

Тема 2.

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТА В ДИЗАЙНЕ. ФОРМИРОВАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ. КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ЭКОЛОГИИ

Объяснение.

Цвет в визуализации информации. Как составная часть изображения, цвет играет две важные роли. Во-первых, в информационной модели изображения цвет, представленный с помощью цветовых моделей, несет информацию об изображенных предметах. Во-вторых, в процессе визуального восприятия изображения цвет воздействует на ассоциативную память зрителя и вызывает у него определенные эмоции, слабо связанные с самим изображением, но сильно влияющие на процесс его восприятия.

Цветовые характеристики включают такие показатели, как:

цветовой тон (hue) – H;

насыщенность цвета (saturation) – S;

светлота или яркость (brightness) – В.

Число яркостных ступеней, различаемых внутри одного цвета, зависит от его тона: например, для желтого их только три, в то время как для красного или синего можно выделить 6–7 ступеней.

Цветовой тон – это главная характеристика цвета, то, чем, собственно, и отличается один цвет от другого в первую очередь. Цветовой тон определяется местом цвета в цветовом спектре – красный, оранжевый, жёлтый и так далее. В физическом смысле цветовой тон зависит от длины световой волны. Длинные волны относятся к красно-оранжевой части спектра, короткие – к сине-фиолетовой части. Средняя длина волны – это жёлтые и зелёные цвета; они наиболее благоприятны для зрения. Все цвета, которые обладают цветовым тоном, называются хроматическими (от древнегреческого «хромос» – «цвет»).

Не все цвета обладают цветовым тоном. Существуют ахроматические цвета. Это чёрный, белый и вся шкала серых между ними. Они не имеют цветового тона. Чёрный – это отсутствие цвета, белый – это смешение всех цветов. Ахроматические цвета могут отличаться только по светлоте.

Вторая составляющая – насыщенность – доля отраженного света данной длины волны; может быть уменьшена добавлением белого, черного или иных цветов. Насыщенность определяется удалённостью цвета от серого той же светлоты. В качестве примера представьте, как свежая весенняя придорожная трава (насыщенный зелёный) с наступлением сухого лета слой за слоем покрывается пылью. Её первоначальный цвет теряет свою свежесть. В результате цвет приобретает минимальную насыщенность. Цвета с максимальной насыщенностью – это спектральные цвета; минимальная насыщенность дает полную ахроматику (отсутствие цветового тона).

Светлота (яркость, освещенность или величина яркости) – это степень отличия какого-либо цвета от белого. Белый цвет – самый светлый. Как только появляется примесь какого-то другого цвета, светлота уменьшается. Цвет в своём спектральном состоянии обладает средним значением светлоты. Примесь чёрного уменьшает светлоту цвета ещё больше, пока цвет не превратится в абсолютно-чёрный. У чёрного – минимальная светлота.

В компьютерной графике важным вопросом является применение различных цветовых моделей.

Цветовая модель – способ представления большого количества цветов посредством разложения их на простые составляющие.

Аддитивными моделями цвета (от англ. add – складывать) называются цветовые модели, в которых световой поток со спектральным распределением, визуально воспринимаемым как нужный цвет, создается на основе операции пропорционального смешивания света, излучаемого тремя источниками.

Модель RGB. Название этой модели происходит от аббревиатуры, состоящей из первых букв английских названий её основных цветов. Красный (Red), зелёный (Green) и синий (Blue) цвета были выбраны в качестве базовых потому, что эти волновые диапазоны видимой части спектра максимально удалены друг от друга. Кроме того, они близки к диапазонам, на которые избирательно реагируют колбочки сетчатки человеческого глаза.

Цветовое пространство модели RGB непрерывно, но принято разбивать диапазоны интенсивности свечения источников на 256 интервалов. Нулевое значение соответствует отсутствию свечения, 255 – максимальной интенсивности, которую обеспечивает источник света (рис.1).

Модель является аддитивной, то есть для получения нового оттенка нужно смешать основные цвета в определенных пропорциях. Таким образом, всего в данной модели $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ млн. цветов.

Местоположение любой точки (а значит, и любого цвета) в цветовом пространстве задается тремя числами, соответствующими значениям цветовых координат. Запись этих чисел в виде $RxGyBz$ (где x , y и z – целые числа от 0 до 255) называется формулой цвета RGB.

В цветовом пространстве RGB имеются характерные точки и линии. Формуле цвета $R0G0B0$ соответствует точка в начале цветовых координат и черный цвет (интенсивность излучения всех трех источников света равна нулю). Формуле цвета $R255G255B255$ соответствует «белая» точка, в ней интенсивность свечения всех источников максимальна. В координатах $R127G127B127$ расположена точка, определяющая цвет, который в компьютерной графике называют «нейтральным серым».

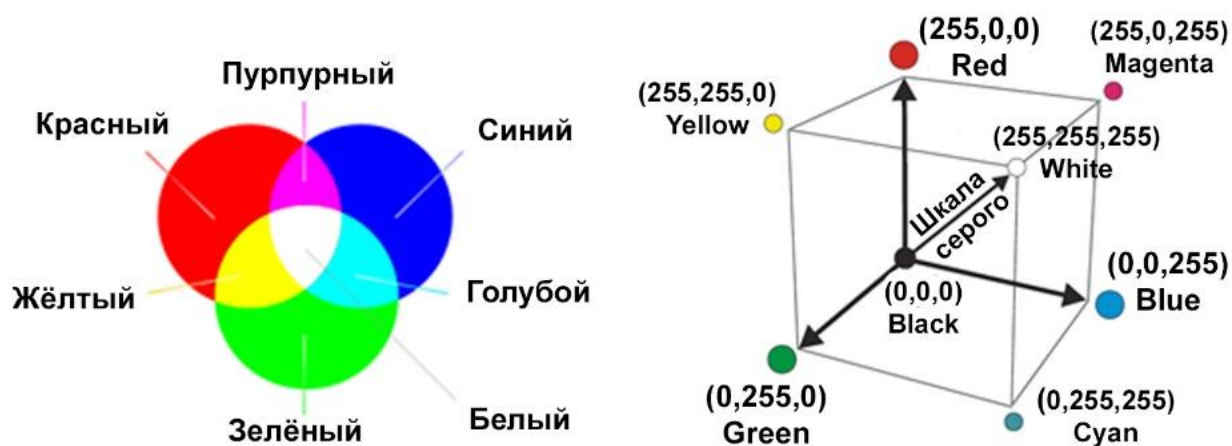


Рис. 1. Цветовая модель RGB

Достоинства и недостатки модели цвета RGB. Главные достоинства модели цвета RGB состоят в её простоте, наглядности и в том, что любой точке её цветового пространства соответствует визуально воспринимаемый цвет. Благодаря простоте этой модели она легко реализуется аппаратно и положена в основу конструкции экрана монитора компьютера, графических планшетов, смартфонов, телевизора и т.д. Модель соответствует восприятию цветов человеческим глазом (рецепторы трех видов, реагируют на соответствующую длину волны). В связи с этим, модель RGB является самой популярной и распространенной.

Но у модели цвета RGB есть два принципиальных недостатка. Первый – недостаточность цветового охвата. Независимо от размера цветового пространства модели цвета RGB, в ней невозможно воспроизвести много воспринимаемых глазом цветов (например, спектрально чистые голубой и оранжевый). У таких цветов в формуле цвета RGB имеются отрицательные значения интенсивностей базового цвета, а реализовать не сложение, а вычитание базовых цветов при технической реализации аддитивной модели очень сложно.

Второй недостаток модели цвета RGB состоит в невозможности единообразного воспроизведения цвета на различных устройствах из-за того, что базовые цвета этой модели зависят от технических параметров устройств вывода изображений (в особенности вывода на печать). Поэтому, строго говоря, единого цветового пространства RGB не существует, области воспроизводимых цветов различны для каждого устройства вывода. Более того, даже сравнивать эти пространства численно можно только с помощью других моделей цвета.

Субтрактивными моделями цвета (от англ. subtract – вычитать) называются цветовые модели, в которых световой поток со спектральным распределением, визуально воспринимающимся как нужный цвет, создается за счет пропорционального вычитания основных цветов из исходного белого.

Модель СМУК. Так же, как при построении цветового пространства аддитивной модели цвета, базовые цвета субтрактивной модели можно выбрать множеством способов. Однако на практике пользуются почти исключительно триадными цветами: голубым, пурпурным и жёлтым. В компьютерной графике и полиграфии принято обозначать эти цвета по первым буквам их английских названий: Cyan, Magenta, Yellow. Отметим, что в цветовом круге (рис. 1.8) голубой и красный, пурпурный и зелёный, жёлтый и синий расположены на концах соединяющих их диаметров. В теории цвета такие пары цветов называются дополнительными или комплементарными (подробнее о закономерностях цветовых гармоний на с. 32).

На любой участок поверхности бумаги можно нанести от 0 до 100 % краски, поэтому цветовые координаты субтрактивной модели принято разделять на 100 интервалов. Поэтому формула цвета для такой модели выглядит следующим образом: $C_a\%M_b\%Y_c\%$. Например, $C50\%M100\%Y100\%$ – формула, соответствующая 50%-му оттенку красного цвета.

В теории при смешивании максимально допустимых цветовой моделью количеств трёх базовых красок должен получаться чёрный цвет, а при их полном отсутствии – белый. К сожалению, на практике даже удовлетворительное воспроизведение чёрного с помощью красок хроматических базовых цветов невозможно. В красках имеются примеси, степень размола пигмента в них может меняться, и в результате при нанесении на бумагу трёх базовых красок по 100 % получается не сочный чёрный цвет, а темный оттенок коричневого.

Для компенсации описанного недостатка субтрактивной цветовой модели в её состав ввели дополнительный базовый цвет – чёрный. Чёрная краска применяется в цветной офсетной печати для улучшения качества теней, оттенков чёрного и воспроизведения ахроматических фрагментов изображения. Таким образом, в модифицированной версии субтрактивной цветовой модели (СМУК) имеется четыре базовых цвета (рис.2): голубой (Cyan), пурпурный (Magenta), жёлтый (Yellow) и чёрный (Key color). Цвета модели СМУК известны как цвета многослойной печати («полиграфическая триада»). Именно с использованием чернил из этого набора базовых цветов сделана большая часть печатной продукции, с которой мы сталкиваемся каждый день, от афиш до журнальных иллюстраций.

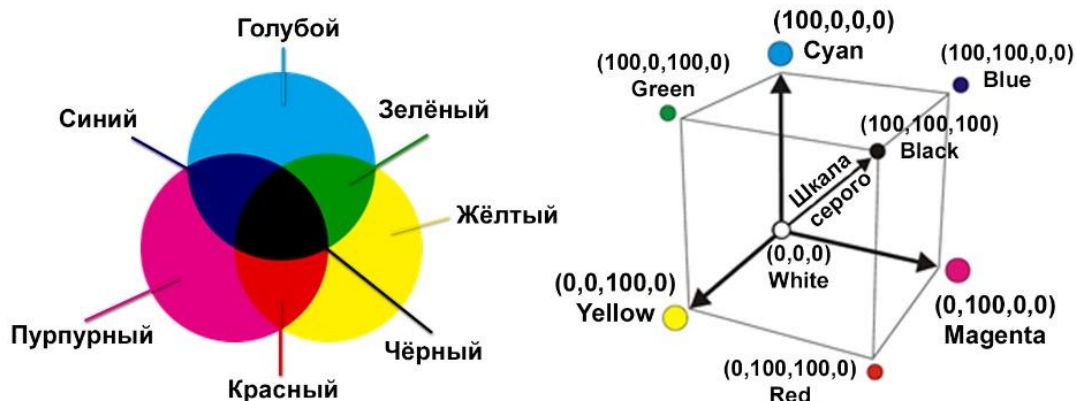


Рис. 2. Цветовая модель СМУК

Каждый из четырех параметров модели СМУК представляет собой целое число, которое может изменяться в пределах от 0 до 100. Для хранения четырех таких чисел в двоичной форме достаточно $4 \cdot 8 = 32$ бита, поэтому считается, что глубина цвета в модели СМУК равна 32 битам на элемент изображения.

Недостатки субтрактивной модели такие же, как у модели RGB: аппаратная зависимость, причем в большей степени, чем у аддитивной модели, и ограниченный цветовой охват.

Модель HSB. Как известно, цвет описывается тремя компонентами: оттенок (Hue), насыщенность (Saturation) и яркость (Brigfiness). На основе них построена цветовая модель HSB.

Значение цвета выбирается как вектор, исходящий из центра окружности цилиндра (рис. 3). Точка в центре соответствует белому цвету, а точки по периметру окружности цилиндра – чистым спектральным цветам. Направление вектора задается в градусах и определяет цветовой оттенок. Длина вектора определяет насыщенность цвета.

Главным достоинством модели HSB является то, что её цветовой охват перекрывает все известные значения реальных цветов. Поэтому модель HSB используется при создании изображений на компьютере с имитацией приемов работы и инструментария художников.

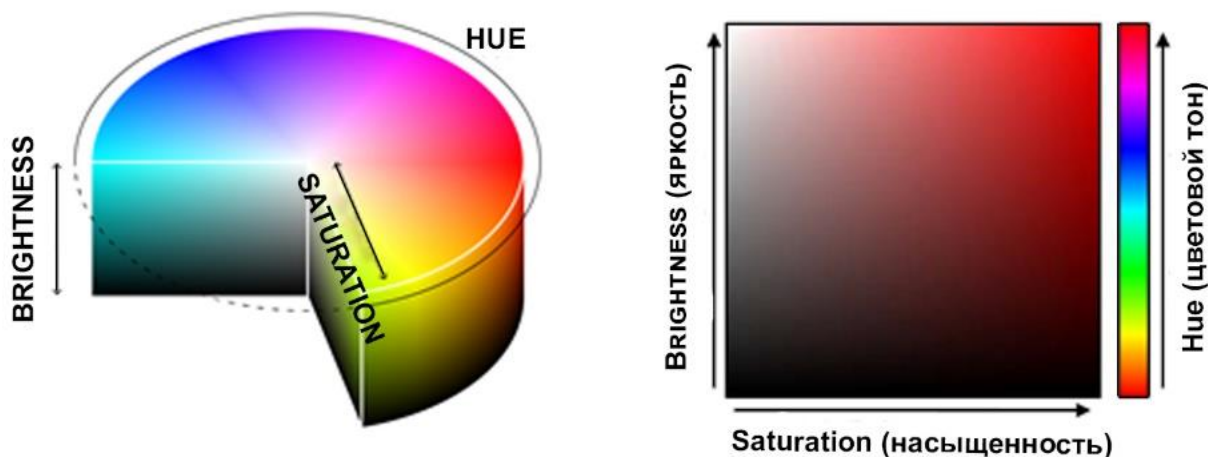


Рис. 3. Цветовая модель HSB

Модель HSB относительно проста и хороша для восприятия, а также удобна в работе, но перед выводом на экран представленные в соответствии с ней цвета приходится преобразовывать в цветовое пространство RGB, а перед выводом на печать – в цветовое пространство CMYK.

Цветовой круг. Цветовая гармония – это созвучие цветов, их сочетаемость, красивое соотношение. Часто дизайнеры и художники достигают гармонии в своих работах, опираясь на интуицию и внутреннее чувство цвета, которое равняется со временем. Однако, гармония в цвете основывается на определённых правилах. Для того, чтобы понять эти закономерности нужно уметь пользоваться спектральным или цветовым кругом.

Цветовой круг представляет собой шкалу из цветов видимого диапазона, расположенных по окружности. Эти цвета располагаются в определённой последовательности – также как и в радуге. Цветовая гамма состоит из 12 базовых цветов: трёх основных (первичных), трёх составных и шести третьего порядка (третичных). В цветовом круге Иттена (рис. 4) эти группы расположены на равном расстоянии друг от друга.

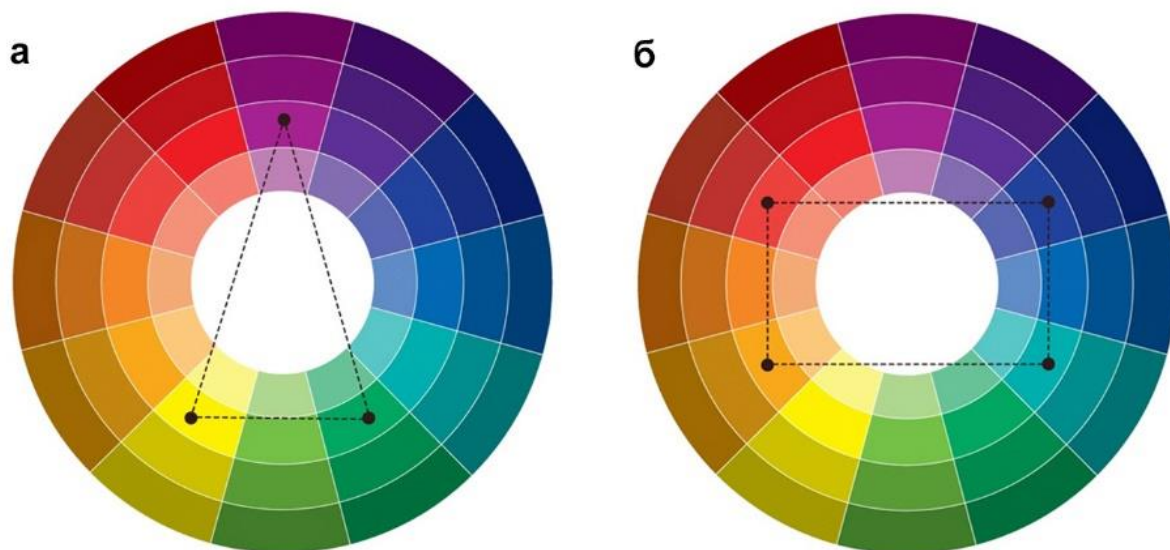


Рис. 4. Цветовой круг Иттена (пунктирной линией обозначены: *а* – раздельно-комплементарное сочетание цветов, *б* – тетрада)

Основными цветами являются красный, синий и желтый, потому что их нельзя получить смешением других цветов.

Составные цвета (зелёный, оранжевый, фиолетовый) получают путем смешения двух основных цветов: синий и жёлтый цвета дают зелёный цвет; красный и жёлтый – оранжевый; синий и красный – фиолетовый.

Третичные (цвета третьего порядка) получаются при смешении основного и составного цветов: красно-фиолетовый, жёлто-оранжевый, сине-зелёный, сине-фиолетовый, жёлто-зеленый и красно-оранжевый.

Дополнительные цвета в цветовом круге расположены строго напротив друг друга и при смешении дают нейтральные цвета.

Чистые и яркие цвета расположены в центральном кольце цветового круга, во внутренних кольцах находятся ненасыщенные тона (цветовой тон с добавлением разного количества белого), а во внешних – оттенки (цветовой тон с добавлением чёрного).

Тёплые и холодные цвета. Цвета бывают тёплыми (в них присутствует красный или жёлтый цвет) либо холодными (в них присутствует синий цвет). Таким образом, можно «разогреть» определенные цвета, например серый или желтовато-коричневый, добавив больше красного или жёлтого. И наоборот, можно «охладить», добавив различные оттенки синего.

Отметим, что холодные цвета отступают на задний план, а тёплые цвета выходят на передний (красный и жёлтый сразу бросаются в глаза). Поэтому при комбинировании тёплых цветов с холодными следует использовать меньше тёплого цвета. Для более сильного контраста также можно использовать больше холодного цвета.

Закономерности цветовых гармоний и их виды. Подбор цветовой гаммы – достаточно ответственное занятие. Сочетание цветов в дизайне всегда было основной из главных задач. Цветовая гамма не должна напрягать или нервировать, а, наоборот, вызывать у зрителя или читателя положительные эмоции и чувство гармонии. Рассмотрим основные правила подбора и классические сочетания цветов и их оттенков в цветовом круге.

1. Комплементарное сочетание. Комплементарными, или дополнительными, контрастными, являются цвета, расположенные на противоположных сторонах цветового круга Иттена. Их используют в основном для того, чтобы что-то выделить. Выглядит такое сочетание очень живо и энергично, особенно при максимальной насыщенности цвета. Одним из самых ярких таких сочетаний является красный – зелёный. Использовать комплементарную гамму для больших композиций трудно, но если надо что-то выделить, подчеркнуть, это то, что нужно. Однако, ни в коем случае не стоит использовать комплементарные цвета для текстовых композиций.

2. Классическая триада. Классическую триаду образуют три равноудаленных по цветовому кругу Иттена цвета. Сочетание обеспечивает высокую контрастность при сохранении гармонии. Такая композиция выглядит достаточно живой даже при использовании бледных и ненасыщенных цветов. Чтобы добиться гармоничности в триаде, лучше всего взять один цвет за главный, а два других использовать для акцентов.

3. Аналогичное сочетание (аналоговая триада). Сочетание от 2 до 5 цветов, расположенных рядом друг с другом на цветовом круге (в идеале – 2–3 цвета). Производит спокойное, располагающее впечатление. Пример сочетания аналогичных приглушенных цветов: жёлто-оранжевый, жёлтый, желто-зелёный, зелёный, сине-зелёный.

4. Раздельно-комплементарное сочетание. Вариант комплементарного сочетания цветов, только вместо противоположного цвета используются соседние для него цвета (рис. 1.8, а). Сочетание основного цвета и двух дополнительных. Выглядит эта схема почти настолько же контрастно, но не

настолько напряженно. Если у дизайнера нет уверенности в правильности использования комплементарных сочетаний, то можно использовать раздельно-комплементарные.

5. Тетрада – сочетание 4 цветов. Цветовая схема, где один цвет – основной, два – дополняющие, а ещё один выделяет акценты. Пример: сине-зелёный, сине-фиолетовый, красно-оранжевый, жёлто-оранжевый (рис. 1.8, б).

6. Квадрат. Сочетание 4 цветов, равноудаленных друг от друга. Цвета здесь несхожи по тону, но комплементарны. За счет этого образ будет динамичным, игривым и ярким. Пример: фиолетовый, красно-оранжевый, жёлтый, сине-зелёный.

Помимо описанных выше сочетаний, всегда стильно смотрится оформление с использованием монохромных цветов. Монохромная комбинация состоит из одного цветового тона и любого количества его ненасыщенных тонов и оттенков.

В качестве примера визуализации результатов статистической обработки данных в экологии рассмотрим *кластерный анализ* – совокупность алгоритмов обработки данных, предназначенных для распределения исследуемых объектов на относительно однородные группы (кластеры).

В области экологии широко применяется для выделения пространственно однородных групп организмов, сообществ и т. п. Реже методы кластерного анализа применяются для исследования сообществ во времени.

Иногда биологи ставят цель разбить животных на различные виды, чтобы содержательно описать различия между ними. В соответствии с современной системой, принятой в биологии человек принадлежит к приматам, млекопитающим, амниотам, позвоночным и животным. В данной классификации, чем выше уровень агрегации, тем меньше сходства между членами в соответствующей группе. Человек имеет больше сходства с другими приматами (т.е. с обезьянами), чем с "отдаленными" членами класса млекопитающих (например, собаками) и т.д.

Проведение кластерного анализа может быть реализовано в программе Statistica несколькими методами: Иерархическая классификация, Двухвходовое объединение и Метод K средних.

Последний метод используется, если вы уже имеете гипотезы относительно числа кластеров по наблюдениям или по переменным. Вы можете "сказать" системе образовать ровно три кластера так, чтобы они были настолько различны, насколько это возможно. Это именно тот тип задач, которые решает алгоритм метода K средних. В общем случае метод K средних строит ровно k различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга.

Исходными данными для анализа могут быть первичные данные (объекты и их параметры) или матрица расстояний между объектами. В основе процедур кластерного анализа лежит группировка сходных между собой

объектов в некоторые группы (или кластеры). Именно поэтому понятие сходства имеет для него первостепенное значение. Несмотря на кажущуюся простоту, понятие сходства и особенно процедуры, используемые при измерении сходства, не так просты. Количественное оценивание сходства отталкивается от понятия метрики или расстояния (*distance*) между объектами. Интуитивно понятно, что чем меньше расстояние между объектами, тем больше сходство между ними.

Одной из мер сходства является Евклидово расстояние. Например, если объект описывается двумя параметрами, то он может быть изображен точкой на плоскости, а расстояние между объектами – это расстояние между точками, вычисленное по теореме Пифагора. Нужно возвести в квадрат расстояние по каждой координате, суммировать их и из полученной суммы извлечь квадратный корень. Расстояние $d(x, y) = \sqrt{(x_i - y_i)^2}$

Рассмотрим применение кластерного анализа в экологических исследованиях. Метод позволяет сгруппировать водные объекты в кластеры с разным уровнем загрязнения. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Среднегодовая концентрация вещества в реке или на значительном ее протяжении в 2009 г. (в долях ПДК)

Речной бассейн	Фосфаты (по Р)	Азот аммонийный	Азот нитритный
р. Западная Двина	1,2	1,4	1,7
р. Неман	1,2	1,6	0,9
р. Западный Буг	3,5	1,9	1,9
р. Днепр	4,4	2,8	3,3
р. Березина	1,3	2,3	1,2
р. Свислочь (ниже Минска)	11	6,1	5,5
р. Сож	1,1	1,1	0,5
р. Припять	1,2	1,5	1,2

В результате обработки данных методом полной связи (*Complete linkage*) получена дендрограмма (рис. 5), на которой объекты исследования разделены на несколько групп. Наиболее тесным сходством по уровню загрязнения характеризуются Западная Двина, Неман, Припять, Березина, Сож. Во вторую группу объединены Западный Буг и Днепр. Концентрации загрязнителей в Свислочи наиболее сильно отличаются от других объектов.

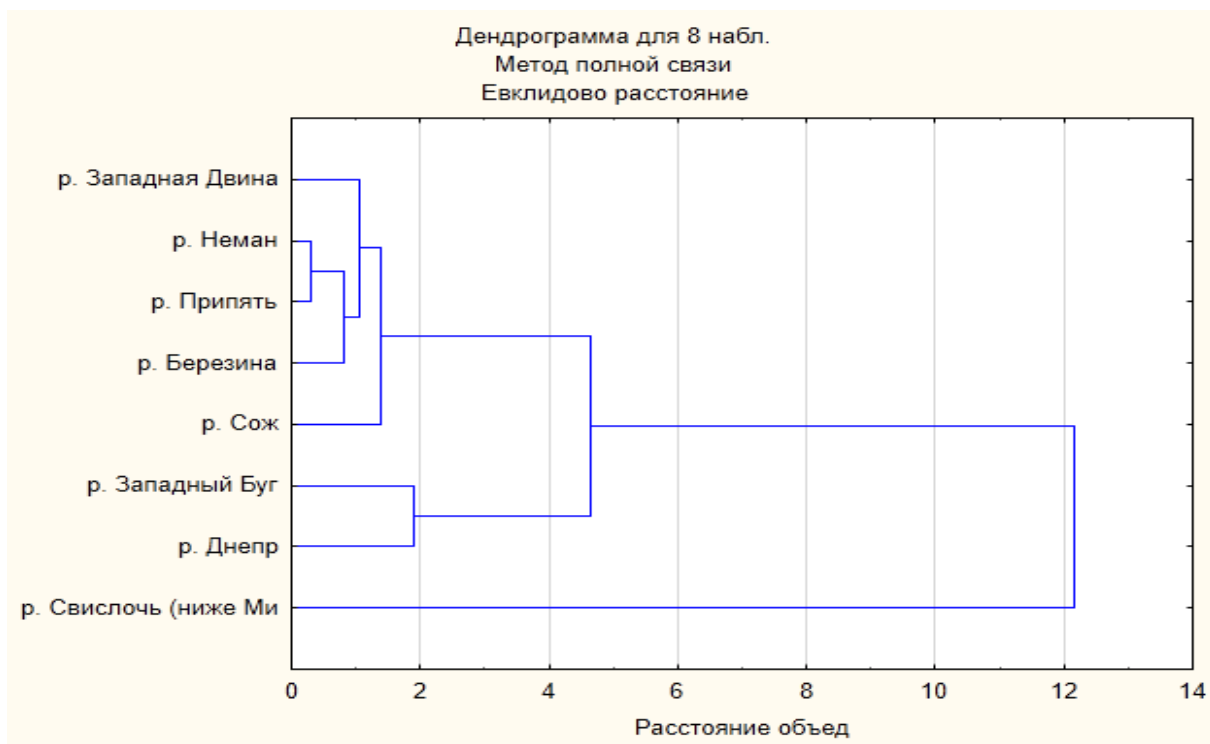


Рисунок 5 – Дендрограмма результатов кластерного анализа

Так как в имеющейся структуре связей возможно выделение трех групп, то продолжение обработки данных можно провести при помощи метода K средних (рис. 6). Это итеративный метод, который работает непосредственно с объектами, а не с матрицей сходства. Он отличается тем, что позволяет заранее задать число кластеров. Это число определяет сам пользователь, исходя из имеющейся задачи и предсказаний теории. Метод K средних разобьет все объекты на заданное количество кластеров, которые будут максимально различаться между собой.

В этом методе объект относится к тому классу, расстояние до которого минимально. Расстояние понимается как евклидово расстояние, то есть объекты рассматриваются как точки Евклидова пространства. Вначале задается некоторое разбиение данных на кластеры (число кластеров определяется пользователем) и вычисляются центры тяжести кластеров. Затем происходит перемещение каждой точки в ближайшей к ней кластер. Затем снова вычисляются центры тяжести новых кластеров и процесс повторяется, пока не будет найдена стабильная конфигурация (то есть кластеры перестанут изменяться) или число итераций не превысит заданное пользователем.

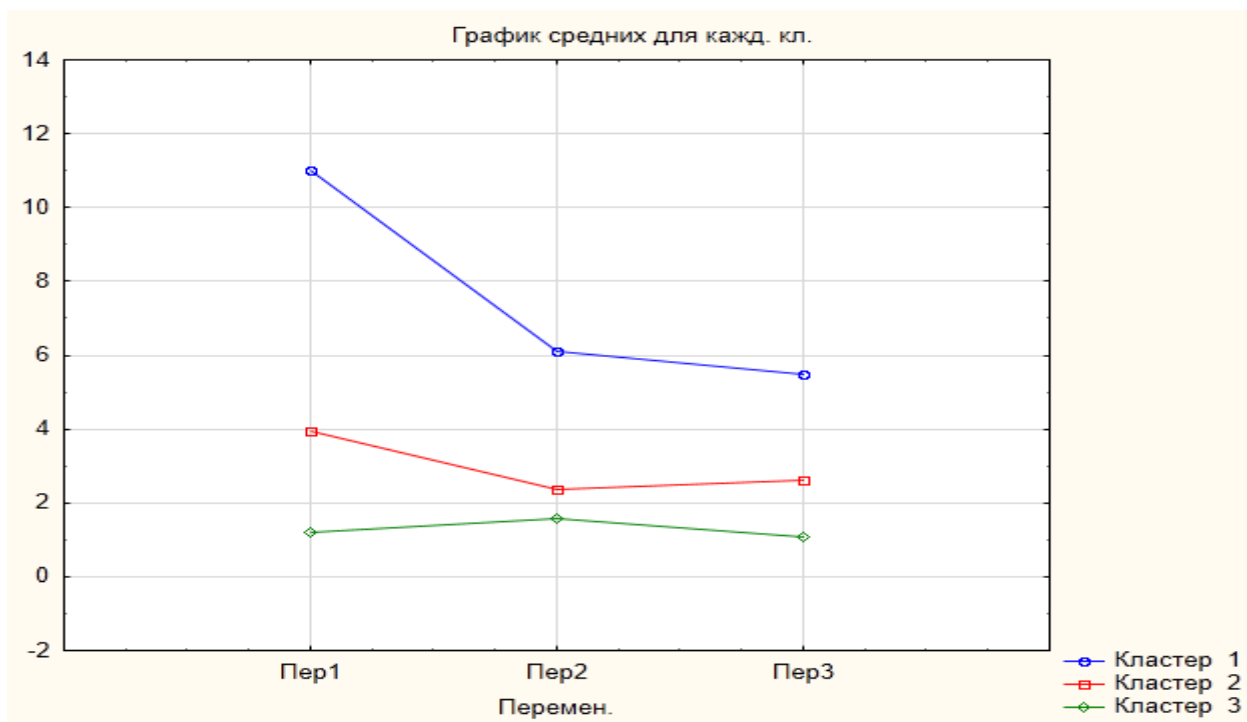


Рисунок 6 – Результаты кластеризации методом К средних

В кластер 1 входит река Свислочь (№6), в кластер 2 входят реки Западный Буг и Днепр (№3 и 4), к третьему кластеру относятся водные объекты с номерами 1, 2, 5, 7 и 8. От первого к третьему кластеру уменьшается уровень загрязнения рек.

Задание. Выполнить кластерный анализ данных в программе Statistica.