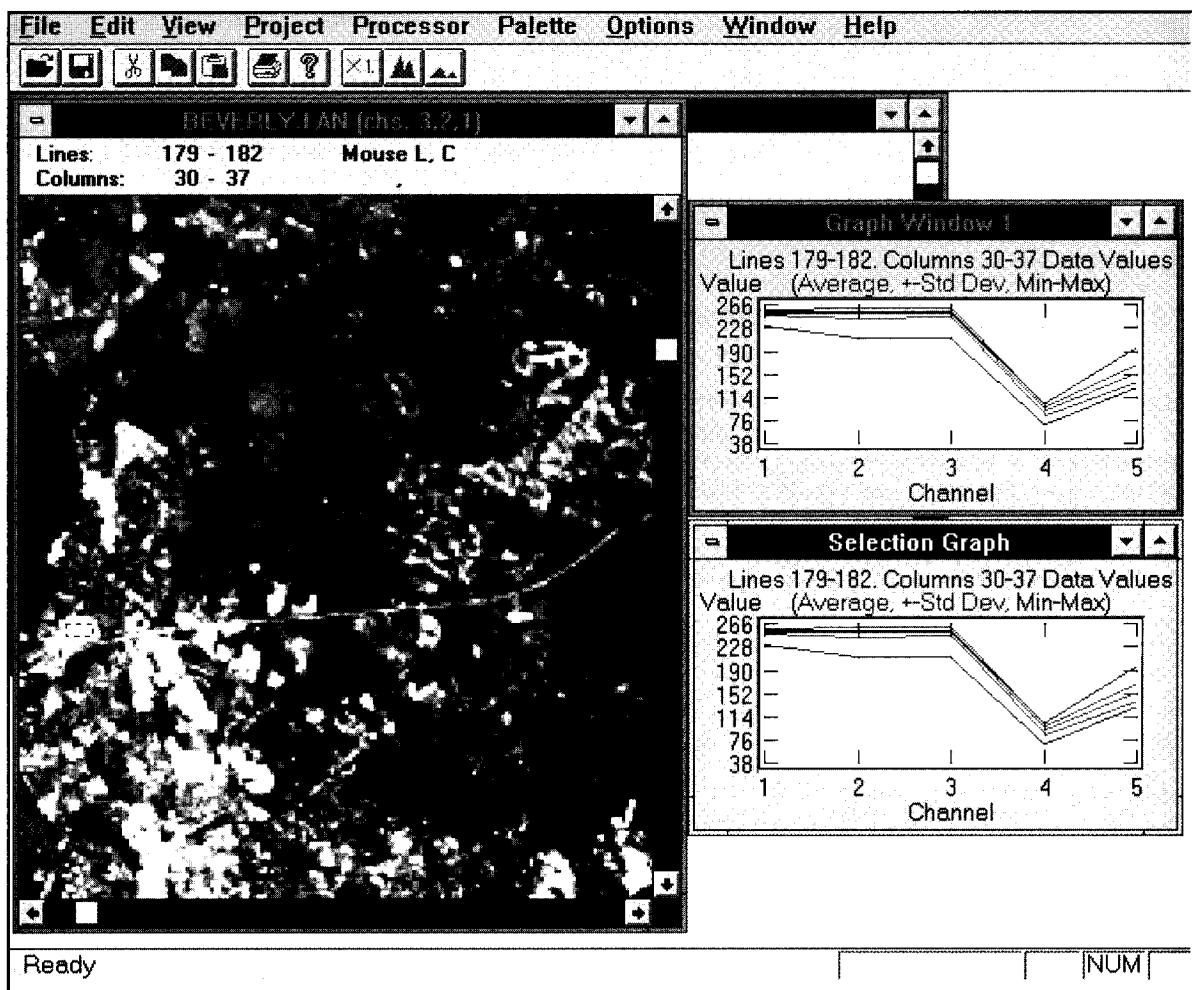
Например, взгляните на значение отражательной способности в полосе пропускания 4. В отношении всех пикселов, содержащихся на выбранном участке, наименьшая отражательная способность в этой полосе пропускания составляет 10 единиц, максимальное значение составляет примерно 255, 66% всех значений отражательной способности составляют от 130 до 208, и средняя отражательная способность равна примерно 160.

### **Использование окна гистограммы с целью распознавания различных участков изображения**

Мы можем пользоваться окном с гистограммой, чтобы определять сходные и различные участки изображения. Мы выберем интересующий нас участок изображения и сохраним (запишем на диск) относящуюся к нему гистограмму, чтобы сравнить ее с другой гистограммой, полученной для другого интересующего нас участка. Выберите увеличение изображения «**x2.0**». Нажмите кнопку мыши и перетащите курсор мыши так, чтобы выбрать прямоугольный участок, верхний левый угол которого занимает позицию с координатами  $(L,C) = (179, 30)$ , а правый нижний угол — позицию с координатами  $(L,C) = (182, 37)$  (см. приведенную ниже иллюстрацию).

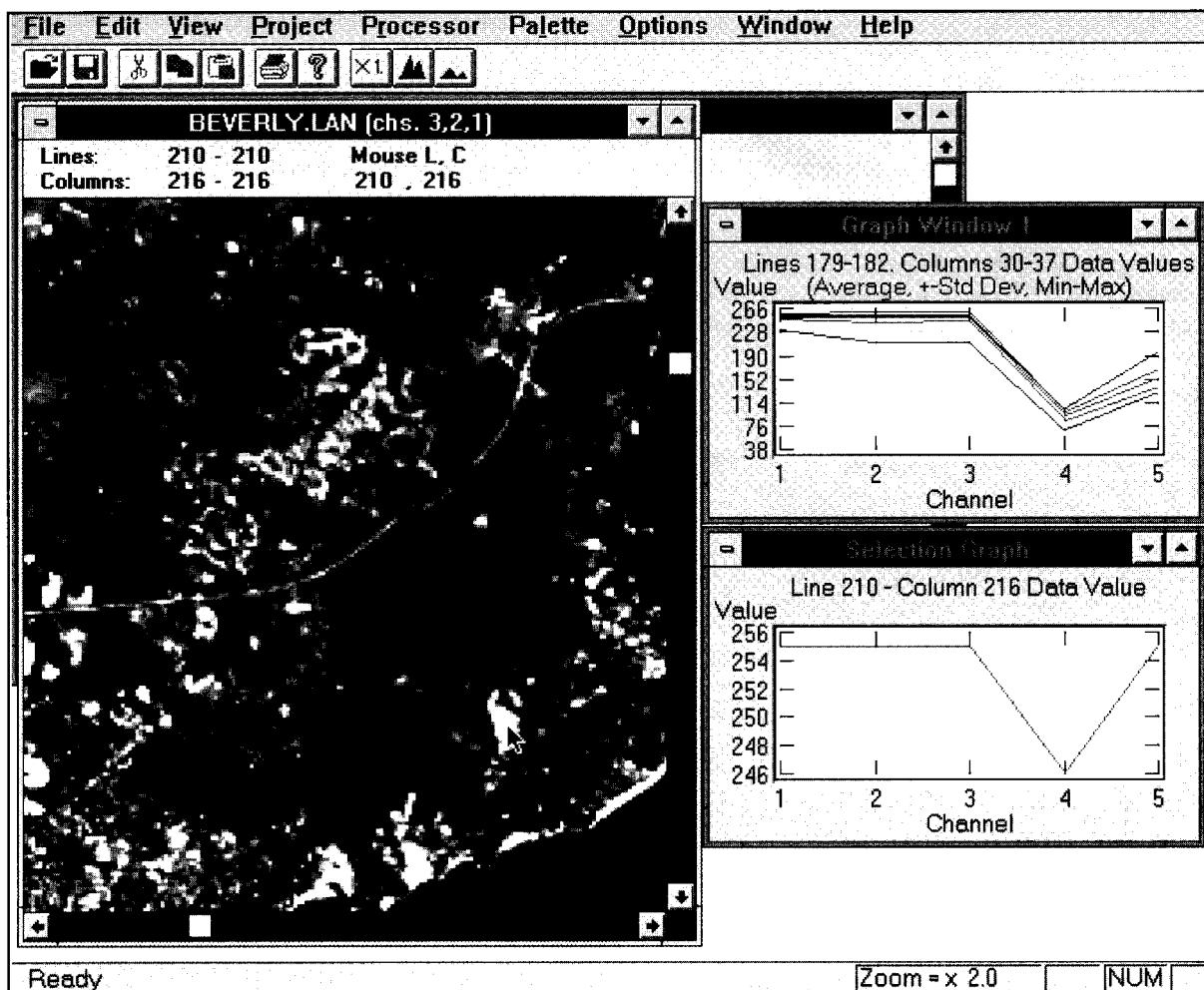


Выберите функцию «Сохранить график параметров выбранного участка» (Keep Selection Graph) в меню «**Варианты**» (Options). Появится новый график отражательной способности выбранного участка, тогда как предыдущий график сохранится на экране даже после того, как вы выберете новый участок. Поместите график параметров второго выбранного участка под первым графиком (см. приведенную ниже иллюстрацию).



Добавившись того, чтобы расположение окон и графиков на экране походило на конфигурацию приведенного на иллюстрации экрана, выберите щелчком мыши окно просмотра изображения, чтобы выделить его, после чего выберите щелчком мыши пиксель изображения. Обратите внимание на то, что верхний график при этом не изменяется, тогда как нижний изменяется. Одновременный вывод обоих графиков на дисплей позволяет нам сравнивать гистограмму нового участка с сохраненной гистограммой яркого участка, заметного на изображении. Этот яркий участок расположен рядом с дорогой, в пределах города Беверли. Скорее всего, повышенная яркость этого участка вызвана отражением света от крупных зданий с металлическими или бетонными покрытиями крыш.

Выберите только один пиксель с координатами  $(L,C) = (210, 216)$  на другом ярком участке, находящемся далеко за пределами города Беверли. Может ли этот участок также соответствовать району, застроенному зданиями? Давайте сравним гистограмму этого пикселя с гистограммой первого участка и попробуем определить, насколько сходны или различны эти зарегистрированные объекты. После выбора пикселя с координатами  $(L,C) = (210, 216)$  результирующий экран должен походить на приведенную ниже иллюстрацию.



### **Абсолютная и относительная разница**

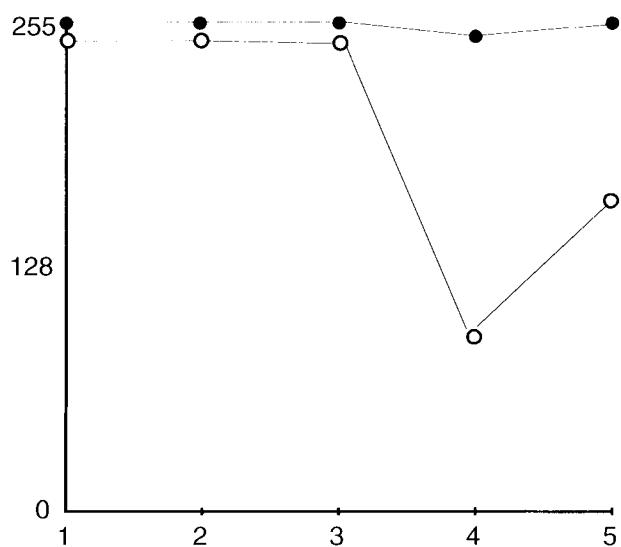
На иллюстрации, приведенной выше, сверху показан график параметров отражательной способности яркого объекта, находящегося в городе Беверли, а под ним — график параметров яркого объекта, расположенного в точке с координатами (210, 216), где находится крестообразный курсор. Одинаковы ли эти яркие участки? Относящиеся к ним графики очень похожи. На обоих графиках заметно понижение отражательной способности в полосе пропускания 4.

На первый взгляд можно было бы заключить, что оба графика почти одинаковы. Но если нам действительно важно знать, какие объекты расположены на этих участках, следует произвести проверку непосредственно на поверхности Земли. Иногда такая проверка, однако, стоит слишком дорого или практически не целесообразна. В таких случаях более внимательное изучение графиков может оказаться единственным способом идентификации объектов.

Рассмотрите оба графика более внимательно. В частности, обратите внимание на вертикальную ось значений отражательной способности. Программа MultiSpec автоматически масштабирует график в зависимости от диапазона между минимальным и максимальным значениями по вертикальной оси. В результате показанная часть вертикальной оси может соответствовать лишь небольшой части общего диапазона возможных значений отражательной способности. Преимущество такого масштабирования состоит в том, что мы видим только ту часть диапазона, которая содержит зарегистрированные значения. Недостаток, однако, заключается в том, что сравнение двух графиков с различными диапазонами по вертикали может вводить невнимательного исследователя в заблуждение.

Обратите внимание на то, что линия на верхнем графике снижается с уровня примерно 200 в полосах пропускания 1—3 до уровня примерно 90 в полосе пропускания 4. На нижнем графике линия опускается с уровня 255 в полосах пропускания 1—3 до уровня 246 в полосе пропускания 4. В масштабе общего диапазона возможных значений, это очень незначительное изменение: разница составляет только 9 единиц, в то время как на другом графике разница между уровнями отражательной способности составляет примерно 150 единиц! Если сравнивать эти графики в абсолютной системе отсчета, наблюдается очень значительная разница между ними.

Причина того, почему на первый взгляд графики казались похожими, заключается в сходстве относительной формы двух графиков. Для обоих графиков характерно снижение отражательной способности в полосе пропускания 4. Для того, чтобы выявить разницу между двумя графиками и сделать ее более очевидной, можно построить оба графика в одном и том же масштабе (см. рис. ниже).



Объект, для которого характерно резкое снижение отражательной способности в полосе пропускания 4, отражает очень небольшое количество инфракрасного излучения. Гистограмма отражательной способности другого объекта показывает, что он отражает большое количество излучения во всех полосах пропускания, регистрируемых оборудованием спутника Landsat.

Вывод заключается в том, что необходимо проверять, является ли замечаемое сходство (или различие) между графиками абсолютным или относительным.

### **Распознавание объектов: еще одно упражнение**

Яркие объекты, расположенные в левой части изображения (в центре города Беверли), скорее всего, являются зданиями. Теперь у нас есть свидетельства (гистограммы), позволяющие предположить, что яркий объект в правой части экрана не является районом городской застройки. Мы определили, что между этими двумя, казалось бы, сходными объектами существует разница.

Но вопрос остается открытым: какому объекту соответствует яркий участок в правой части изображения?

Увеличьте изображение в два раза (**x2.0**) и переместите неизвестный яркий участок в центральную часть экрана. Обратите внимание на то, что на изображении заметны три пары темных и светлых участков, причем их форма и ориентация примерно одинаковы. Темные участки находятся на одном и том же расстоянии слева и сверху от ярких участков. Если эта мысль еще не пришла вам в голову, задайте себе вопрос: может быть, это облака и отбрасываемые ими тени?

Сходство формы отдельных ярких элементов позволяет предположить, что мы рассматриваем облака и их тени. Обратите внимание, например, на то, насколько форма темного объекта в паре А

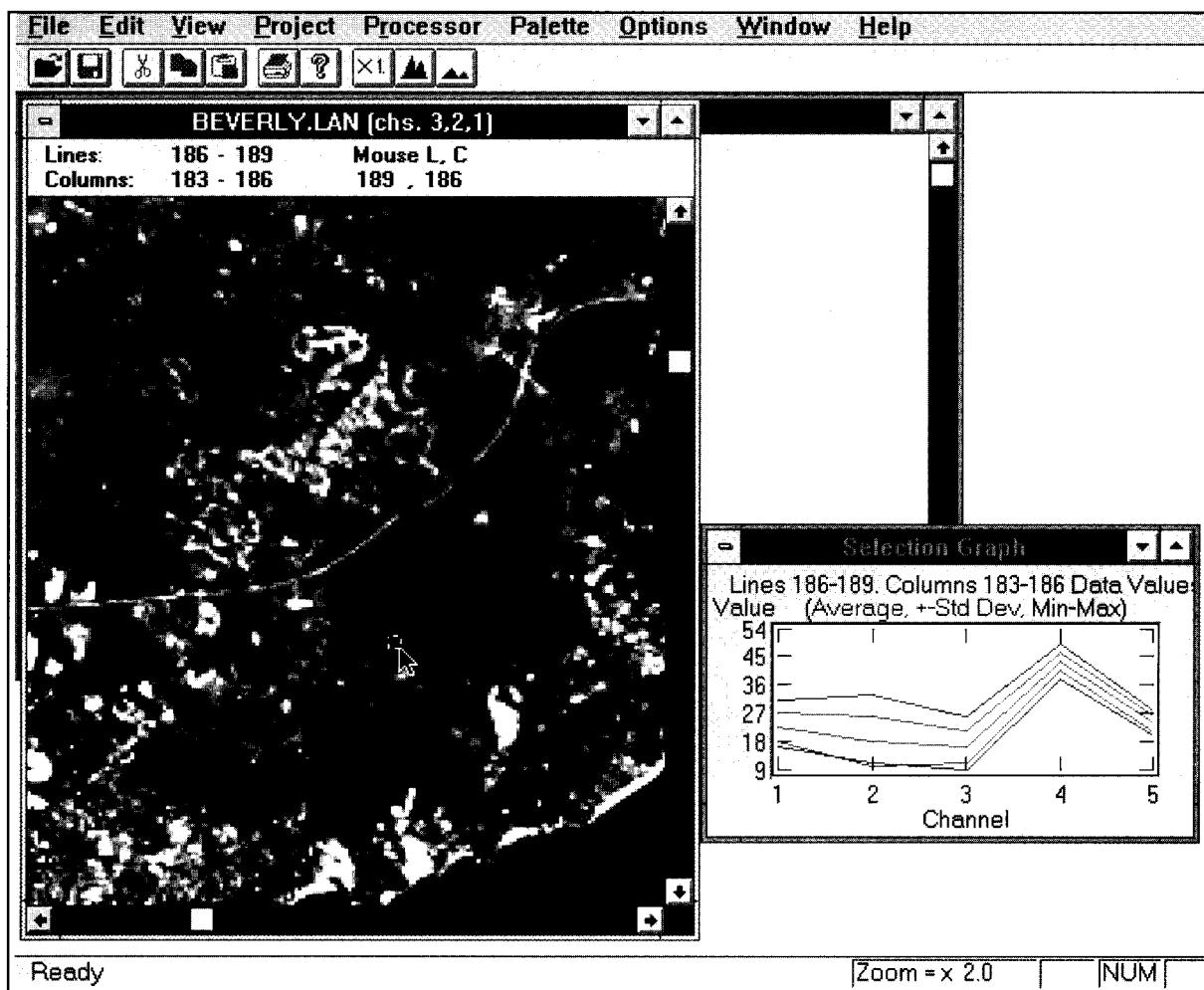


соответствует форме светлого объекта в паре А на приведенной ниже иллюстрации. Конечно же, это облака и их тени!

Давайте, однако, проявим скептицизм. Каким еще объектам могут соответствовать эти темные участки? Может быть, это озера? Получим гистограмму параметров отражательной способности одного из этих темных участков и сохраним ее. Потом мы получим гистограмму параметров участка, который, как нам точно известно, является озером, и сравним полученные гистограммы. Ниже приводится описание операций, которые требуется выполнить, чтобы произвести такое сравнение и идентифицировать изучаемые участки.

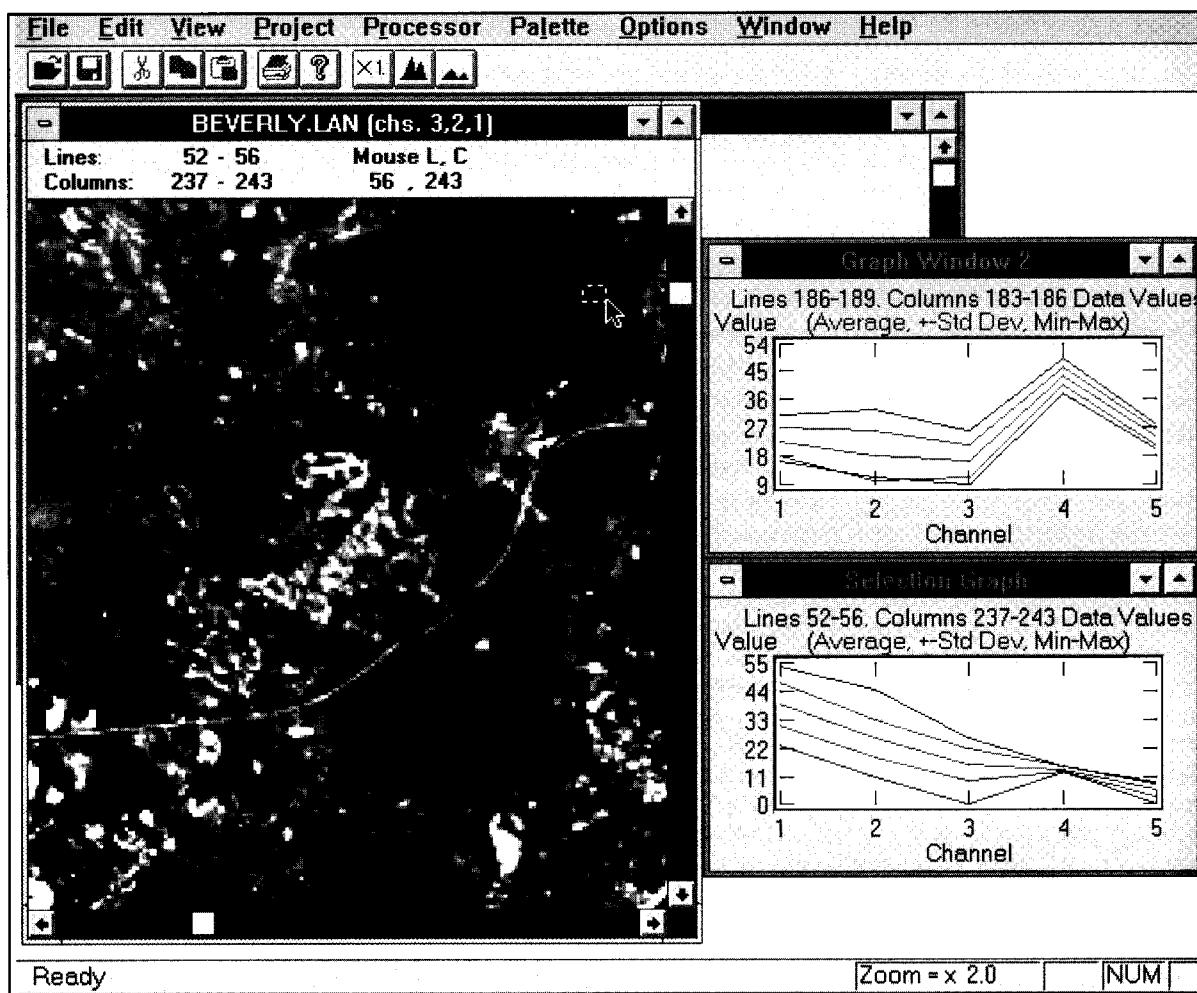
Выберите щелчком мыши верхнее окно с графиком, чтобы выделить его. Затем нажмите щелчком мыши на поле в верхнем левом углу окна, чтобы закрыть окно со старой гистограммой.

Выберите щелчком мыши окно просмотра изображения, чтобы выделить его. Затем выберите прямоугольный участок, содержащий пиксели от  $(L,C) = (186, 183)$  до  $(L,C) = (189, 186)$ . Этот участок соответствует темному объекту, который может оказаться тенью облака или озером. Можно рассматривать изображение в увеличении (**X2.0**) или без увеличения (**X1.0**). В результате экран должен походить на иллюстрацию, приведенную ниже.



После того, как экран вашего компьютера будет походить на приведенную выше иллюстрацию, переместите график параметров выбранного участка из нижнего положения в верхнее (туда, где находился предыдущий график). Затем выберите функцию сохранения графика параметров выбранного участка (**Keep Selection Graph**) в меню «**Варианты**» (**Options**). После этого в находящемся сверху в правой части экрана окне будет постоянно находиться гистограмма параметров отражательной способности возможной тени облака. Разместите окно для нового графика в нижней правой части экрана.

Затем найдите озеро. Выберите щелчком мыши окно просмотра изображения, чтобы выделить его, после чего переместите изображение вверх и выберите прямоугольник, содержащий пиксели от  $(L, C) = (52, 237)$  до  $(L, C) = (56, 243)$ . На основе данных, полученных на поверхности Земли, точно известно, что этот на этом участке находится озеро. В нижнем правом окне экрана должна появиться гистограмма отражательной способности озера. После выбора участка озера экран вашего компьютера должен походить на иллюстрацию, приведенную ниже.



Обратите внимание на то, что вертикальные шкалы обоих графиков почти идентичны. Мы можем производить непосредственное сравнение этих графиков, не опасаясь того, что мы будем введены в заблуждение кажущимся сходством графиков, фактически различных в абсолютной системе отсчета.

В верхнем правом окне приведена гистограмма отражательной способности участка, который, как мы предположили, является тенью облака, а в нижнем правом окне — гистограмма отражательной способности озера. Одинаковы ли эти графики? Нет. Озеро поглощает гораздо большее количество излучения в ближнем инфракрасном диапазоне (в полосе пропускания 4), чем тень облака. Разница между значениями отражательной способности двух участков в полосе пропускания 4 составляет примерно 44:11, т. е. поверхность Земли, закрытая тенью облака, отражает излучение в ближнем инфракрасном диапазоне примерно в 4 раза интенсивнее, чем озеро. Такая разница вполне объяснима, так как деревья в тени облака отражают большее количество инфракрасного излучения, чем озеро, поглощающее большую часть этого излучения.

Наше исследование закончилось. Воспользовавшись гистограммами, мы идентифицировали облака и их тени на спутниковом изображении. Теперь вы можете самостоятельно пользоваться гистограммами, идентифицируя различные интересные объекты на изображении района города Беверли.

## **Что это такое?**

Пользуясь программными средствами построения гистограмм отражательной способности объектов, изучите изображение района города Беверли, штат Массачусетс, и попробуйте найти другие участки изображения, сходные на первый взгляд, для которых характерны различные характеристики отражательной способности. Сравнивая характеристики участков, вы можете выводить на экран, для сравнения, до 12 различных гистограмм одновременно.

Ниже приводятся примеры исследовательских задач, которые вы можете выполнить:

Определите, чем отличаются характеристики отражательной способности пляжей и береговой линии от характеристик прибрежного мелководья.

Определите разницу между отражательной способностью покрытия дорог или автомобильных стоянок и отражательной способностью крыш зданий.

Сравните характеристики мелководных и глубоководных участков.

Изучите характеристики отражательной способности различных типов растительного покрова, сходных по своей окраске, но отличающихся различными параметрами отражательной способности.

Подробно изучите характеристики берегового участка, т. е. перехода от суши к морю. Например, получите поочередно гистограммы для пикселя с координатами (138, 387) и расположенных к востоку от него пикселов с координатами (138, 398), (138, 399), (138, 400), ... до (138, 412).

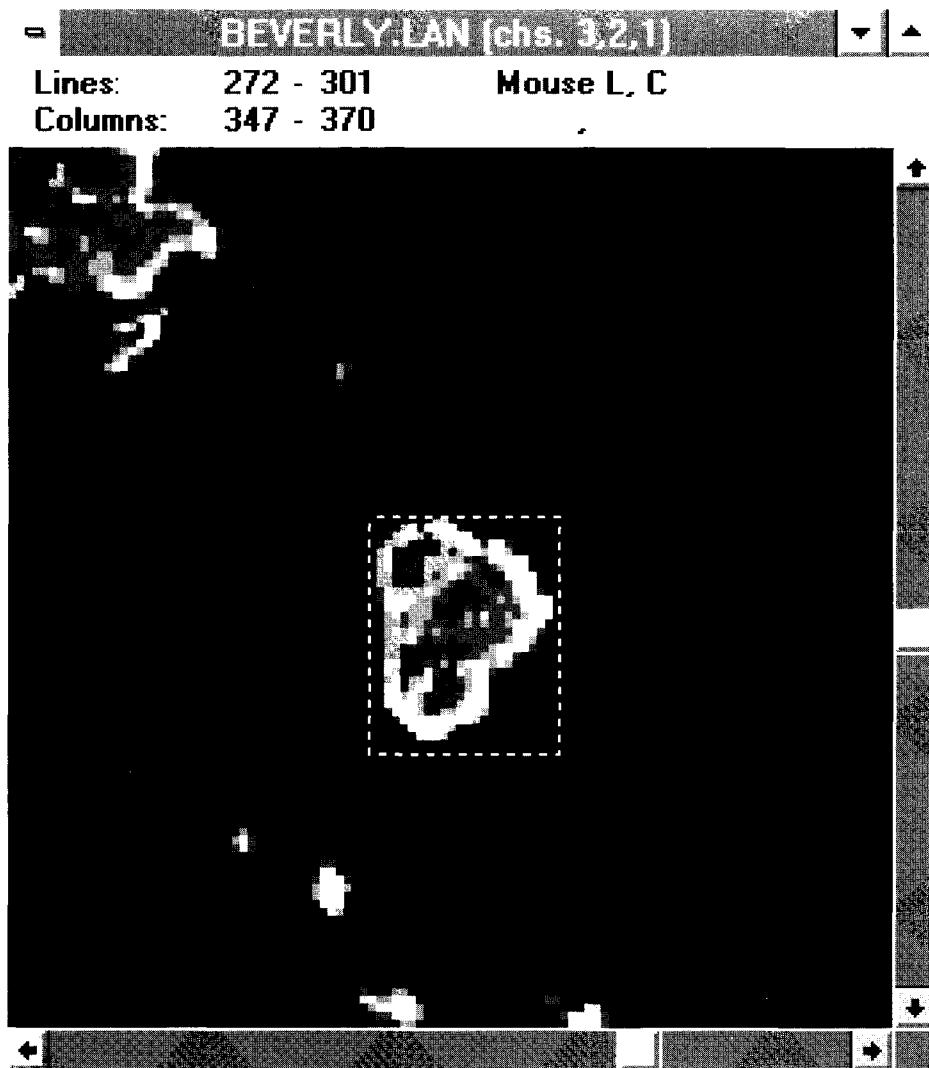
Если вы обнаружите какое-либо интересное явление, подготовьте описание, позволяющее другим повторить ваши операции и познакомиться с тем же явлением. Такое описание должно быть достаточно подробным для того, чтобы другие учащиеся могли успешно повторить ваш опыт. Кроме того, подготовьте описание результатов анализа изученных вами объектов. Обосновывайте любые сделанные вами выводы с помощью гистограмм отражательной способности соответствующих объектов. Вы можете копировать гистограммы, генерированные программой MultiSpec, и переносить их с помощью межпрограммной копировальной панели (Clipboard) в другие прикладные программы, такие, как программы для редактирования текстов, формируя компьютерную библиотеку характерных гистограмм отражательной способности определенных объектов. Впоследствии вы сможете изучить характеристики неизвестного объекта и идентифицировать его, сравнивая относящуюся к нему гистограмму с гистограммами, сохраненными в компьютерной библиотеке.

## **Определение площади участков неправильной формы**

Лесистые участки и озера, как правило, имеют неправильную форму. В этом разделе учебного пособия разъясняются методы определения площади объекта неправильной формы.

### **Метод определения площади с помощью описывающего и вписанного прямоугольников**

Этот метод позволяет переоценить площадь участка с помощью описывающего его прямоугольника и недооценить ее с помощью вписанного прямоугольника, находя среднее значение, приблизительно соответствующее площади участка неправильной формы. В приведенном ниже примере мы определяем площадь острова в океане у побережья в районе города Беверли, штат Массачусетс. На рис. 1 показан прямоугольник, описывающий участок, площадь которого больше фактической площади острова.



*Рис. 1*

Для того, чтобы определить координаты выбранного участка, выберите функцию «Вывод на дисплей координат выбранного участка» (Show Selection Coordinates) (см. окно с координатами на рис. 1).

Допустим, что окно, содержащее изображение, представляет собой большую координатную сетку с координатами левого верхнего угла (0, 0), координатами верхнего правого угла (512, 0), координатами нижнего левого угла (0, 512) и координатами нижнего правого угла (512, 512) (см. рис. 2). Горизонтальные строки изображения нумеруются так же, как строки таблицы. Вертикальные столбцы изображения нумеруются так же, как столбцы таблицы.

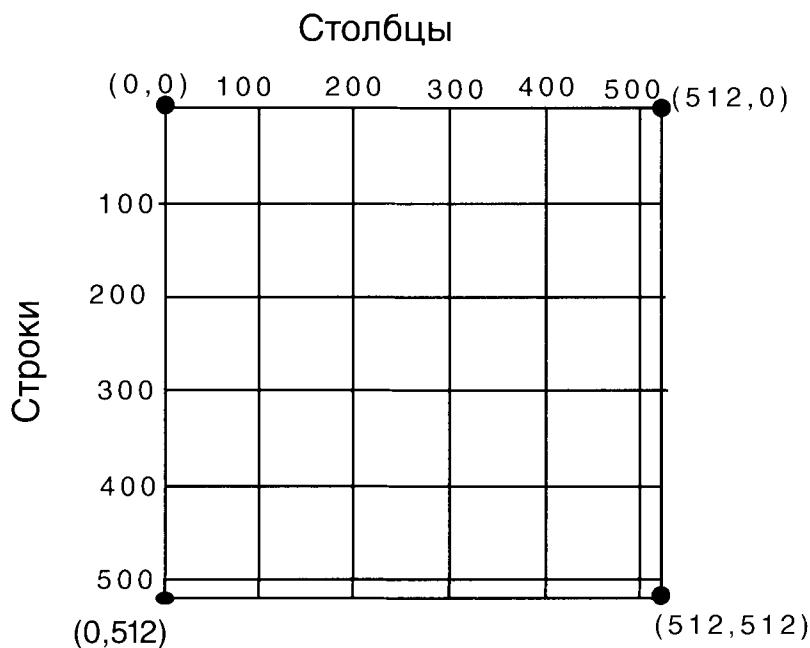


Рис. 2

Участок, выбранный на рис. 1, занимает строки от 272 до 301 и столбцы от 347 до 370. Так как  $301 - 272 = 29$ , высота выбранного участка составляет 29 пикселов или  $30 \times 29 = 870$  метров. Количество занимаемых участком столбцов составляет  $370 - 347 = 23$  пикселя, или  $30 \times 23 = 690$  метров. Таким образом, площадь выбранного на рис. 1 прямоугольного участка равна  $870 \times 690 = 600300$  квадратных метров.

Выполним такие же операции, чтобы определить площадь участка, выделенного на рис. 3.

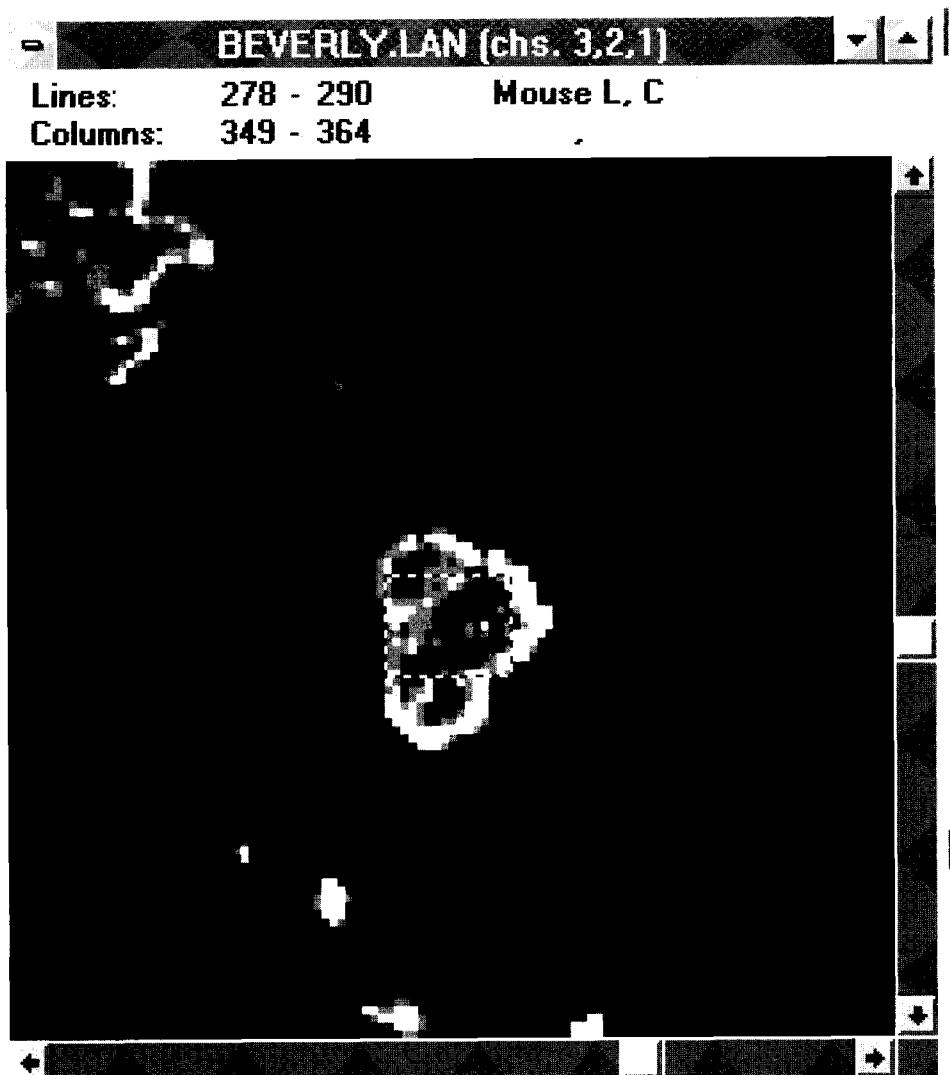


Рис. 3

$(290 - 278) \times 30 = 360$  метров;  $(364 - 349) \times 30 = 450$  метров. Площадь участка равна  $360 \times 450 = 162000$  квадратных метров.

Пользуясь полученной информацией, рассчитаем приблизительную площадь острова.

$(600300 + 162000)/2 = 381150$  квадратных метров. Допуская, что результат получен с точностью до одной наиболее значащей цифры, площадь острова составляет примерно 400 тысяч квадратных метров.

На этом заканчивается учебное пособие по использованию основных функций программы MultiSpec. Теперь вы можете пользоваться изученными методами, исследуя спутниковые изображения своего района. Программное обеспечение MultiSpec позволяет выполнять многие другие функции, о которых говорится в следующей части учебного пособия, предназначено для более опытных пользователей.

# Классификация с использованием заданных параметров: учебное пособие

Каждый пиксель изображения, полученного с помощью тематического оборудования (ТМ) спутника Landsat, содержит большое количество информации о материалах на поверхности Земли, отражающих свет на участке, соответствующем данному пикселю, регистрируемому датчиками спутника. Каждому пикселю получаемого изображения присваивается значение, от 0 до 255, в каждой из полос пропускания, регистрируемых тематическим оборудованием спутника. Например, если изображение содержит данные, зарегистрированные в пяти полосах пропускания, каждый пиксель этого изображения содержит пять элементов данных, каждому из которых присвоено значение от 0 до 255 (см. пример на диаграмме пикселя, приведенной ниже).



Это означает, что полученное вами изображение может содержать до  $256^5$  (т. е., примерно до 1,1 миллиарда) различных возможных сочетаний спектральных данных. Каждое из этих сочетаний **не отображает** отдельный определенный тип земного покрова. Большинство сочетаний данных отображают очень небольшие, «незаметные для глаза» вариации отражательной способности.

В большинстве случаев экран компьютера позволяет различать только 256 различных цветов, т. е. выводить на дисплей только 256 различных типов пикселов. Даже если выбран режим отображения «тысяч» цветов, на дисплей может быть выведена лишь небольшая часть множества различных типов пикселов, зарегистрированных спутниковым оборудованием. Даже если бы на экране компьютера демонстрировались все возможные зарегистрированные типы пикселов изображения, человеческий глаз смог бы распознать только некоторые из различий между этими элементами изображения.

Так как существует лишь ограниченное число различных типов земного покрова (в соответствии с модифицированной системой классификации ЮНЕСКО, MUC, различаются 130 различных типов земного покрова), а также потому, что ни один из участков исследований по программе GLOBE не может содержать все эти типы земного покрова одновременно, необходимо группировать пиксели изображения, объединяя их в небольшие группы сходных по своим характеристикам элементов изображения, относящиеся к тем или иным «классам». Такой процесс классификации пикселов с объединением сходных пикселов в отдельные группы осуществляется двумя различными способами — классификации без использования заданных параметров и классификации с использованием заданных параметров.

В случае классификации без использования заданных параметров пользователь «учит» программное обеспечение распознавать определенные типы пикселов, отображающие определенные типы земного покрова. Это делается на основе имеющейся информации об изучаемой территории и результатов проведенных полевых изысканий. Программное обеспечение, «обученное» таким образом, классифицирует пиксели изображения, относя их к различным указанным пользователем группам (классам). В руководстве по использованию программного обеспечения MultiSpec, которое поставляется вместе с другими материалами, получаемыми участниками программы GLOBE, содержится раздел, посвященный классификации без использования заданных параметров.

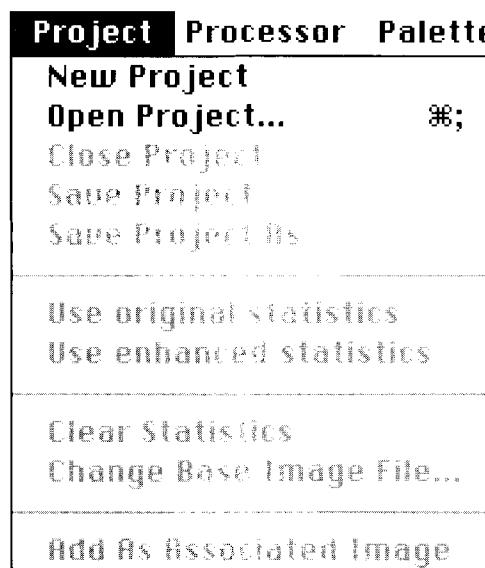
В случае классификации с использованием заданных параметров, или «кластеризации», пользователь вводит число, соответствующее количеству групп, или «кластеров» пикселов, которые он желает распознавать, и некоторые другие параметры. Программное обеспечение оценивает пиксели полученного изображения и группирует их в соответствии с критериями сходства их спектральных характеристик. Такая группировка производится не на основе известной информации о типах земного покрова, но на основе сходства спектральных характеристик пикселов.

В ходе подготовки карты земного покрова участка исследований по программе GLOBE площадью 15 x 15 км необходимо идентифицировать относительно крупные, однородные участки изображения в целях изучения земного покрова и дальнейшего использования в процессе их классификации без использования заданных параметров. В этих целях осуществляется кластеризация изображения программой MultiSpec, помогающая идентифицировать участки, требующие дальнейшего определения типов земного покрова в ходе полевых изысканий.

## Кластеризация

Для того, чтобы продемонстрировать процесс кластеризации, мы воспользуемся «подмножеством» пикселов, т. е. частью спутникового изображения г. Беверли в штате Массачусетс, включенного в учебные материалы для пользователей программы MultiSpec. Эта часть изображения площадью 101 x 101 пикセル позволит продемонстрировать процесс кластеризации быстрее, чем кластеризация всего изображения площадью 512 x 512 пикселов, и позволит вам точно выполнить указания, приведенные в настоящем учебном пособии.

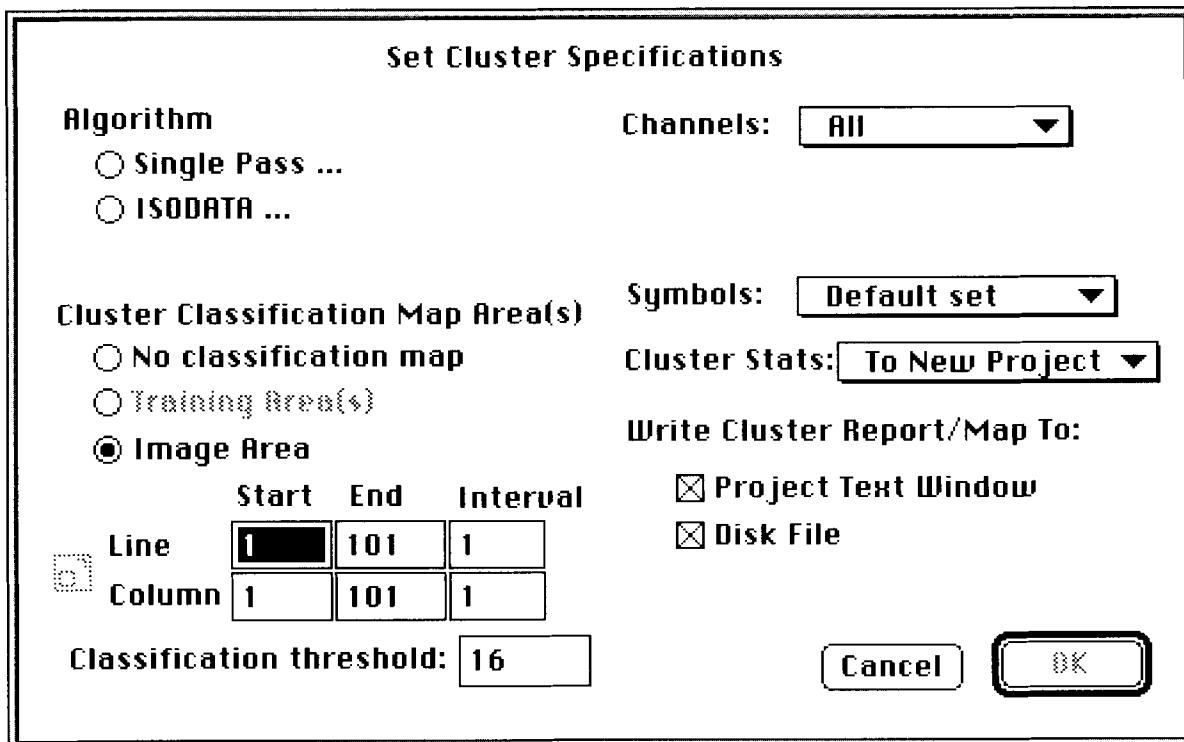
- Запустите программу MultiSpec и откройте (Open) изображение с именем **beverlysubset.lan**.
- Выберите функцию «Новый проект» (New Project) в меню «Проект» (Project).



Упражнения по применению метода кластеризации записаны в виде отдельных проектов; каждое выполняемое упражнение начинается с вызова соответствующего **тематического изображения** (Thematic Image) с помощью программы MultiSpec.

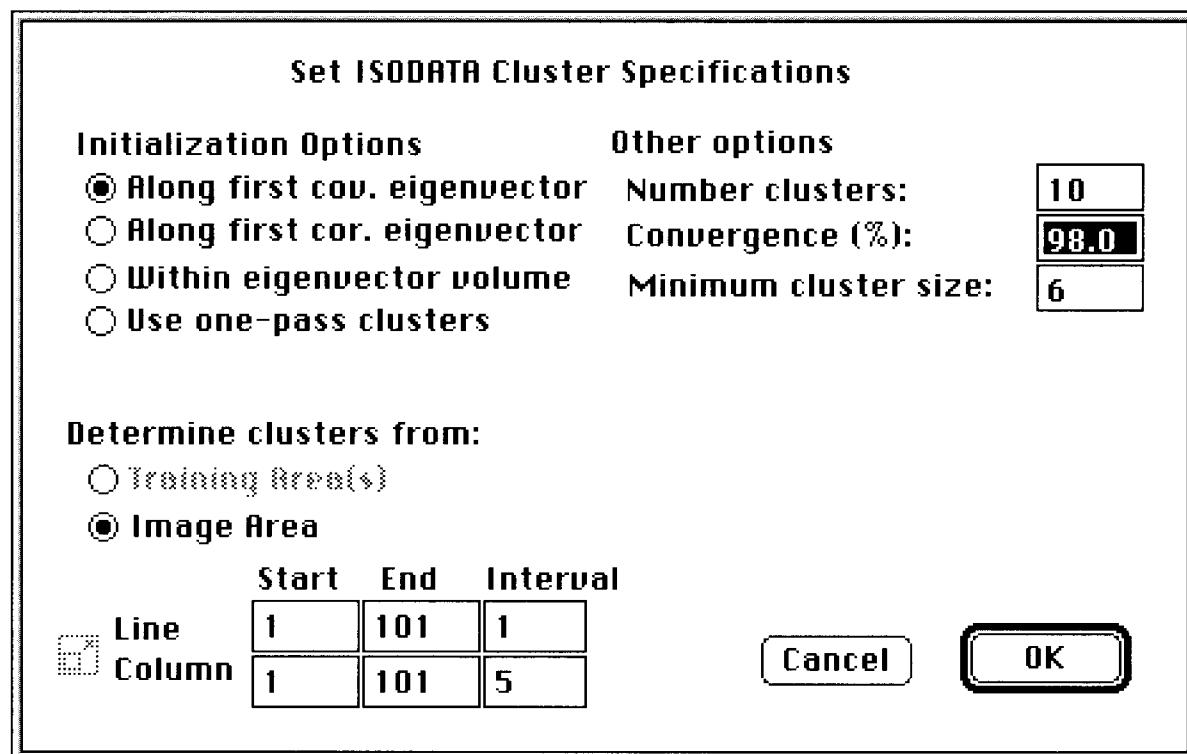
- Выберите функцию «Кластер» (Cluster) в меню «Процессор» (Processor). («Кластеризацией» в терминах программного обеспечения MultiSpec называется процесс классификации с использованием заданных параметров.) После вызова этой функции открывается окно «Установка параметров кластера» (Set Cluster Specifications). С помощью этого окна пользователь выбирает «алгоритм» кластеризации (метод, используемый программным обеспечением в процессе кластеризации) и вводит значения определенных параметров, используемых программой.

Вы должны ввести определенные значения параметров с помощью открывшегося окна.



- Во-первых, не забудьте выбрать щелчком мыши кнопку «Площадь изображения» (Image Area).
- Выберите (обозначьте знаком «Х») поле «Файл на диске» (Disk File). После этого результаты выполняемых вами операций будут записываться на диск.
- Не забудьте выбрать элемент «Новый проект» (To New Project) в меню «Статистические данные кластера» (Cluster Stats).
- Наконец, выберите щелчком мыши кнопку «ISODATA», указанную курсором на приведенной выше иллюстрации. ISODATA — алгоритм, или математический процесс, используемый программой MultiSpec в ходе кластеризации.

Откроется новое окно, «Установка параметров алгоритма кластеризации ISODATA» (Set ISODATA Cluster Specifications).



В этом окне пользователь вводит параметры процесса кластеризации, осуществляемого программой MultiSpec. Пользователь должен выполнить следующие операции, определяющие требуемую информацию.

- Убедитесь в том, что выбрана кнопка «Площадь изображения» (Image Area) (см. приведенную выше иллюстрацию).
- Выберите кнопку «В соответствии с первым ковариантным собственным вектором» (Along first cov. eigenvector). Это наименование алгоритма<sup>1</sup>, на основе которого программа MultiSpec будет осуществлять кластеризацию пикселов изображения.
- Выполняя это упражнение, оставьте «Прочие параметры» (Other Options) без изменения.

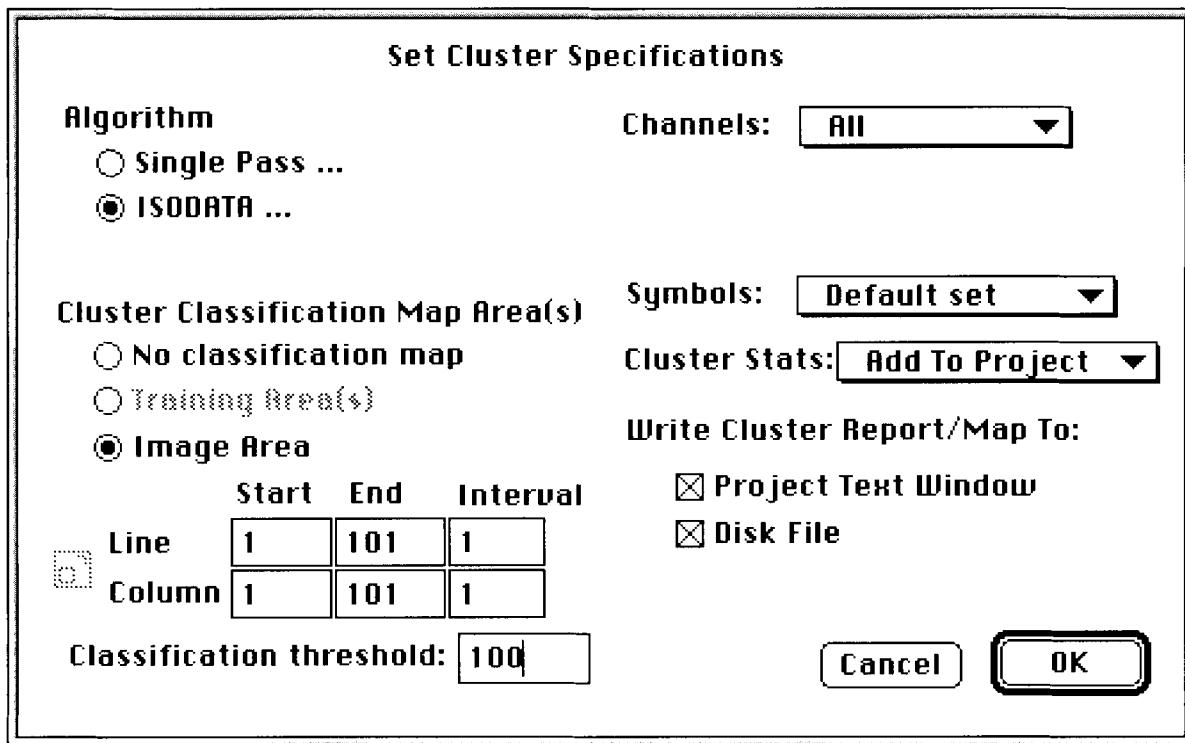
**Примечания.** С помощью параметра «Количество кластеров» (Number of clusters) задается количество различных групп (классов) пикселов, которые пользователь желает определить в процессе кластеризации. При выполнении этого упражнения используется 10 кластеров, так как производится кластеризация небольшого участка изображения. Количество кластеров, которое следует использовать при кластеризации всего изображения площадью 512 x 512 пикселов, обсуждается в дальнейшем.

В процессе кластеризации программа осуществляет многократную повторную обработку данных, называемую «циклической обработкой». Каждый отдельный этап обработки данных называется «циклом». Программа осуществляет такие «циклы» обработки данных до тех пор, пока предварительно заданный процент количества пикселов изображения не останется неизменным после окончания цикла обработки. На этом кластеризация заканчивается. Параметр, определяющий этот процент пикселов, остающихся неизменным после цикла обработки данных, называется «Схождением» (Convergence).

Параметр «Минимальный размер кластера» (Minimum cluster size) определяет наименьший размер участка изображения, кластеризуемого программой. Участки меньшей площади не кластеризуются.

<sup>1</sup> Описание алгоритмов, применяемых программой MultiSpec, см. в публикации «Введение в программу MultiSpec» (An Introduction to MultiSpec) Дэйвида Лэндриба и Ларри Била (изд. Purdue Research Foundation, 1995). Этот документ может быть загружен со страницы сервера Purdue/LARS в сети Web по адресу: <http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>

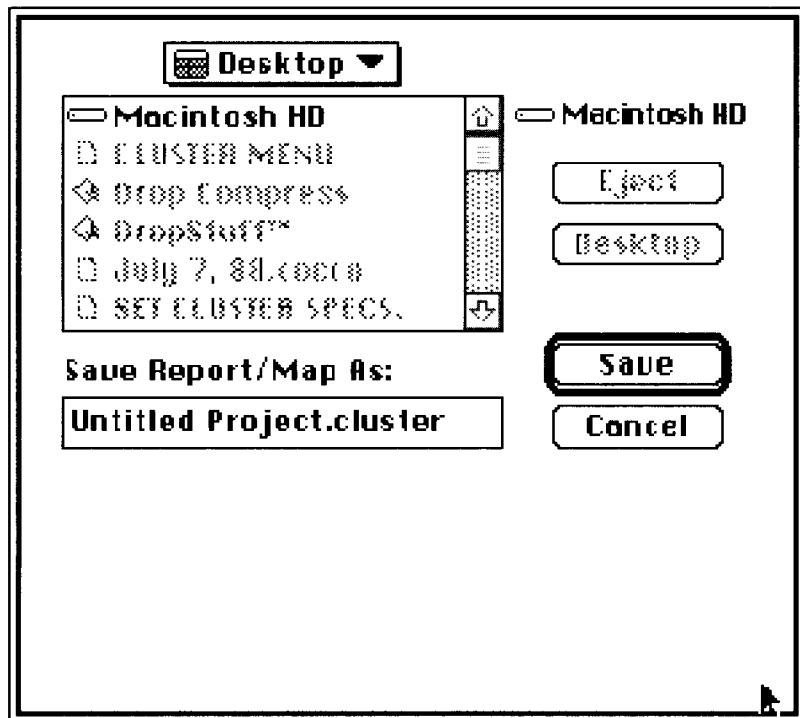
- После установки требуемых параметров нажмите щелчком мыши кнопку «OK».
- На экране снова появится окно «Установка параметров кластера» (Set Cluster Specifications).



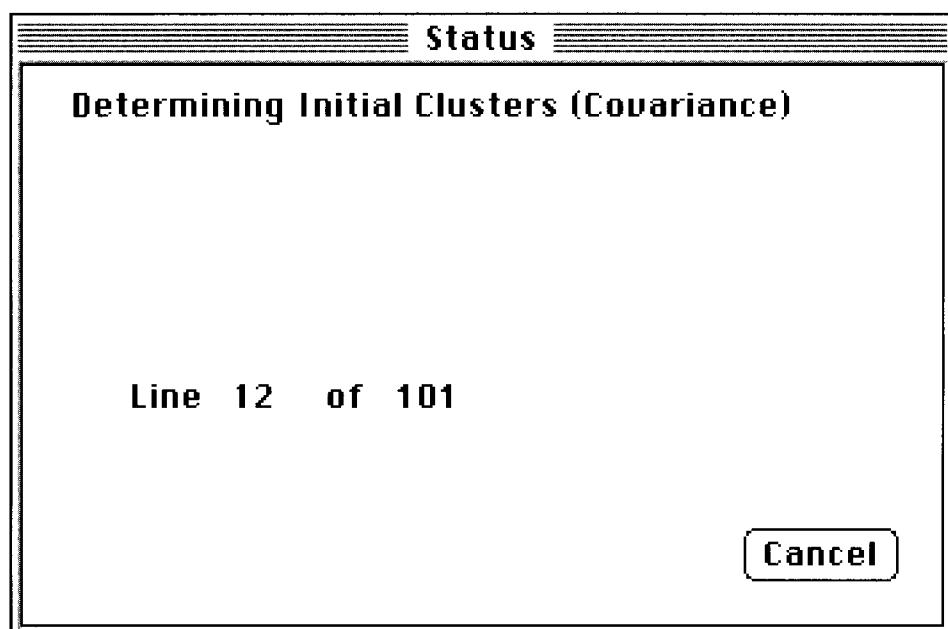
- В нижнем левом углу окна находится поле ввода данных «Пороговый уровень классификации» (Classification Threshold). Замените значение, указанное в этом поле, значением «100».

Ввод значения «100» порогового уровня приводит к тому, что система будет относить каждый из пикселов изображения к одному из кластеров. Ввод значения меньше 100 означал бы снижение допустимого уровня отнесения пикселов к различным кластерам, т. е. привел бы к тому, что некоторые из пикселов не были бы отнесены ни к одному из кластеров. Выполняя данное упражнение по кластеризации изображения, мы заинтересованы в получении изображения, разделенного на крупные и в основном однородные участки; поэтому нет необходимости в исключении из кластеров отдельных пикселов со спектральными характеристиками, незначительно отличающимися от характеристик окружающих пикселов.

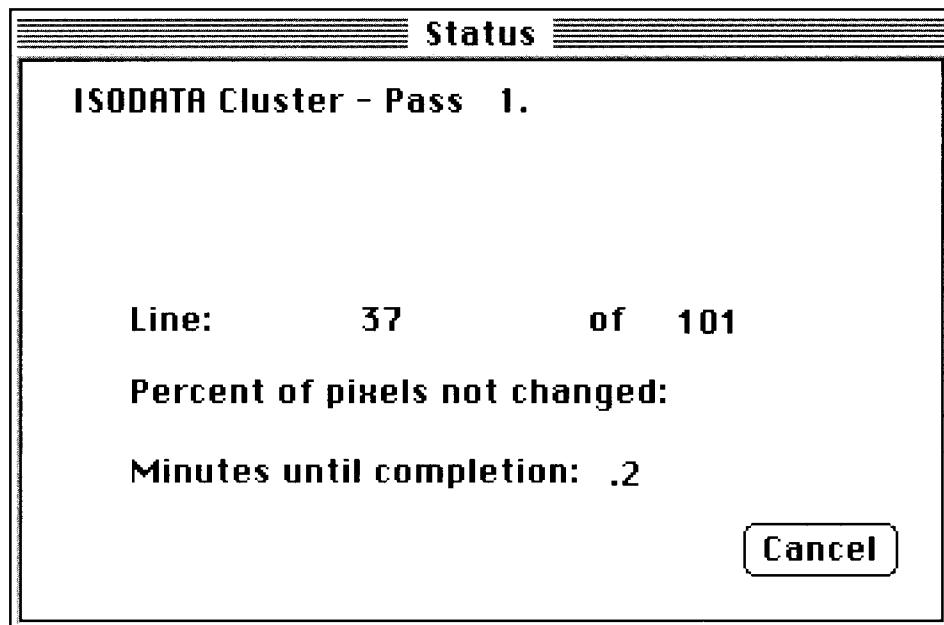
- На экране появится диалоговое окно «Сохранение файла» (Save File), показанное на приведенной ниже иллюстрации. По умолчанию задается имя файла, который будет содержать классифицированное вами изображение: «Untitled Project.Cluster». Замените часть «Untitled Project» заданного по умолчанию имени файла именем, описывающим обрабатываемое изображение, но не заменяйте расширение имени файла «Cluster», которое позволяет определять тип файла.



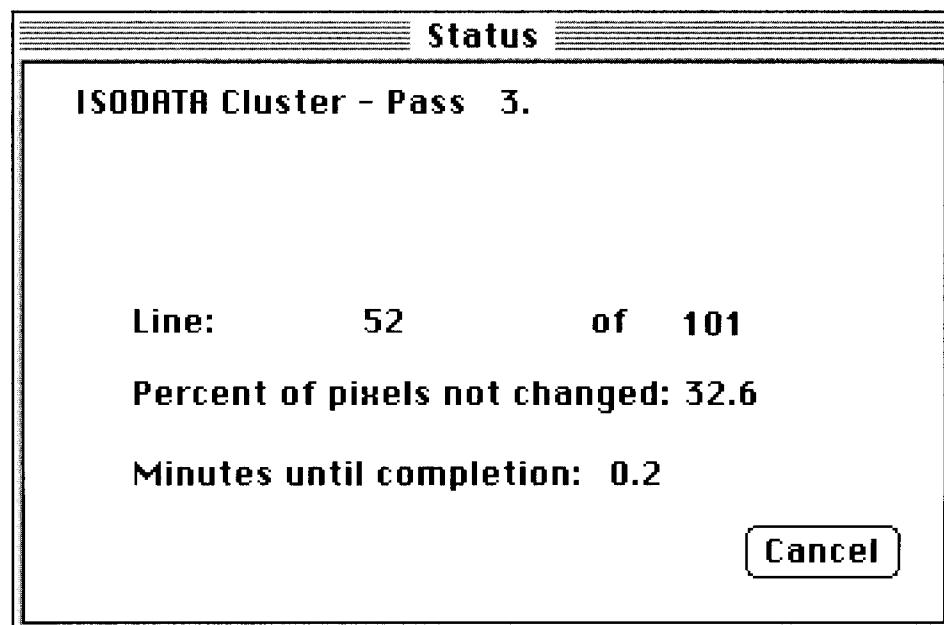
- Программа выполнит первый цикл обработки изображения, позволяющий произвести предварительную оценку количества различных кластеров элементов данного изображения. Результаты этой предварительной оценки указываются в окне «Состояние» (Status), показанном на приведенной ниже иллюстрации.



- После этого на экране появляется окно состояния первого цикла кластеризации (**Status**), показанное на приведенной ниже иллюстрации. В процессе первоначального цикла кластеризации (Pass 1) в графе «Процент не изменившихся пикселов» (**Percent of pixels not changed**) не указывается какое-либо значение. Кроме того, указывается время, необходимое для завершения цикла кластеризации.



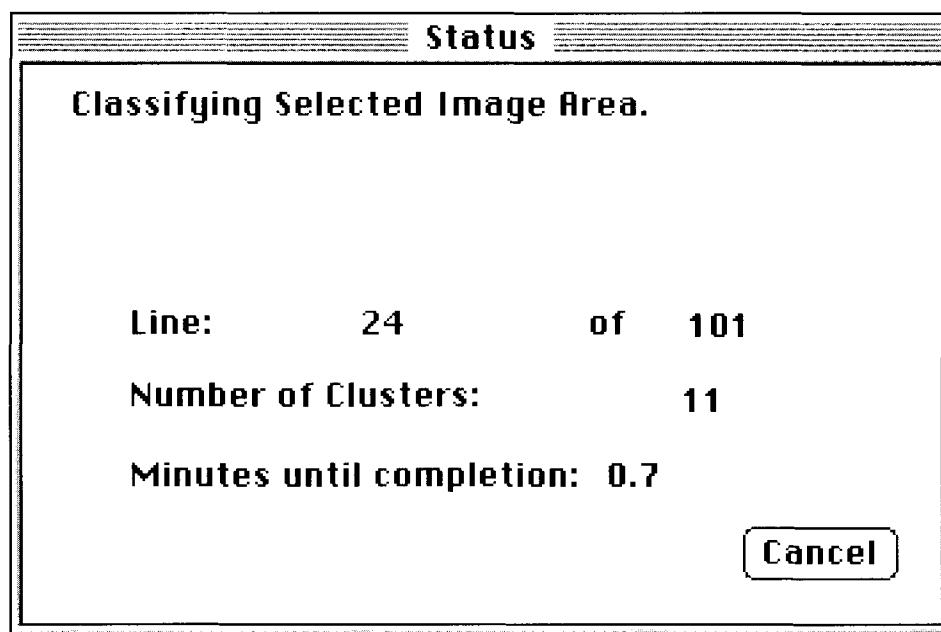
- Поле графы «Процент не изменившихся пикселов» (**Percent of pixels not changed**) не изменяется до окончания второго цикла кластеризации (Pass 2). По окончании этого цикла в поле этой графы появляется значение, отражающее количество не изменившихся пикселов в процентах (как правило, от 30% до 40%; см. иллюстрацию ниже).



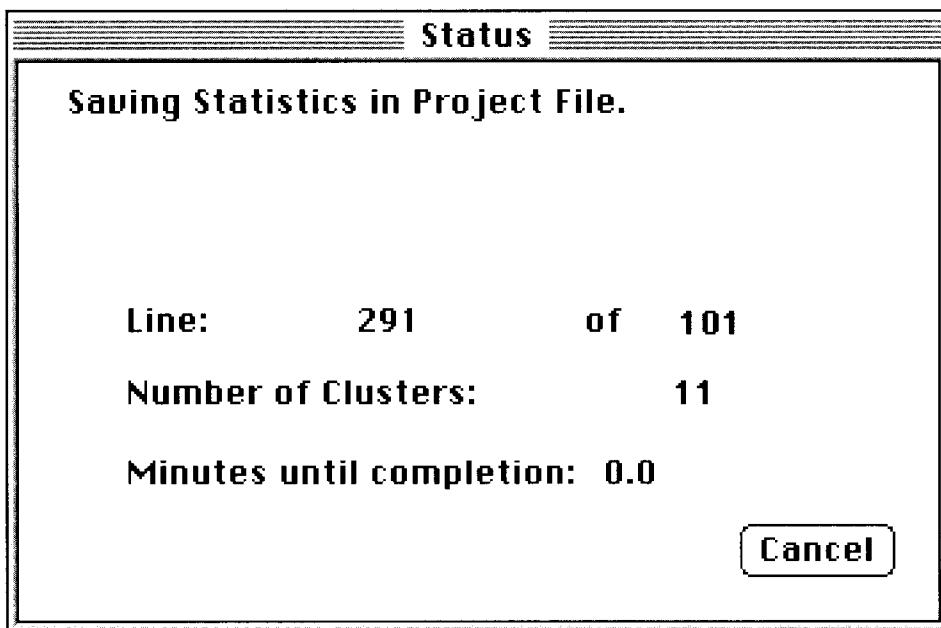
- В ходе последующей обработки данных значение поля «Процент не изменившихся пикселов» (Percent of pixels not changed) увеличивается до тех пор, пока оно не достигает уровня, заданного параметром «Схождение» (Convergence (%)). Продолжительность времени, требуемого для завершения каждого цикла кластеризации, указывается в минутах в окне, появляющемся на экране (Minutes until completion).

Как правило, программа осуществляет от 12 до 14 циклов кластеризации до того момента, когда количество не изменившихся пикселов изображения достигает 98%. Количество времени, необходимое для обработки данных, зависит от быстродействия процессора вашего компьютера. Если вы пользуетесь компьютером Power Mac 6100/66 и версией программы MultiSpec, предназначеннной специально для компьютеров Power Mac, не пользуясь какими-либо другими программами одновременно, процесс обработки изображения занимает 2—3 минуты. Если вы пользуетесь портативным компьютером Mac 150 (с очень медленно действующим процессором), тот же процесс может занять несколько часов. Если вы используете «старый и медленный» компьютер, запланируйте проведение занятия так, чтобы начать процесс кластеризации в конце дня. В этом случае обработка данных может продолжаться без вашего участия в течение ночи, и утром следующего дня вы сможете увидеть результаты.

- Если вы выберете кнопку «Отмена» (Cancel) во время цикла обработки данных, эта кнопка выделится на экране, но ваше действие не приведет к немедленному результату. Отмена процесса кластеризации будет иметь место **только по окончании текущего цикла кластеризации**.
- После определения кластеров программа выведет на дисплей окно «Классификация выбранного участка изображения» (Classifying Selected Image Area), показанное на приведенной ниже иллюстрации. В этом окне указано, к какому из кластеров было отнесен программой тот или иной индивидуальный пикセル изображения. Обратите внимание на то, что программа сообщает о подразделении изображения на 11 кластеров, в то время как было задано максимальное число кластеров, равное 10. Этот вопрос обсуждается ниже.



- По окончании кластеризации на экране появится окно «Сохранение статистических данных в файле проекта» (**Saving Statistics in Project File**), показанное на приведенной ниже иллюстрации.



- В последнем окне, которое будет выведено на дисплей, содержится сообщение «Обновляется окно вывода текста» (**Output text window being updated**). После этого программа возвращается к окну просмотра, содержащему первоначальное изображение.

## Результаты кластеризации

Кластеризация изображения приводит к двум результатам.

В окне вывода текста (**Text Output**) появляется описание процесса кластеризации и «текстовая карта».

Генерируется кластеризованное тематическое изображение (**Thematic Image**).

- Выберите функцию «Вывод текста» (**Text Output**) в меню «Окна» (**Windows**). В верхней части открывшегося окна указаны статистические данные, описывающие процесс кластеризации и его результаты. Ниже приведена часть появляющегося в этом окне текста, относящегося к кластеризации изображения, использованного в качестве примера. В окне указывается количество полученных кластеров и среднее значение отражательной способности, определенное для каждой из полос пропускания излучения (каналов) в отношении каждого определенного класса (кластера) пикселов изображения.

## **Окончательные статистические данные о кластерах (классификационных категориях) пикселов изображения**

Кластер	Кол-во пикселов	Средние значения для каждого из каналов				
		1	2	3	4	5
1	46	238,8	244,5	242,3	162,9	226,7
2	59	215,3	203,2	201,3	118,1	153,9
3	160	155,3	150,4	140,8	142,0	153,2
4	139	118,4	144,4	119,5	227,2	233,9
5	143	112,7	110,4	100,3	138,2	132,1
6	255	89,9	97,8	81,0	182,6	150,7
7	383	67,8	84,5	57,0	232,3	160,9
8	539	60,8	71,5	48,3	198,2	135,5
9	281	60,8	65,3	46,7	153,3	108,8
10	36	69,7	55,7	35,4	19,9	19,6

Количество классов = 11

Обратите внимание на то, что программа сообщает о подразделении изображения на 11 кластеров, в то время как было задано максимальное число кластеров, равное 10. К одиннадцатому классу относятся пиксели, не удовлетворяющие требованию, определяемому с помощью значения порогового уровня (**Threshold**). Эти пиксели соответствуют тем участкам изображения, которые не были отнесены ни к одному из заданных классов пикселов в процессе кластеризации. В данном случае, однако, было задано максимальное значение порогового уровня «100», и программа не нашла ни одного пикселя, превышающего этот пороговый уровень.

Кроме того, приводится текстовая карта кластеризованного участка изображения. Программа присваивает числовой или буквенный код каждому из кластеров, и выводит на дисплей карту кластеризованного участка изображения с использованием этих кодов. В случае кластеризованного участка изображения города Беверли программой присваиваются следующие коды.

### Используемые классы пикселов

1:	Кластер 1	1
2:	Кластер 2	2
3:	Кластер 3	3
4:	Кластер 4	4
5:	Кластер 5	5
6:	Кластер 6	6
7:	Кластер 7	7
8:	Кластер 8	8
9:	Кластер 9	9
10:	Кластер 10	A
11:	Пиксели со значениями, превышающими пороговый уровень	

Часть текстовой карты кластеризованного участка изображения приведена ниже, шрифтом 9 кегля. Отодвинув эту карту на расстояние вытянутой руки, вы можете заметить различные крупные однородные участки земного покрова. Эту текстовую карту можно распечатать и раскрасить вручную, что позволит вам определить границы исследуемых участков земного покрова. Тем не менее, это изображение придется распечатывать по частям; распечатка текстовой карты изображения площадью 512 x 512 пикселов будет слишком большой для большинства принтеров.

## **Классификация пикселов выбранного участка изображения**

Строки от 1 до 101; столбцы от 1 до 101

8777888777877787777778888888888359988877788863699999888888778898887777358788877778877777777  
887887787777777788888888886999877778866778998888888777668887777743987777777877777777  
8888877777777788888888886359887777888667789888988731135436777773598777888887777777  
8888877777778887788888888835977777888777667788899888311133225677774358778888987777777  
88888778877777888777888888888865877777888878778889988861111223668777743987778888777777  
8877887788877777788868888886886887777888877888899888631111116777774358877778888777778888  
87777788887777887777888888888965688888888887868998887622221116777765988766888877777788888  
777776999887788777778999888987853668668888766999861112231138777558777668888777777888688  
87777899988788877779AA98888988896115996666666666999611122211297777458786668887777778896468  
7777899988777777789998888988998325955566355665599312221111137777439878666888777777896688  
7777799988777777789888889989877653111398355553363121111111114777358788876598788877777896687  
7777799888777777777888888998998776531114965988876331121111113773588877776588777777777888787  
777778888777777777888689899898777631146699888777511377436887776898887777777776888888  
77777888877777777888889989887777862363212134477435778876587866877777777778888699  
777778888877777789688898888798777886311689877778666333443777735878888766863977777777788888  
77787888874677777777898888888888887788873399988667778832336442677773588887886358977887777688888  
7777788886367777777788888888888878888865589863336778866444368774358888878898886788888888878888  
777778888677477778888998888877788888638863688796311127887733688888888896623888788866876888888  
77888888877777677778888899888889987777777765866633677631111188843368888888777899633667788888789888888  
77888888877777788888998888998777777788621111167633668878987669A9633336776888778888888  
788877777777777788888888789997788777778623677636611111135566677888988696A9664367878876888889888  
7888788777777777788788888998777887777735777636111233359998647668888896AA98666333686588889887  
8888887777777777477788899898987887777777358777644365359989874664488896999986666323696588899888  
888888777777777746889989987888878878777777658876633233599869888746844888968997996666888899998877  
8887766667777777888887789977777888777777776366633359999868888746874448899746999986888899988777  
88877666347777778888778887777777443333335999987889446986446888844699999888999888777  
8877777467777665536333363333643333222356686599898778877446986444888866999888988999888777  
777777744333333333333333333333333536776689998887788644688874469988688888889998777778  
776633332355599989998999888888888899988889899898983444366776959657774664469898874469869888877898777778  
35555999998998888888888899988889898898989889863323477745986766441499998889864698888699777888778888  
5559999899888888887899988888898789998889878699998863323477745986766441499998889864698888699777888778888  
9099999668888888789998887788877735999865323444774238876744399988888888886786688698777888778888  
556595666777788889987877888877769998878733346788748999888877777894698889877787777778888  
998996677747788889988877888777896999887735699999864577764444478984698887877777777778888  
888986777778878888998887788887789969885377359999898769744699988777444446774468877777777777777888  
86598777866888888888888877888877899869866699999888889744998887764444674468777777777777777888  
6666666666988877778888888888869869888888888888698698888698698698698698698698698698698698698698  
8875599989659887786988888888888888888888888888888888888888888888888888888888888888888888888888  
88766999877699765598888888888988999986666999876887774469446987777777744444356668888777778888777  
888878888778686644598888888888888888999965666998637887744594446965877768888778888788  
866688867776564446889888888888878888666669999888874466744148999877441441146658664466688899A99998  
6322598877666666999988888999989988889886666998659774464446998876444444411466567766663469AAA99998  
32113888863596853359668888889999988968877747633596444444688774414444444144444466699999965AAA999988  
332366688732588833586368888889998777765666646556356444644474444444444659988899889A9988877  
63355348865666632565688888888988887433447666555321344444444444441144444444444443366765259999788879  
323896877783223558339888888899988677634444443223214414444441444444444444444444455555565688696358899  
3115877778652555353359888888888883576444423221444446864441444444444444465536566688999998  
656214777788865993556988888888999667644411444344114444449986444644477769559866688666699998888  
889647777863999633688888865359998733441444444431444469998888888888776665559987666665559998786  
989977887786588963358788888333359986564444444444444444146A98998887789998633346665598788998789999888888  
3598777777755888635668888733336959866444444444146A989988877899986333466655987889987899988888  
5559877778896588885556987888555676556666744444444444148998998959699888653446966599776996469988888887

Кроме того, программа генерирует сводку результатов классификации (приведенную ниже), в которой указывается число пикселов, относящихся к каждому из кластеров, а также число не классифицированных пикселов.

#### Сводка результатов классификации

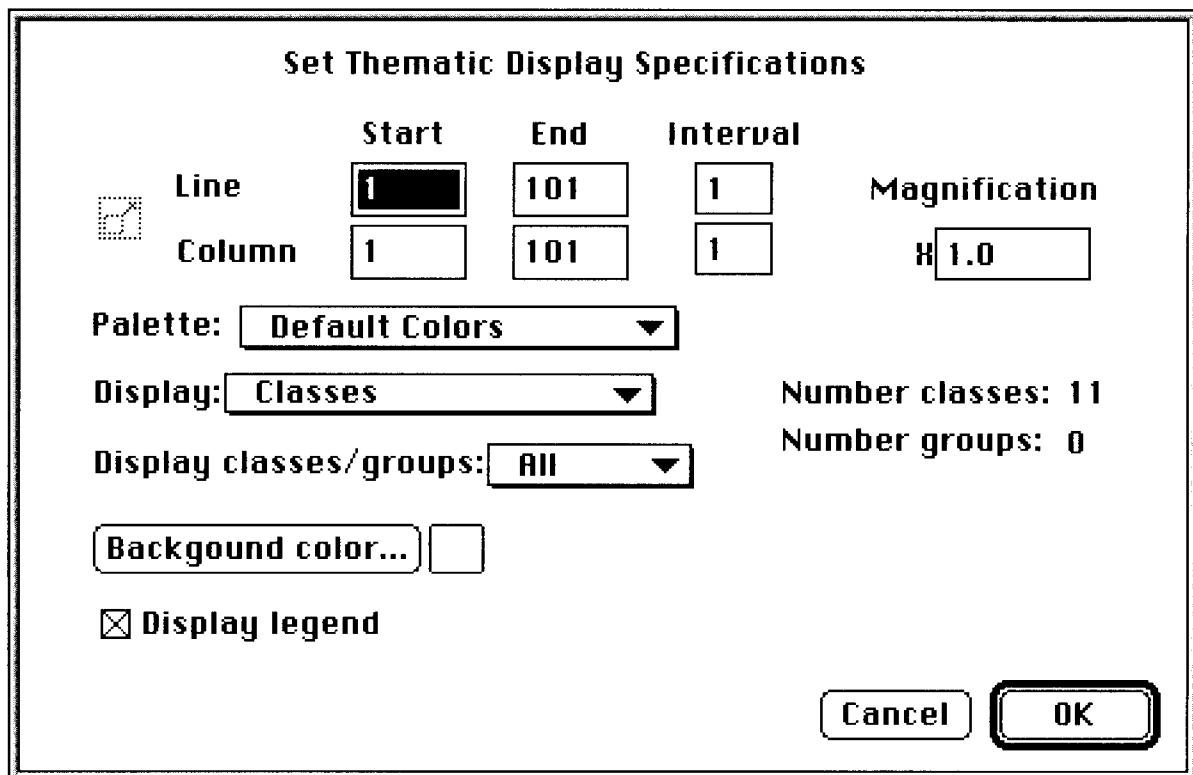
Количество пикселов, относящихся к кластеру 1:	247
Количество пикселов, относящихся к кластеру 2:	252
Количество пикселов, относящихся к кластеру 3:	770
Количество пикселов, относящихся к кластеру 4:	676
Количество пикселов, относящихся к кластеру 5:	789
Количество пикселов, относящихся к кластеру 6:	1277
Количество пикселов, относящихся к кластеру 7:	1907
Количество пикселов, относящихся к кластеру 8:	2703
Количество пикселов, относящихся к кластеру 9:	1366
Количество пикселов, относящихся к кластеру 10:	214

Количество неклассифицированных пикселов: = 0

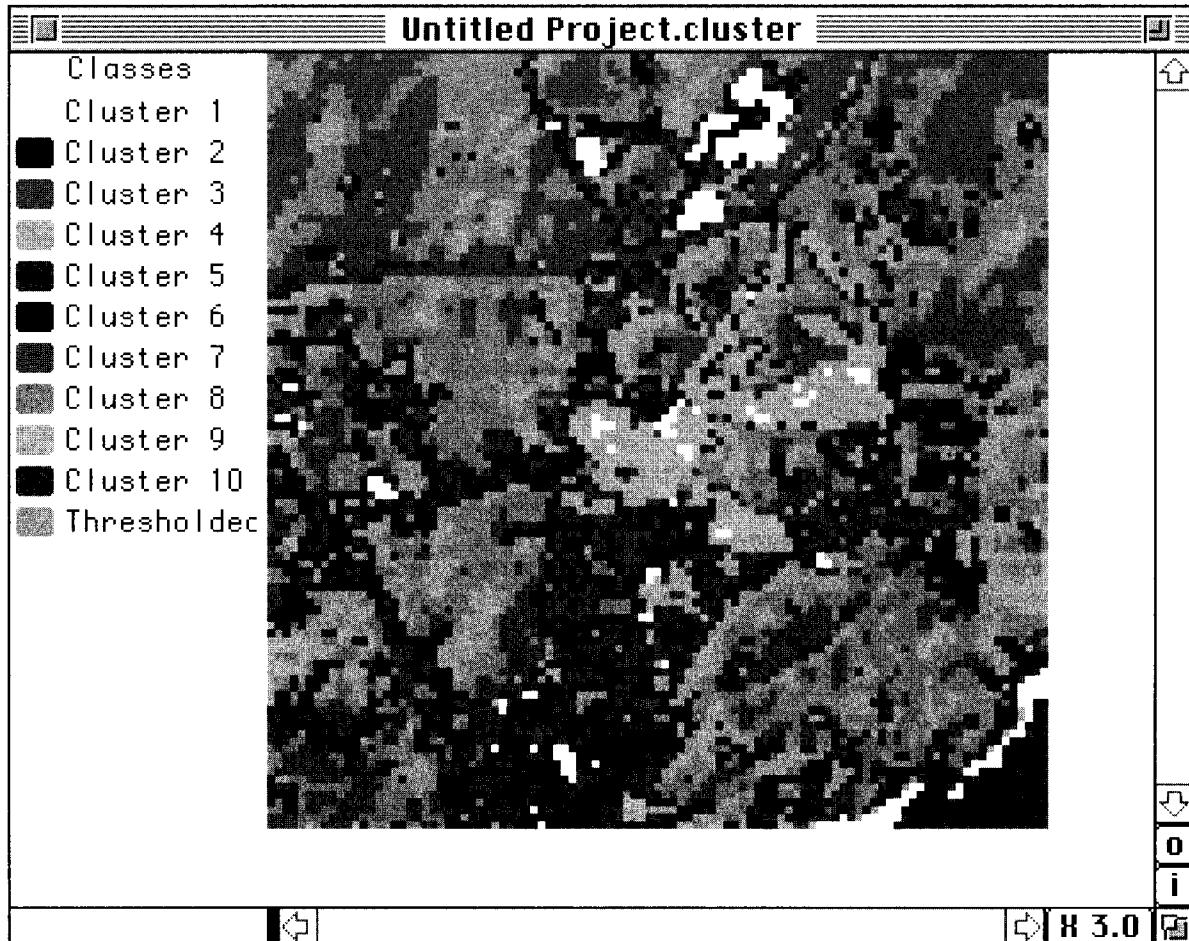
В данном случае, как вы уже помните, количество не классифицированных пикселов равно 0, так как был задан пороговый уровень классификации (**Classification threshold**), равный 100.

## Изучение кластеризованного изображения

- Выберите функцию **вызыва изображения (Open Image)** в меню «Файл» (File).
- Выберите использованное ранее имя файла с расширением **.Cluster** и **откройте (Open)** этот файл.
- На экране появится окно установки параметров вывода тематического изображения на дисплей (**Set Thematic Display Specifications**) (см. приведенную ниже иллюстрацию). В дальнейшем вы можете поэкспериментировать с некоторыми из параметров этого окна, но в данном случае допустите заданные по умолчанию значения и выберите щелчком мыши кнопку **«OK»**.



- На экране появится кластеризованное изображение (см. приведенную ниже иллюстрацию).



- Обратите внимание на то, что перечислены 10 пронумерованных классов пикселов и 11-й класс не классифицированных пикселов (Thresholded). Каждому классу пикселов программой присваивается определенный цвет, не имеющий ничего общего с фактическим цветом объектов, относящихся к этому классу. Кластеры расцвечены и отсортированы в порядке, соответствующем уменьшению уровня яркости. Это означает, что кластеры, занимающие верхние строки списка на экране, соответствуют типам поверхности, которые «ярче» (т. е. отличаются большей отражательной способностью), чем типы поверхностей, отображенные кластерами, занимающими нижние строки списка.
- Вы можете изменять присвоенные кластерам цвета, выбирая двойным щелчком мыши цветное поле перед кодовым обозначением каждого из кластеров. После выбора такого цветного поля на экране появляется стандартное окно выбора цветов, используемое в операционной системе Apple. Если вы не знакомы с процессом выбора цветов в операционной системе Apple, см. руководство для пользователей вашего компьютера.
- Вы можете распечатать выведенное на дисплей изображение, воспользовавшись функцией «Печать» (Print) в меню «Файл» (File). Список кластеров с цифровыми и цветовыми кодами распечатывается вместе с изображением.
- Вы можете также пользоваться некоторыми из обычных функций программы MultiSpec, работая с кластеризованным изображением. К таким функциям относятся функция масштабирования изображения (Zoom) и функция вывода на дисплей координат выбранного участка (Show Selection Coordinates). На графике нового выбранного участка (New Selection Graph) будет показан график только одного параметра, потому что кластеризованное изображение не является более «многоспектральным», т. е. каждый пикセル изображения не содержит более данных, относящихся к различным полосам пропускания, регистрируемым оборудованием спутника Landsat, но соответствует только одному значению, определяющему его цвет.

- Если вы осуществляете процесс кластеризации с использованием большего количества классов пикселов, все используемые классы пикселов могут не уместиться в столбце списка «**Классы**» (**Classes**). Для того, чтобы просмотреть весь список классов, вы можете выполнить следующие операции.
  - Поместите курсор внутри списка.
  - Нажмите кнопку мыши и не отпускайте ее.
  - Перетащите курсор в верхнюю или в нижнюю часть списка.

Список классов будет перемещаться вверх или вниз.

- Иногда трудно определить, какой из цветовых кодов, приведенных в списке классов (**Classes**), относится к тому или иному раскрашенному участку кластеризованного изображения. Для того, чтобы определить соответствие того или иного цветового кода тому или иному участку изображения, вы можете выполнить следующие операции.
  - Поместите курсор в любом из полей цветовых кодов в списке классов (**Classes**).
  - Нажмите и не отпускайте клавишу верхнего регистра (**Shift**). Символ курсора заменится символом «глаза».
  - Нажмите кнопку мыши; все участки изображения, относящиеся к выбранному цветовому коду (классу), начнут мигать или станут белыми.
- Вы и ваши ученики, скорее всего, пожелаете подготовить тематическую карту кластеризованного изображения, на которой вы сможете идентифицировать некоторые фактические типы земного покрова, соответствующие кластеризованным участкам изображения. Для этого вы можете сохранить кластеризованное изображение в виде файла в формате **TIFF**, воспользовавшись меню «**Файл**» (**File**). Сохраняется только кластеризованное изображение без списка цветовых и числовых кодов классов пикселов. Файл в формате **TIFF** можно импортировать в любую программу для рисования или раскраски изображений, после чего на основе кластеризованного изображения можно подготовить цветную карту.
- Если вы желаете сохранить изображение вместе со списком цветовых и числовых кодов классов пикселов, вы можете сохранить весь экран, воспользовавшись функцией сохранения изображения на экране операционной системы Apple (**команда Shift-Command-3**). Нажмите клавишу верхнего регистра (**Shift**) и клавишу команд (**Command**) и удерживайте их в нажатом положении, после чего нажмите клавишу «3». «Фотография» изображения на экране будет сохранена в виде файла в формате **PICT** на жестком диске вашего компьютера, после чего вы можете открыть любую программу для персональных компьютеров, позволяющую обрабатывать изображения в формате **PICT**. В случае IBM-совместимых персональных компьютеров существует ряд программ, позволяющих «фотографировать» изображение, выведенное на экран. Пользователи компьютеров **Macintosh** также могут применить несколько программ, копирующих изображение на экране в формате, позволяющем применять большее количество функций, чем формат **PICT**, используемый операционной системой Apple.

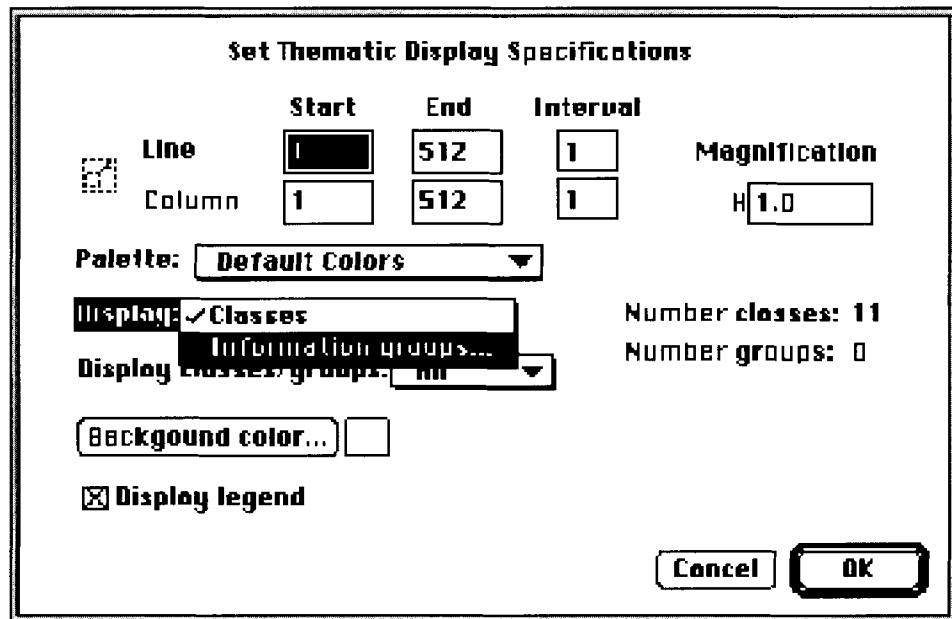
## **Насколько достоверна информация, получаемая в результате процесса кластеризации?**

Пользователь должен убедиться в том, что процесс классификации без использования заданных параметров фактически приводит к определению кластеров, соответствующих различным типам земного покрова. С этой целью предусмотрен учебный файл с именем **Beverly9subset.class**, с тем же изображением, которое вы только что кластеризовали. Содержащееся в этом файле изображение, однако, было кластеризовано в процессе классификации с использованием заданных параметров специалистом, которому были известны типы земного покрова района, охватываемого изображением.

- Открыв ваше кластеризованное изображение, увеличьте его в 3 раза (**Zoom = 3X**).

Оставив ваше изображение открытым, откройте файл **Beverly9subset.class**.

- Выберите функцию «**Open**» в меню «**Файл**» (**File**).
- Найдите имя файла **Beverly9subset.class** и откройте его (**Open**).
- Когда откроется окно установки параметров **вывода тематического изображения на дисплей** (**Set Thematic Display**) (см. приведенную ниже иллюстрацию), выберите элемент «**Информационные группы**» (**Information Groups**) в меню «**Дисплей**» (**Display**).



- Измените размеры и положение каждого из окон с изображениями так, чтобы они находились рядом на экране.
- Сравните участки, указанные на изображении, полученном методом классификации с использованием заданных параметров, с кластерами, указанными на изображении, полученным методом классификации без использования заданных параметров.

Вы можете заметить, что на вашем (втором) изображении, по крайней мере в данном случае, указаны крупные единообразные участки, соответствующие определенным типам земного покрова, которые могут быть изучены в ходе полевых изысканий.

## Сколько кластеров следует использовать?

Большинство участков исследований по программе GLOBE площадью 15 x 15 км не содержат большого количества различных типов земного покрова. Впервые осуществляя кластеризацию изображения площадью 512 x 512 пикселов, используйте те же значения, которые применялись при выполнении учебного упражнения. Проведите полевые изыскания тех участков, которым соответствуют довольно крупные единообразные кластеры изображения. Сравните полученные вами результаты с категориями, предусмотренными в системе классификации MUC. Количество используемых кластеров следует увеличивать только в том случае, если вы считаете, что применяемое количество кластеров недостаточно для правильного отображения типов земного покрова, встречающихся на вашем участке, и даже в этом случае будет достаточно использовать от 12 до 14 различных кластеров.

## Подготовка отчета, содержащего полученные данные

Для того, чтобы подготовить отчет, содержащий полученные вами данные, необходимо «осмыслить» кластеры, определенные методом классификации без использования заданных параметров. После этого вы можете присвоить кластерам новые идентификационные коды, описывающие типы земного покрова, отображаемые кластерами. Этот процесс требует выполнения следующих операций.

- Идентификация кластеров в классной комнате.
- Идентификация соответствующих типов земного покрова в полевых условиях.
- Переименование кластеров.
- Сохранение и загрузка окончательно подготовленной карты участка.

## **Идентификация кластеров в классной комнате**

В процессе идентификации кластеров в классной комнате используются карты окружающей местности (топографические карты, карты земного покрова (геофизические и ботанические карты), политические карты и т. п.), другие имеющиеся справочные материалы, содержащие информацию о местных типах земного покрова (аэрофотографии, сведения, сообщаемые людьми, агентствами и т. п.), ваш собственный опыт в сочетании с опытом учащихся и другая информация, позволяющая идентифицировать некоторые из кластеров, генерированных программой MultiSpec. Пользуйтесь любыми источниками информации, помогающими установить соответствие между кластерами и определенными типами земного покрова. Не забывайте о том, что идентификация кластеров должна соответствовать категориям уровня IV модифицированной системы классификации ЮНЕСКО (MUC).

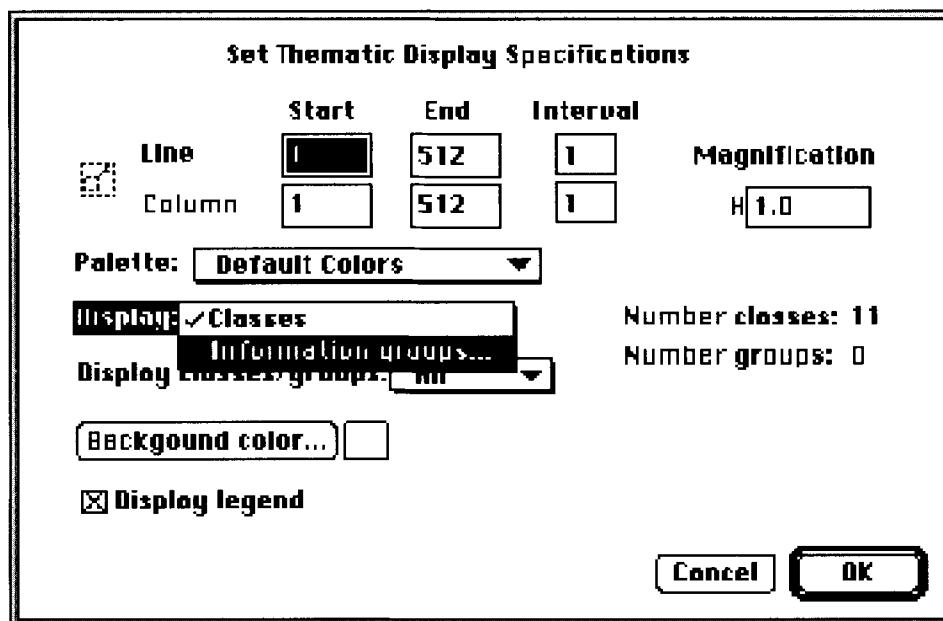
## **Идентификация соответствующих типов земного покрова в полевых условиях**

Если вы получили кластеры, которые вы не можете идентифицировать с помощью справочных материалов, придется заняться полевыми изысканиями и определить, какие именно типы земного покрова соответствуют этим кластерам. Если официальные «полевые изыскания» организовать невозможно, скорее всего, кто-либо из учащихся или их знакомых живет недалеко от соответствующих участков территории, и может идентифицировать тип земного покрова на этих участках.

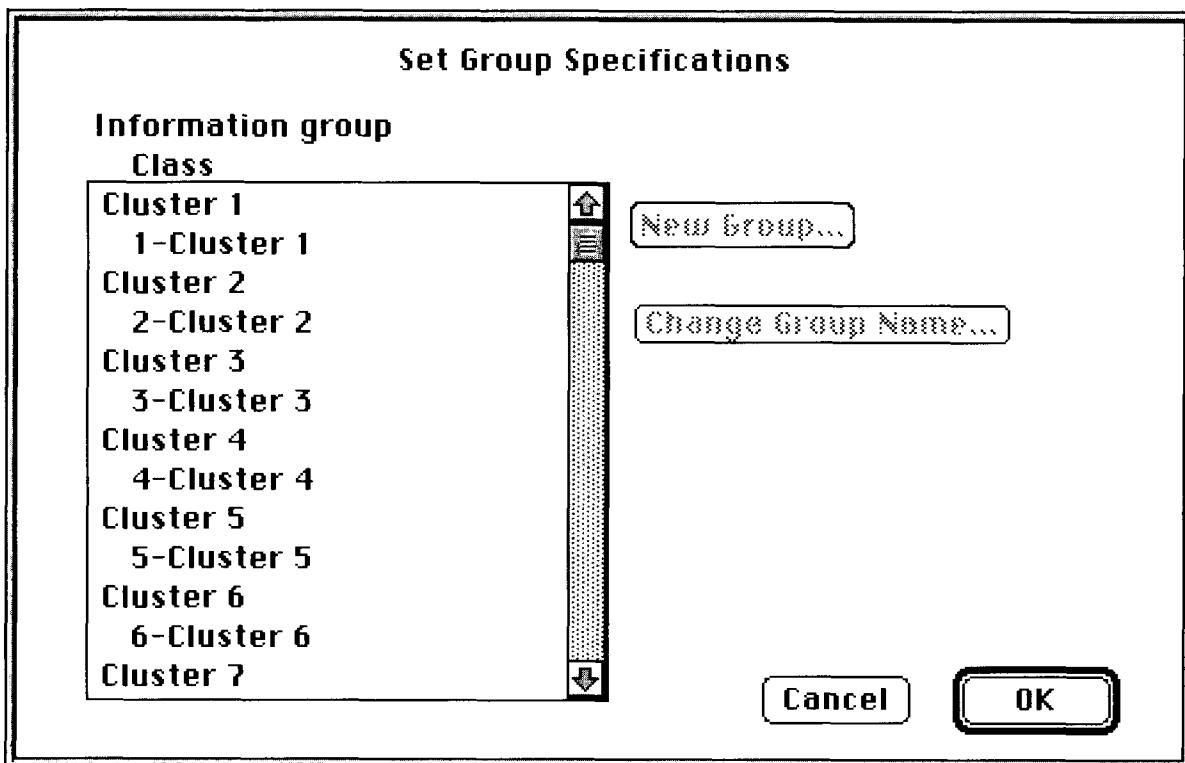
## **Переименование кластеров**

Процесс классификации без использования заданных параметров привел к идентификации кластеров только с помощью числовых и цветовых кодов, отсортированных в порядке, соответствующем уменьшению их яркости. Теперь вы можете заменить присвоенные программой коды кластеров кодами категорий системы классификации MUC, соответствующие идентифицированным вами типам земного покрова.

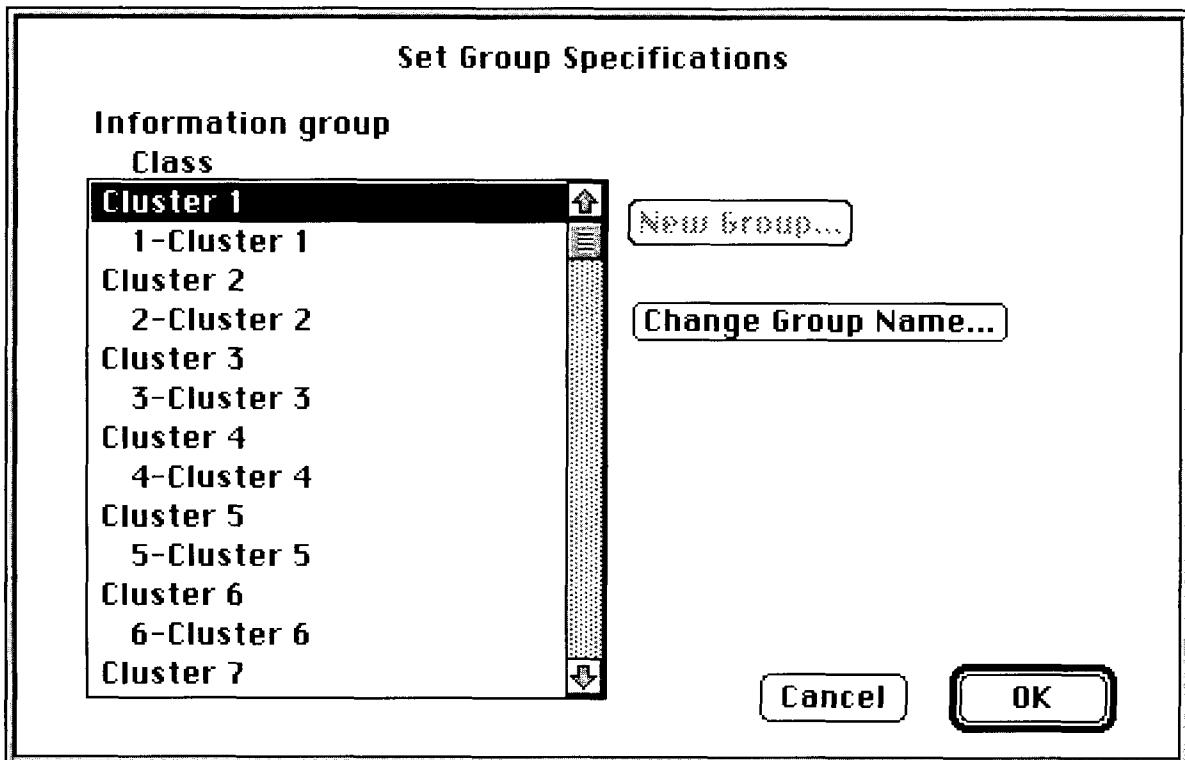
- Запустите программу MultiSpec.
- С помощью функции «Open» в меню «Файл» (File) откройте файл, содержащий кластеризованное вами изображение.
- Когда откроется окно установки параметров вывода тематического изображения на дисплей (Set Thematic Display) (см. приведенную ниже иллюстрацию), выберите элемент «Информационные группы» (Information Groups) в меню «Дисплей» (Display).



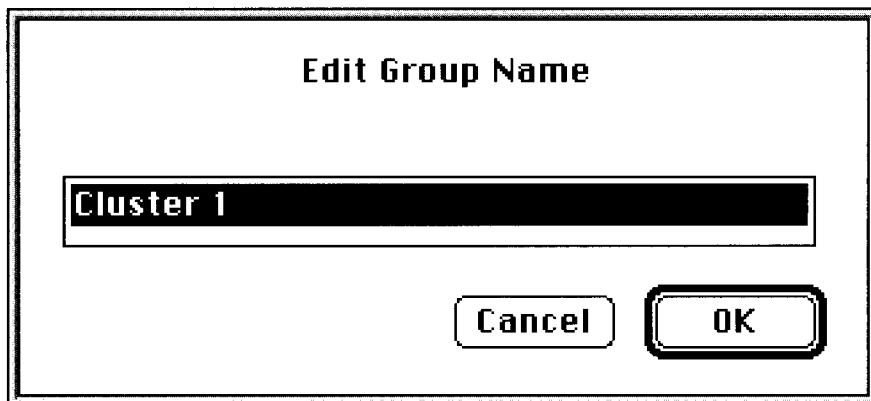
- Откроется окно установки параметров группы (Set Group Specifications) (см. приведенную ниже иллюстрацию) с «затемненными» (не используемыми) кнопками «Новая группа» (New Group) и «Изменить имя группы» (Change Group Name).



- Выберите щелчком мыши строку «Кластер 1» (Cluster 1), и затемненная кнопка «Изменить имя группы» (Change Group Name) четко выделяется на экране (см. приведенную ниже иллюстрацию).



- Выберите щелчком мыши кнопку «Изменить имя группы» (Change Group Name), и на экране появится окно редактирования имени группы (Edit Group Name) (см. приведенную ниже иллюстрацию).



- Теперь введите, в отношении кластера 1 (Cluster 1), надлежащее обозначение, в соответствии с уровнем IV системы классификации MUC (**MUC Level IV designation**), типа земного покрова, отображаемого данным кластером. Так как многие наименования категорий земного покрова, относящиеся к этому уровню классификации, довольно длинны, пользуйтесь числовыми обозначениями, **принятыми в системе классификации MUC (MUC numerical designations)** в отношении каждого из типов земного покрова.
- **Повторите процесс** переименования в отношении каждого из остальных кластеров, представленных на вашей карте.
- Вы можете изменять цвета, присвоенные любым переименованным вами кластерам, в соответствии с любой системой расцветки, которой вы желаете пользоваться (см. выше). После того, как результаты вашего картографирования будут загружен в центральный сервер программы GLOBE, карта типов земного покрова на вашем участке будет расцвечена в соответствии со стандартной системой цветовых кодов.

Вы подготовили тематическую карту типов земного покрова на вашем участке исследований по программе GLOBE площадью 15 x 15 км.

### **Замечание относительно ожидаемых и фактических результатов и предупреждение**

Приступая к классификации изображения вашего участка размером 512 x 512 пикселов, вы, скорее всего, получите кластеризованное изображение, существенно отличающееся от продемонстрированного в качестве учебного пособия. Ниже перечислены важнейшие причины такого различия.

- а) Использованный в качестве учебного пособия участок изображения не содержал столько типов земного покрова, сколько будут выявлены на изображении полного размера (512 x 512 пикселов).
- б) Природные характеристики, многообразие и распределение типов земного покрова на вашем участке могут и, скорее всего, будут значительно отличаться от типов земного покрова, наблюдавшихся около города Беверли в штате Массачусетс.

В процессе кластеризации изображения вашего участка вы обнаружите, что использование 10 различных кластеров не позволяет отличать различные типы водоемов со стоячей водой, за исключением, может быть, пресной и соленой воды. Другими словами, озера, пруды, реки и т. д., скорее всего, будут отнесены программой к одной и той же категории земного покрова, если характеристики их отражательной способности не варьируют в достаточной степени (т. е. если, например, пруд не отличается от озера тем, что его поверхность заросла сине-зелеными водорослями).

## **Загрузка результатов**

После получения карты типов земного покрова методом классификации без использования заданных параметров (кластеризации), достоверно отображающей распределение типов земного покрова на вашем участке исследований по программе GLOBE площадью 15 x 15 км, результаты кластеризации могут быть загружены в сервер базы данных учащихся-участников программы GLOBE, после чего ими смогут воспользоваться другие в ходе текущих и будущих исследований.

Ниже приводятся инструкции по загрузке результатов кластеризации.

- Запишите копию вашего кластеризованного тематического изображения на гибкий диск (дискету) с высокой плотностью записи данных и четко обозначьте на ярлыке этой дискеты наименование вашей школы, ваши имя и фамилию и наименование кластеризованного изображения.
- Пользуясь предпочтаемой вами программой редактирования текстов, подготовьте файл, содержащий следующие данные:
  - наименование вашей школы;
  - ваши имя и фамилию;
  - адрес школы;
  - дату получения изображения (если она зарегистрирована);
  - некоторую информацию о себе, о ваших учениках и о вашем опыте кластеризации изображений.
- Пользуясь функциями вашей программы редактирования текстов, сохраните введенные данные в текстовом формате (расширение имени файла .txt) и запишите этот файл на дискету, содержащую ваше тематическое изображение.
- Тщательно упакуйте дискету и отправьте ее по адресу, приведенному в *руководстве по выполнению программы для учителей GLOBE* (по вашему усмотрению).



Напечатано соевыми  
чернилами на бумаге,  
изготовленной из  
вторичного сырья

