

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

А. С. СОКОЛОВ

**МЕТОДЫ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Практическое пособие

для студентов специальности
6-05-0521-03 «Геоэкология»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2024

УДК 528.88:502/504(076)
ББК 26.190я73+20.1я73
С594

Рецензенты:

кандидат географических наук Е. Н. Карчевская,
кандидат географических наук С. В. Андрушко

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Соколов, А. С.

С594 Методы геоэкологических исследований. Применение ГИС-технологий в геоэкологических исследованиях : практическое пособие / А. С. Соколов ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – 44 с.
ISBN 978-985-32-0056-0

Практическое пособие разработано в соответствии с учебной программой дисциплины «Методы геоэкологических исследований» и посвящено использованию геоинформационных систем при проведении геоэкологических исследований. На примере трёх ГИС – Surfer, QGIS и MapInfo показаны возможности ГИС-технологий для создания карт изолиний и псевдоизолиний, анаморфоз, теплокарт, а также проведения геоэкологической оценки территории.

Адресовано студентам специальности 6-05-0521-03 «Геоэкология».

УДК 528.88:502/504(076)
ББК 26.190я73+20.1я73

ISBN 978-985-32-0056-0

© Соколов А. С., 2024
© Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Практическая работа 1. Построение карты изолиний концентрации химического элемента в населённом пункте.....	5
Практическая работа 2. Карты-анаморфозы и теплокарты в геоэкологическом картографировании.....	11
Практическая работа 3. Картографирование географических полей способом псевдоизолиний.....	21
Практическая работа 4. Геоэкологическая оценка ландшафтов региона.....	31
Литература.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Основным объектом геоэкологических исследований, направленных на решение вопросов взаимодействия природы и общества, связанных с геоэкологической оценкой последствий хозяйственной деятельности, качества среды жизнедеятельности населения и выработкой рекомендаций рационального природопользования, являются территориальные системы различных рангов – геосистемы, представляющие собой совокупности взаимосвязанных компонентов географической оболочки, объединённых потоками вещества, энергии и информации. Одним из главных свойств геосистем является территориальность, то есть существование в пределах определённой территории, характеризующейся границами, площадью, конфигурацией и другими территориальными особенностями. Это предопределило использование картографических методов как одних из основных на всех этапах геоэкологических исследований.

В основе современных картографических методов и методов пространственного анализа лежит использование геоинформационных систем, являющихся универсальным инструментом хранения, визуализации, преобразования, анализа геоэкологических данных и представления результатов геоэкологических исследований на всех уровнях территориальной организации природы и общества. Таким образом, практически и одно завершённое геоэкологическое исследование не может обойтись без использования геоинформационных систем, освоение которых является обязательным компонентом профессиональной подготовки геоэколога.

В настоящем пособии рассматривается применение геоинформационных систем для решения ряда геоэкологических задач – составления различных типов карт, отображающих антропогенное воздействие на природную среду и её состояние, а также проведения геоэкологической оценки территории.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ИЗОЛИНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА В НАСЕЛЁННОМ ПУНКТЕ

Задание. Создать карту изолиний, отражающую концентрацию химического элемента в населённом пункте.

Для выполнения задания будем использовать геоинформационную систему Golden Software Surfer. Если имеется схема в виде растрового изображения с нанесёнными на неё точками отбора проб и значениями концентрации химического элемента в этих точках, необходимо загрузить данную схему в программу с помощью команды **Map > New > Base map** (рисунок 1.1).

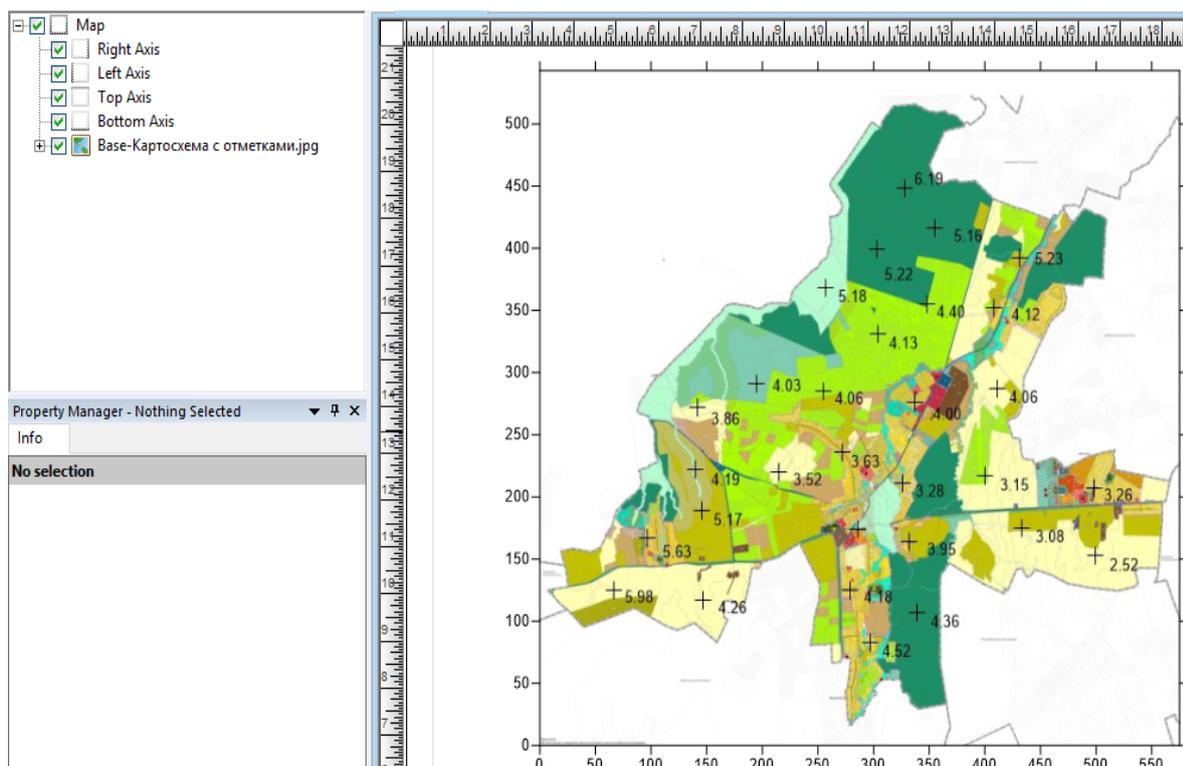


Рисунок 1.1 – Окно программы Surfer с загруженной схемой

Как видно, изображение открылось в условной системе координат, и появились координатные оси с их значениями.

Теперь необходимо создать файл, где были бы значения координат каждой точки по X и Y , а также значения концентрации элемента в этих

точках, подписанные на рисунке рядом с отметками. Для этого выбираем команду  **Digitize** (курсор приобретёт вид перекрестья). Щёлкаем курсором левой кнопкой мыши на центр первой отметки, в этом месте появится маленький красный крестик, а также окно *Digitized Coordinates*, в котором в первой строчке будут подписаны координаты отмеченной точки по X и Y в системе координат схемы.

Необходимо после этих координат поставить запятую, затем пробел и вручную вписать значение концентрации (координата Z), взяв его с подписи рядом с отметкой точки на схеме, при этом дробную часть числа отделять от целой точкой (рисунок 1.2).

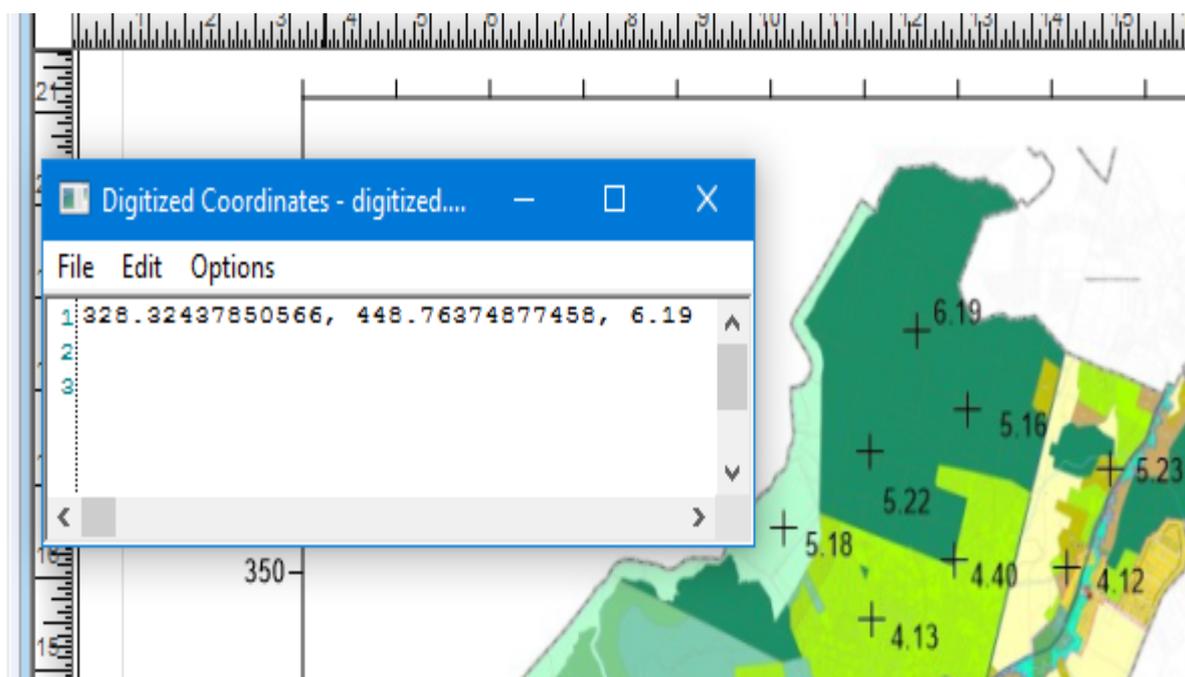


Рисунок 1.2 – Подписи координат и значения картографируемого показателя в окне *Digitized Coordinates*

Далее щёлкнуть курсором на следующую точку и повторить то же самое. Таким образом оцифровать все точки с отметками концентраций элемента.

Окно *Digitized Coordinates* сохранить в виде файла с расширением *.bln. Далее по этому файлу создать грид-файл с помощью команды **Grid > Data**.

Грид-файл представляет собой сеточный файл с расширением *.grd в двоичном формате. Он создаётся путём преобразования нерегулярных экспериментальных данных, содержащихся во входном XYZ -файле в регулярный прямоугольный массив значений Z -координат точек данных, организованный в строки и столбцы. Строка соответствует значениям

данных с заданной координатой X ; столбец соответствует значениям данных с заданной координатой Y . Пересечение строки и столбца сеточного файла определяет узел сети. Узел сети содержит проинтерполированное значение координаты Z для соответствующих значений X - и Y -координат. Такой сеточный файл является основой для создания GRID-модели поверхностей – одной из двух основных наряду с TIN-моделью применяемых для представления поверхностей.

Следует помнить, что по умолчанию границы грида (а соответственно, и карты изолиний) устанавливаются по крайним точкам с данными, то есть карта будет охватывать не всю территорию, а только прямоугольник, в котором имеются точки с данными. Поэтому карту нужно «расширить», чтобы она охватывала всю рассматриваемую территорию, экстраполировав данные за пределы данного прямоугольника. Для этого в окне *Grid Data* имеется раздел *Grid Line Geometry* (рисунок 1.3), в котором можно вручную установить границы создаваемой карты изолиний по X и Y .

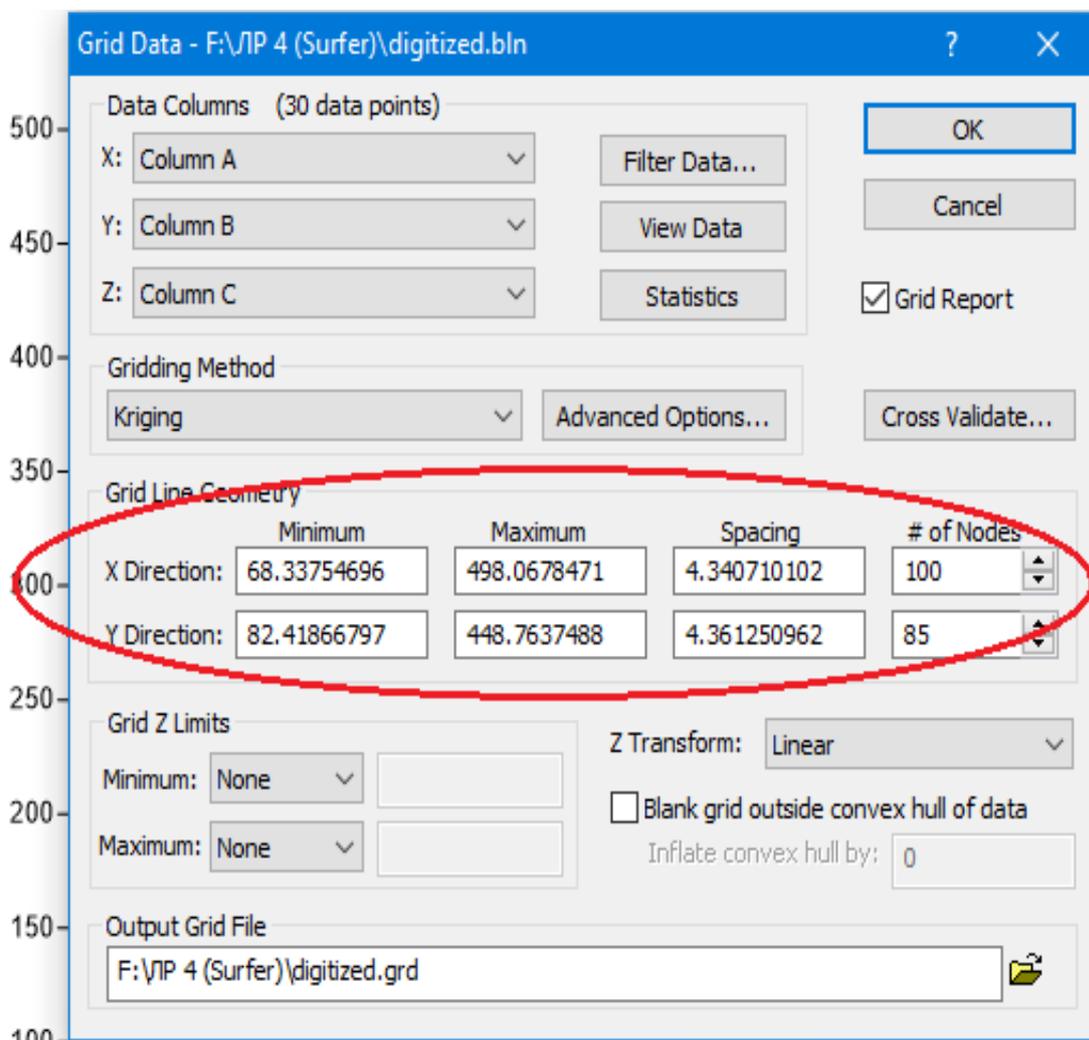


Рисунок 1.3 – Область определения границ карты в окне *Grid Data*

Координаты границ можно определить по подписанным значениям на осях изображения загруженной карты. Кроме того, возможно определить координаты текущего положения курсора, которые показаны справа в нижней строке окна программы (рисунок 1.4).

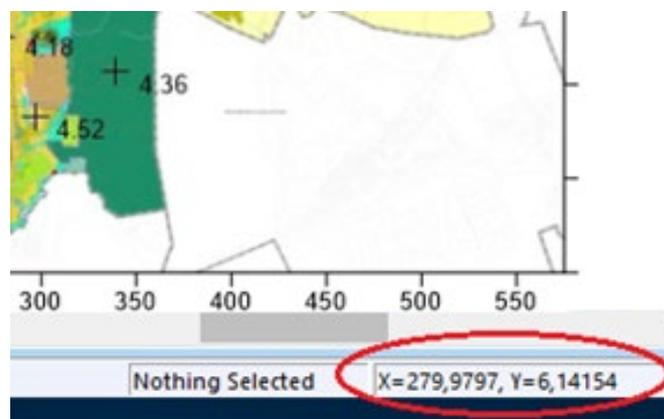


Рисунок 1.4 – Координаты текущего положения курсора в окне *Surfer*

Таким образом, подводя курсор к нужным точкам (в данном случае, крайним точкам создаваемой карты), можно определить их координаты и вписать их в соответствующие поля раздела *Grid Line Geometry* окна *Grid Data*, например, как на рисунке 1.5.

Grid Line Geometry				
	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction:	0	590	5.95959596	100
Y Direction:	0	580	6.904761905	85

Рисунок 1.5 – Установка координат границ карты в окне *Grid Data*

Во вкладке *Plot*, где уже открыта загруженная растровая схема населённого пункта, открыть карту изолиний по данным созданного грид-файла (команда **Map > New > Contour Map**). Теперь оба изображения необходимо объединить в одно. Для этого выделить с зажатой кнопкой **Shift** объекты *Map* обеих карт в окне менеджера объектов (*Contents*), затем выбрать команду **Map > Overlay Maps**.

Теперь из карты изолиний необходимо вырезать территорию населённого пункта, чтобы изолинии были только в его пределах. Данная операция выполняется с применением того же инструмента **Digitize**, последовательно оконтуривая границы населённого пункта точками, координаты которых будут автоматически записываться в окно *Digitized Coordinates*. Для замыкания контура необходимо, чтобы последняя точка

имела координаты, идентичные первой, для этого копируется первая строчка из этого окна и вставляется в последнюю. Сохранить информацию из окна *Digitized Coordinates* в виде файла с расширением *.bln.

В Surfer версии 15.0 и выше далее выбирается команда **Assign NoData** во вкладке *Grids* и в окне *Assign NoData to Grid* выставляются необходимые параметры – входной файл (*Input Grid*, расширение *.grd), файл с данными границы обрезки (*NoData Polygon Boundary*, расширение *.bln); задаётся область, которую необходимо вырезать – снаружи полигона (*NoData Outside*) или внутри полигона (*NoData Inside*), выбирается название нового грида (по умолчанию out.grd) и папка для его сохранения (кнопка  **Change Filename**)

В более ранних версиях необходимо сперва открыть созданный файл *.bln в окне таблицы (*Worksheet*) и, если необходимо вырезать область снаружи полигона, заменить во второй ячейке первой строки значение 1 на значение 0. Затем сохранить файл, выбрать команду **Grid > Blank** и выбрать нужные файлы *.grd и *.bln.

Необходимо удалить из окна *Surfer* исходный слой изолиний и загрузить бланкированный слой (обрезанный по границе населённого пункта), затем объединить растровое изображение и слой изолиний, оформить изображение изолиний так, чтобы изолинии и их подписи хорошо читались на фоне рисунка (пункты *Line Properties* и *Font Properties* вкладки *Levels* в окне *Properties*, вызываемая выделением объекта *Contours* в окне *Contents*). Также можно добавить название карты и другую текстовую информацию при необходимости с помощью кнопки  **Text**, после выбора которой необходимо щёлкнуть на карту и в появившемся окне *Text editor* (рисунок 1.6) настроить нужный вид текста (шрифт, размер, эффекты, цвет, фон, формулы, значки, выравнивание и т. д.). После создания надписи её можно перемещать в нужное место карты, а в окне *Contents* появится соответствующий элемент.

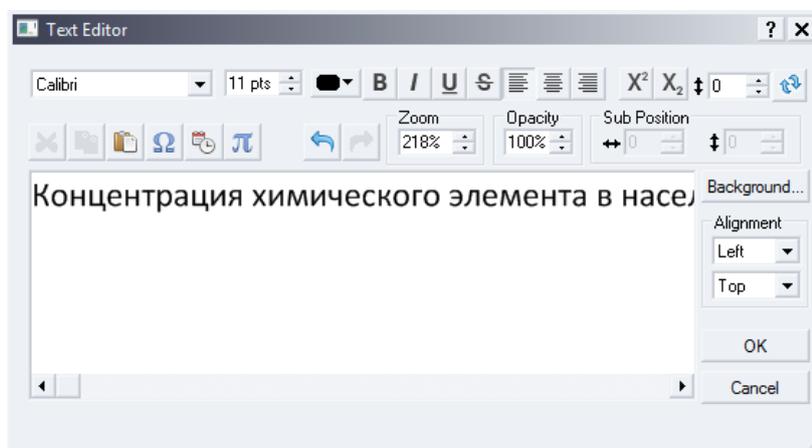


Рисунок 1.6 – Окно *Text Editor*

Сохранить окно с картой в виде изображения можно с помощью инструмента экспорта – кнопка  **Export**, при этом из появившегося списка возможных форматов сохранения (пункт *Тип файла* окна *Export*) выбрать формат *.jpg или другой графический формат.

Для сохранения данных слоя изолиний в векторном формате (например, с целью загрузки их в другую ГИС) необходимо отключить растровый слой, включить заливку изолиний (пункт *Fill contours* вкладки *Levels* окна *Properties*), выбрать команду **Export** и в окне *Export* выбрать векторный формат для хранения объектов, описываемых геометрией и сопутствующими атрибутами (*.shp). Во вкладке *SHP Options* появившегося окна *Export Options* отметить пункт *Write areas to separate file*, чтобы сохранился не только линейный слой, но и слой полигонов, и нажать **ОК**.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. КАРТЫ-АНАМОРФОЗЫ И ТЕПЛОКАРТЫ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Задание. Создать карту-анаморфозу, отражающую величину экологических показателей (выбросов, сбросов, лесов и т. п.) по районам области, и теплокарту, отражающую плотность населённых пунктов в пределах области.

Анаморфоза – картоподобное изображение, на которой размер территории зависит не от её площади, а от величины картографируемого показателя (например, лесов, выбросов загрязняющих веществ, валового внутреннего продукта и т. д.) при максимально возможном сохранении общих очертаний, географического положения и границ с соседними территориями. Пример анаморфозы показан на рисунке 2.1.

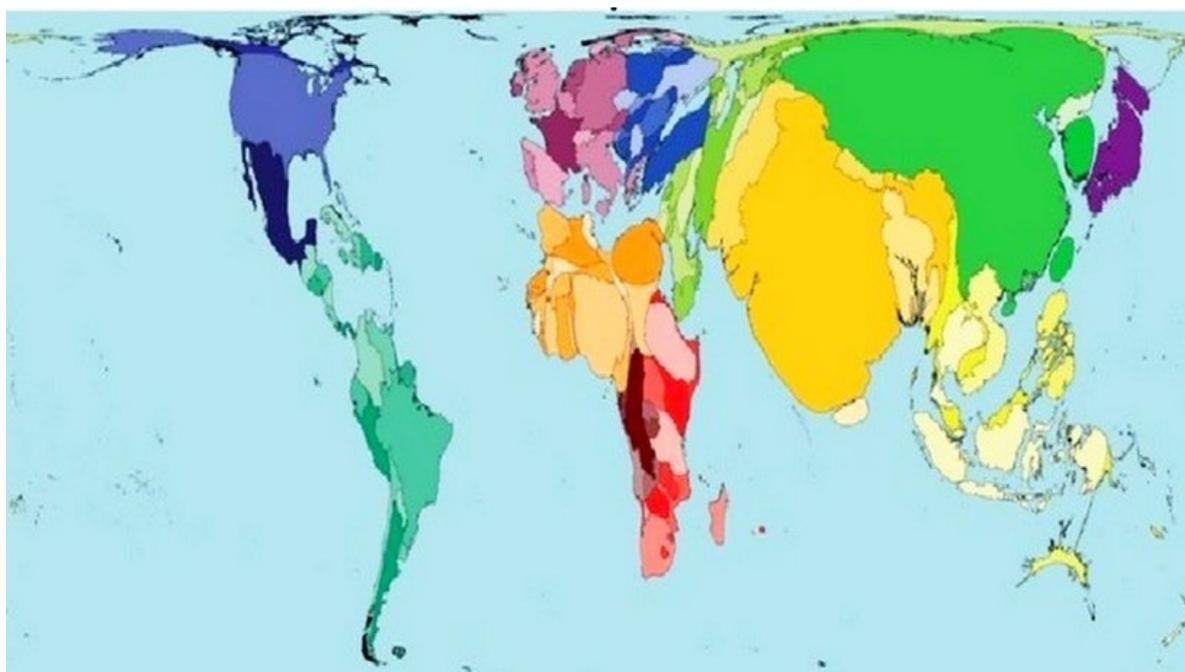


Рисунок 2.1 – Анаморфоза по численности населения стран мира

Теплокарта – изображение, на котором цветами выделяются участки с различной плотностью объектов (как правило, точечных) при отсутствии изначально заданных операционных территориальных единиц. Теплокарты используются для отображения скоплений большого количества объектов. Пример теплокарты показан на рисунке 2.2.

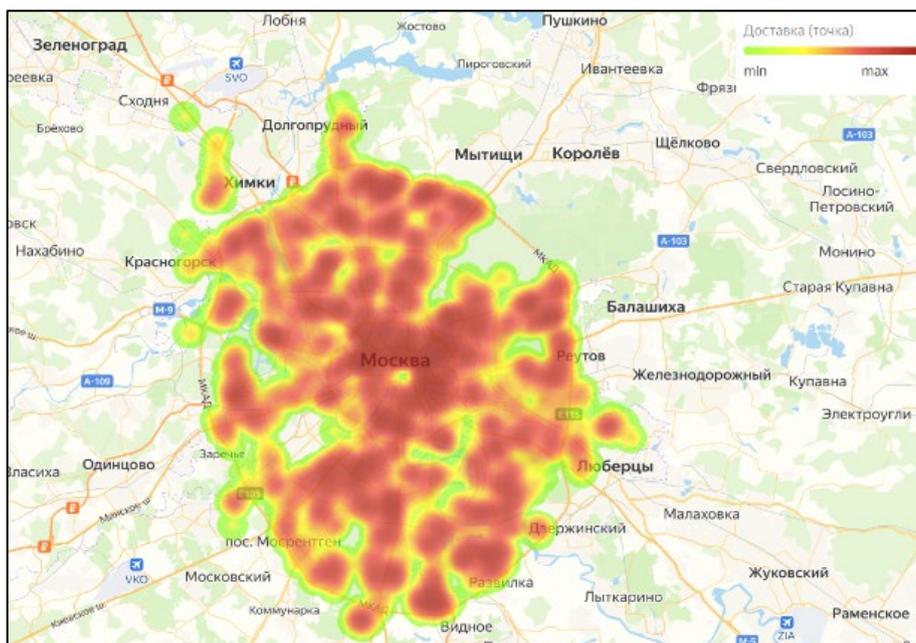


Рисунок 2.2 – Теплокарта, отражающая плотность точек доставки заказов

В геоэкологических исследованиях эти виды изображений используются для анализа данных и представления результатов наряду с традиционными видами картографических изображений.

Для создания теплокарты будем использовать ГИС QGIS. Необходимо иметь загруженный в программу слой точечных объектов, например, населённых пунктов, а также слой-подложку, например, с полигоном области (рисунок 2.3)

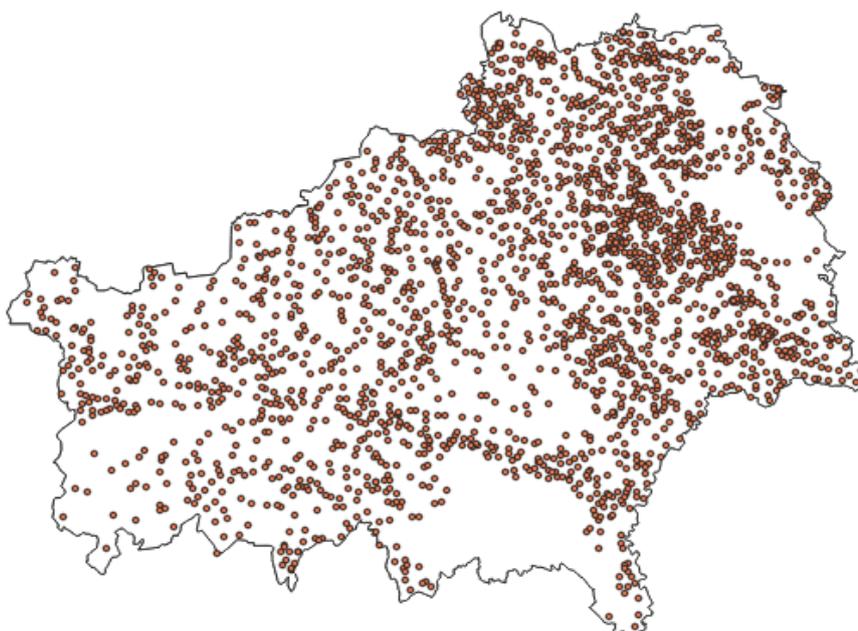


Рисунок 2.3 – Населённые пункты Гомельской области

Новый векторный слой открывается с помощью команды **Слой > Добавить слой > Добавить векторный слой**. В открывшемся окне *Источники данных* в разделе *Источник* нажать кнопку  **Обзор**, выбрать необходимый файл с расширением *.shp и нажать **Добавить**. В окне *Слои* программы QGIS открытые слои следует расположить так, чтобы точечный слой оказался поверх полигонального (это делается путём перетаскивания слоя мышью вниз или вверх).

Создание теплокарты осуществляется с помощью инструмента **Тепловая карта (оценка плотности ядер)**, который находится в разделе *Интерполяция* панели инструментов анализа. В открывшемся при выборе этого инструмента окне (рисунок 2.4) выбрать точечный слой (на основе которого будет построена теплокарта), определить радиус и количество строк выходного растрового слоя (количество полей программа определит самостоятельно на основе заданного количества строк и конфигурации карты). Радиус определяется в градусах либо в метрических единицах (в зависимости от системы координат слоя). Чем больше радиус, тем больший размер площади, для которой программа подсчитывает плотность точек, и тем более обобщённым получается изображение (рисунки 2.5–2.7). Количество строк и столбцов определяет зависящий от них размер пикселей выходного изображения.

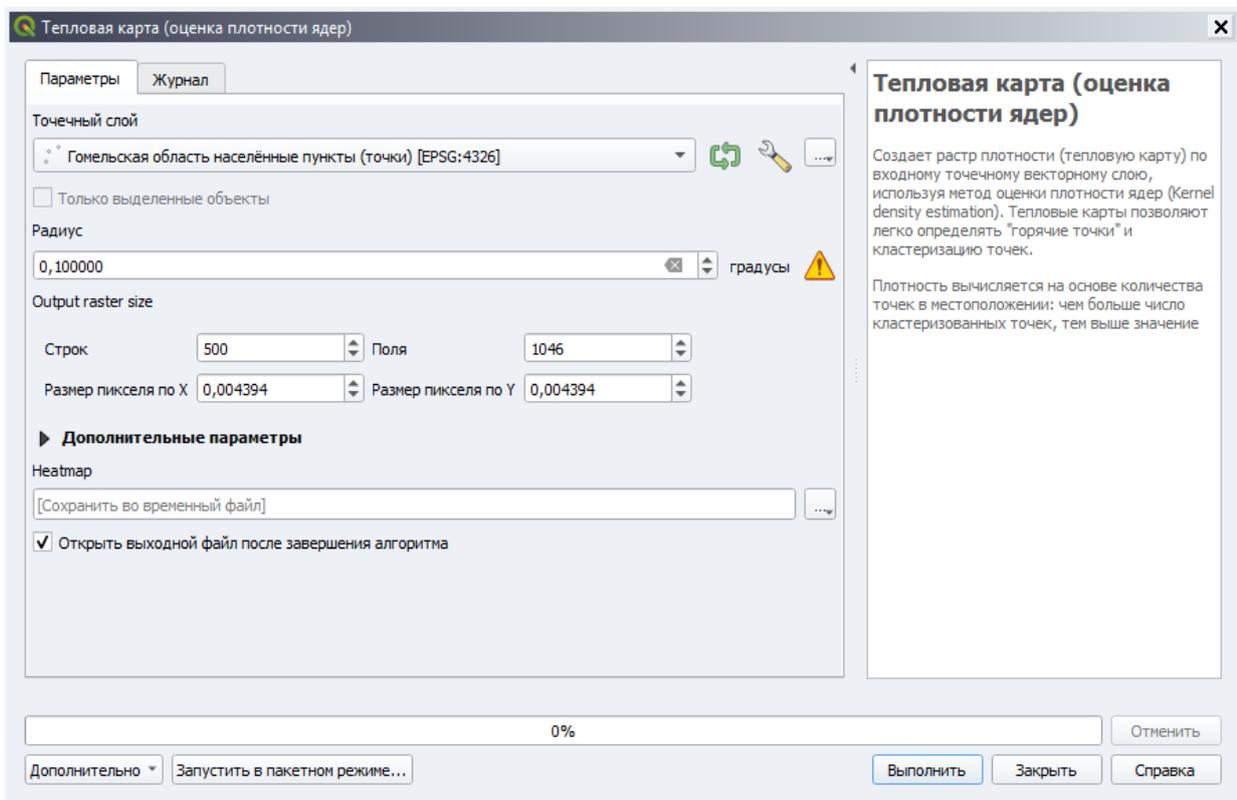


Рисунок 2.4 – Окно *Тепловая карта* программы QGIS

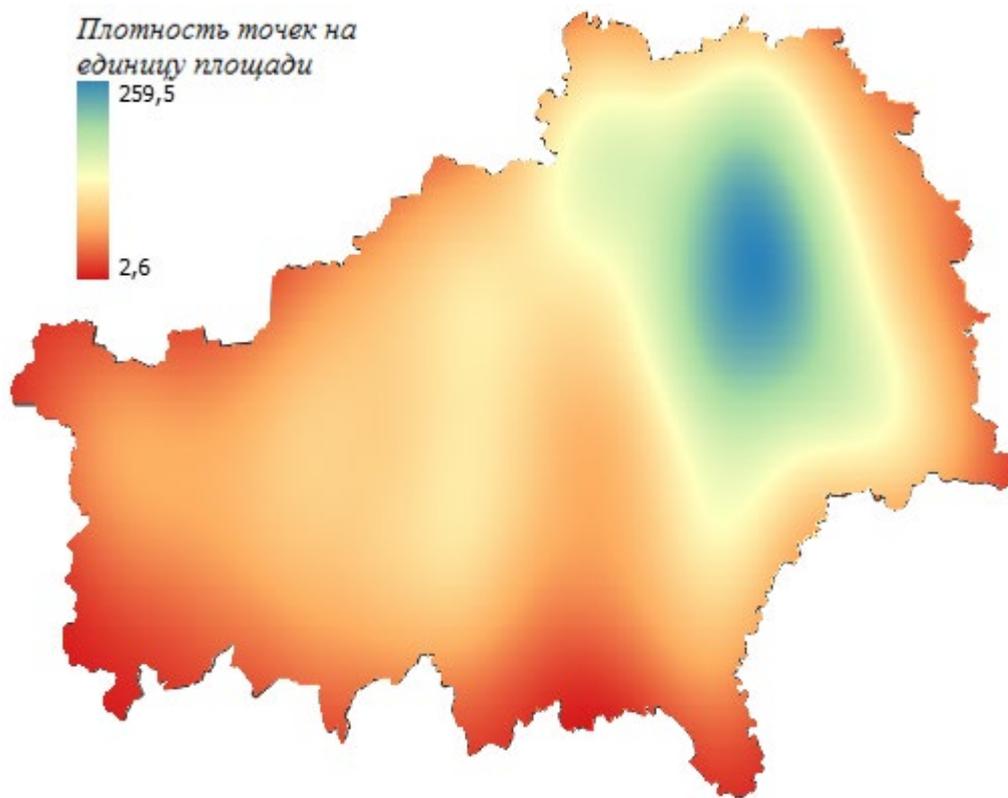


Рисунок 2.5 – Теплокарта, радиус 0,5°

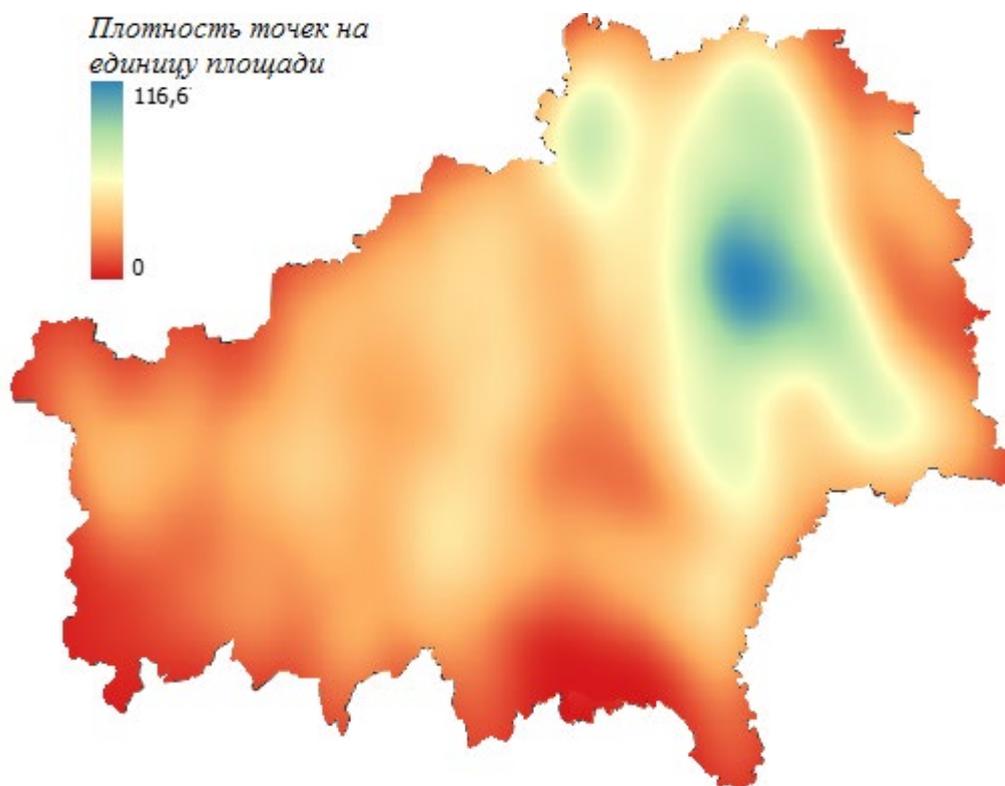


Рисунок 2.6 – Теплокарта, радиус 0,3°

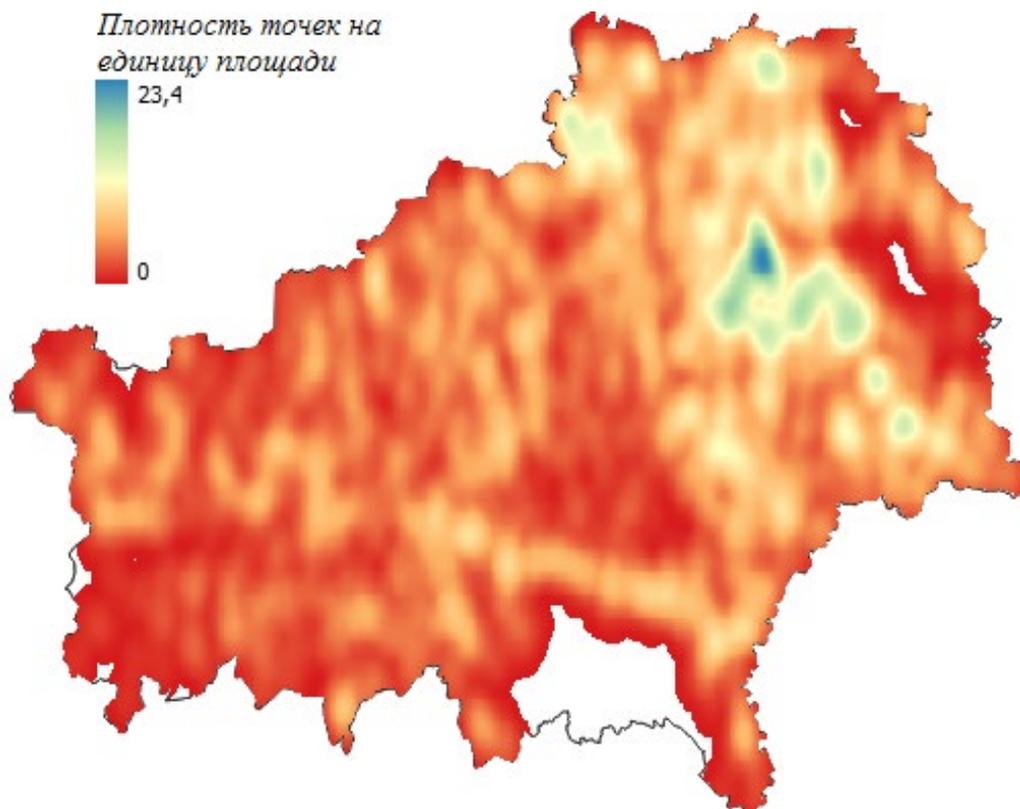


Рисунок 2.7 – Теплокарта, радиус 0,1°, непрерывная интерполяция

Выходной файл представляет собой чёрно-белое растровое изображение, которое обычно необходимо обрезать по границам картографируемой территории, в нашем случае по границам области (команда **Растр > Извлечение > Обрезать растр по маске**, в окне *Обрезать растр по маске* в качестве исходного слоя выбрать появившийся слой теплокарты, а в качестве маски – слой с полигоном области).

Затем изображение сделать цветным: в окне свойств (*Layer Properties*) обрезанного растрового слоя теплокарты, вызываемом двойным щелчком левой кнопкой мыши по соответствующему слою в окне *Слои*, в разделе *Стиль* в пункте *Изображение* заменить вариант *Одноканальное серое* на *Одноканальное псевдоцветное*. В пункте *Интерполяция* того же раздела можно выбрать либо *Линейная*, тогда на изображении будет плавный постепенный переход одного цвета в другой (рисунок 2.7), либо *Дискретная*, тогда цвета будут чётко отделяться друг от друга (рисунок 2.8). В последнем случае нужно ещё дополнительно выбрать способ разделения всего диапазона значений на интервалы (пункт *Режим*, вариант *Равные интервалы*) и задать количество этих интервалов (пункт *Классы*). Можно также определить количество знаков после запятой в подписях интервалов, которые будут отображаться в легенде слоя

(пункт *Точность подписей*), а также задать единицы измерения значений в подписях (*Единицы подписи*). Цвета для диапазонов можно задать вручную путём двойного щелчка левой кнопкой мыши по цвету соответствующего диапазона и его изменения в появляющемся окне либо выбрать цветовую палитру из перечня существующих (*Цветовой ряд*).

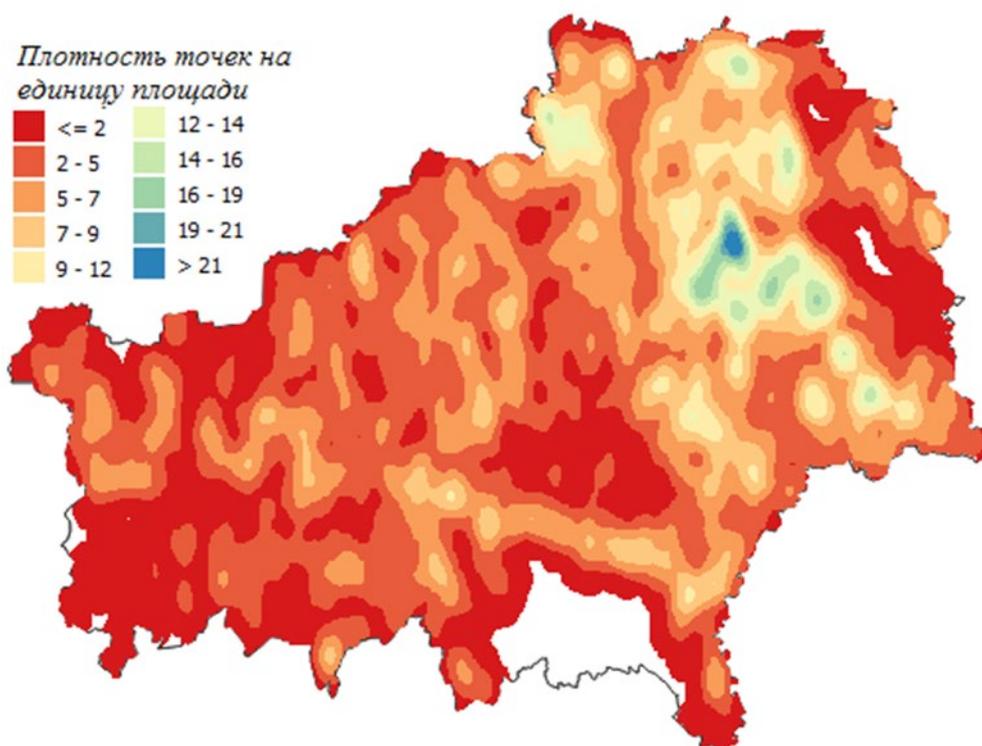


Рисунок 2.8 – Теплокарта, радиус $0,1^\circ$, дискретная интерполяция

При создании теплокарт можно применять и дополнительные параметры, которые можно установить в разделе *Дополнительные параметры* окна *Тепловая карта*. Например, там можно указать поле таблицы атрибутов исходного точечного слоя, значения в ячейках которого будут использоваться как веса точек, (пункт *Weight from field*), например, численность населения в населённых пунктах. В этом случае теплокарта будет отображать плотность населения.

Аналогичным способом создаются теплокарты, отображающие плотность линий. Для этого используется инструмент **Плотность линий** в разделе *Интерполяция* панели инструментов анализа. В соответствующем окне (рисунок 2.9) выбрать исходный линейный слой (в качестве примера – слой мелиоративных каналов Гомельской области (рисунок 2.10), определить оптимальный размер радиуса для расчёта плотности линий и размер пиксела выходного растрового изображения и нажать **Выполнить**. Появится новый слой теплокарты (рисунок 2.11).

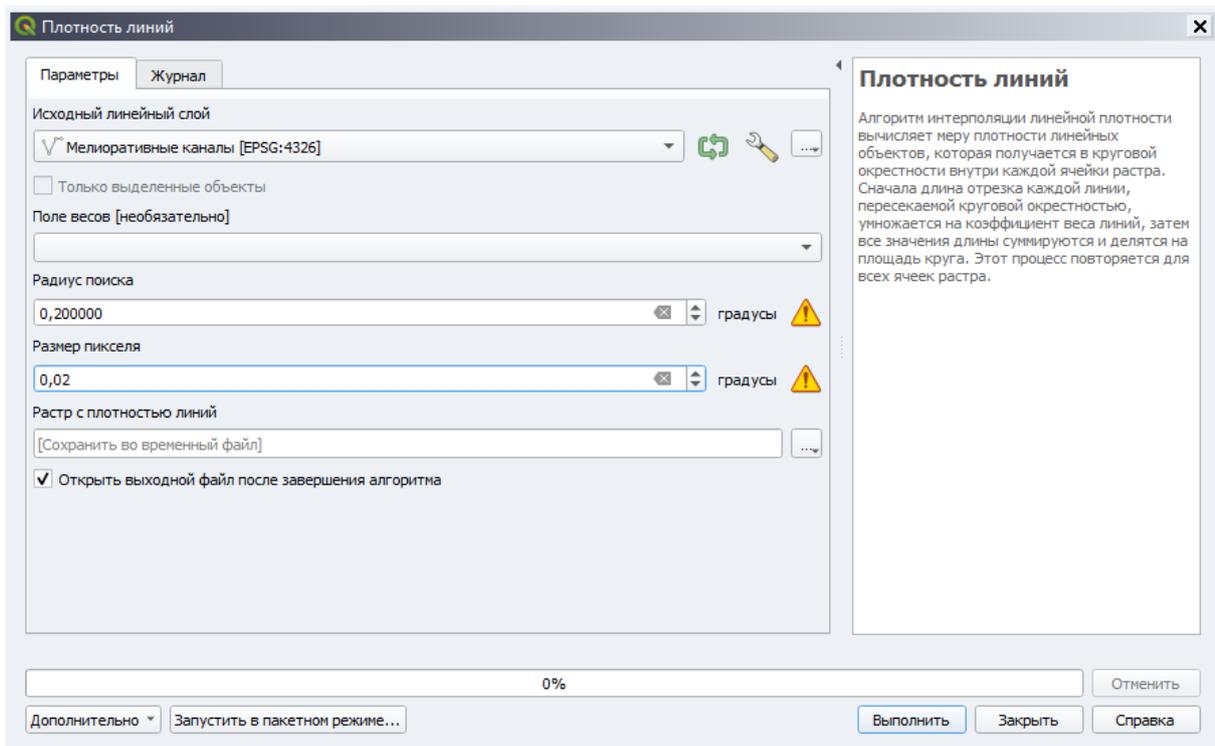


Рисунок 2.9 – Окно *Плотность линий*

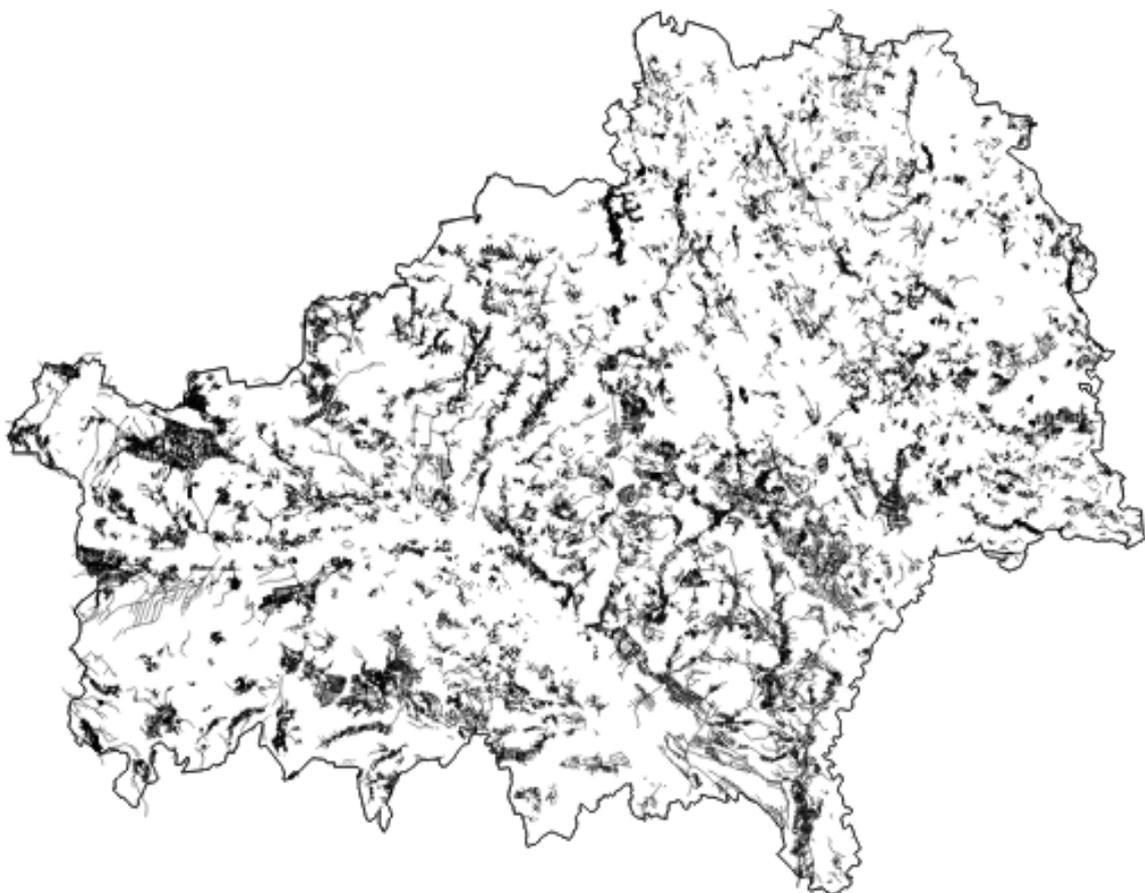


Рисунок 2.10 – Карта мелиоративных каналов Гомельской области

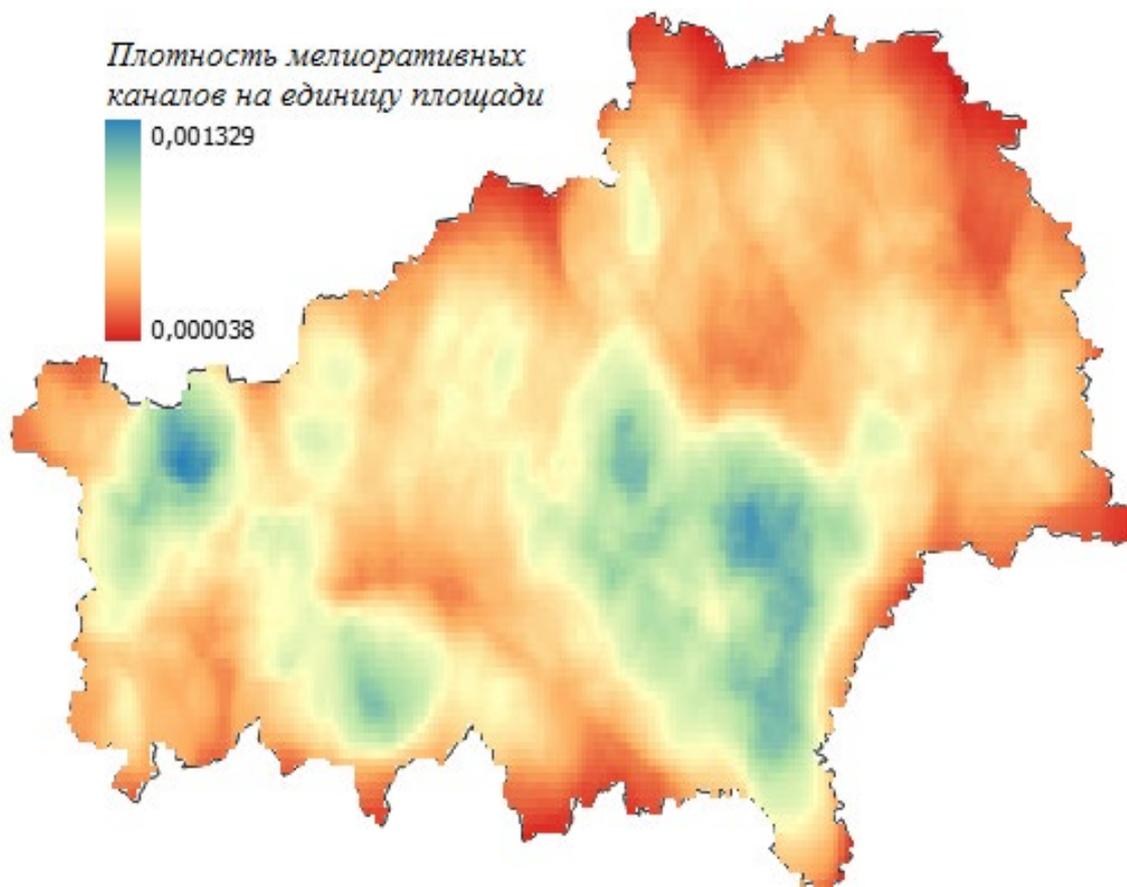


Рисунок 2.11 – Теплокарта плотности мелиоративных каналов

Создание карт-анаморфоз производится с помощью модуля Cartogram, который устанавливается с помощью команды **Модули > Управление модулями**. Необходимо предварительно загрузить векторный слой, в таблице атрибутов которого будет поле, в ячейках которого содержатся числовые данные, на основе которых будет строиться анаморфоза. С помощью кнопки  **Compute cartogram** или аналогичной команды в разделе *Cartogram* панели инструментов анализа открывается окно *Compute cartogram* (рисунок 2.12), где в качестве входящего слоя (Input layer) выбирается полигональный слой (например, слой районов области), определяется поле числовых данных (Field), количество итераций (max. number of iterations, подбирается экспериментально). В итоге создаётся новый полигональный слой, где границы полигонов искажены таким образом, чтобы их площадь была пропорциональна значению выбранного показателя (рисунок 2.13). Построенную карту-анаморфозу можно также представить в виде картограммы, выбрав различные цвета заливки районов в зависимости от значения какого-либо другого показателя. Таким образом, увеличивается количество информации, передаваемой данным картографическим изображением.

Параметр количества итераций имеет значение, когда наблюдается существенная разница между числовыми значениями картографируемого показателя для различных регионов.

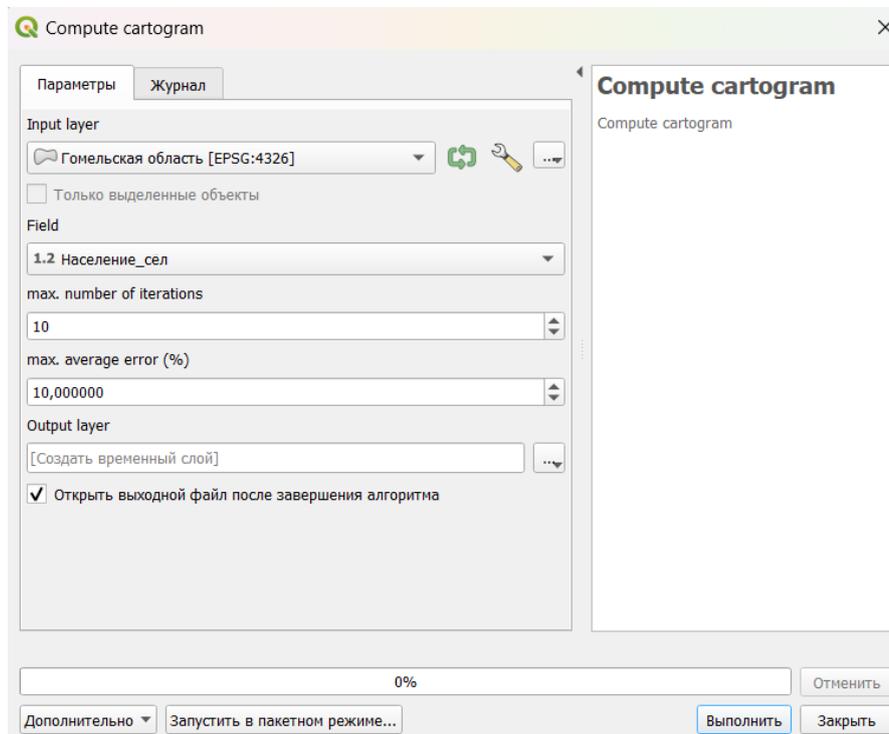


Рисунок 2.12 – Окно *Compute cartogram*

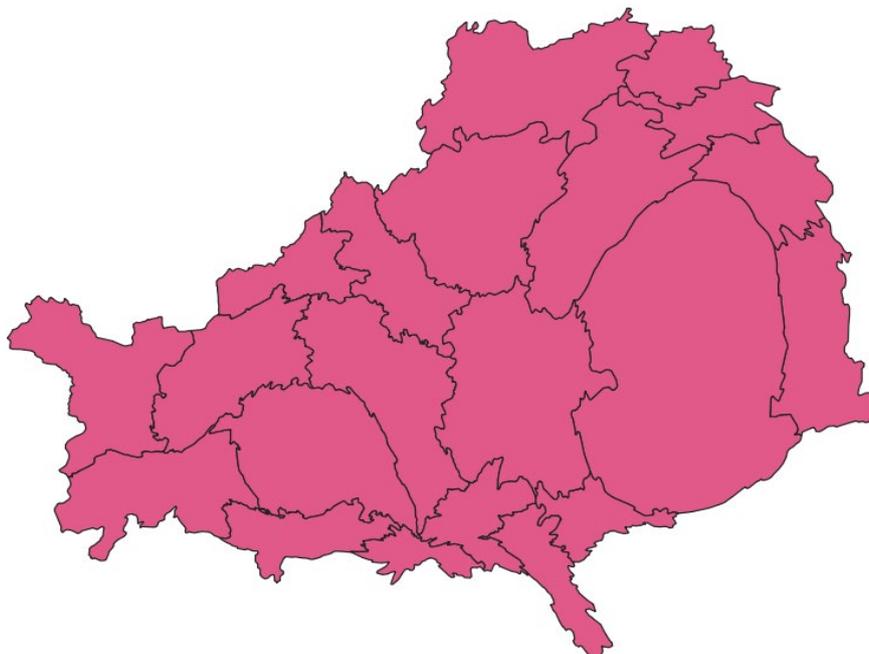


Рисунок 2.13 – Анаморфоза по численности сельского населения районов Гомельской области

В этом случае изменение площадей регионов, линейно пропорциональное этим значениям, может привести к тому, что один или несколько регионов на карте приобретут очень большие площади, и на их фоне остальные регионы не будут заметны. Поэтому в данной ситуации увеличение количества итераций будет соответствовать увеличению разницы между площадями объектов карты-анаморфозы, то есть всё большему приближению к отражению реальной разницы между значениями картографируемого показателя через разницу площадей объектов. Пример карт, составленных по одним и тем же показателям, но с различным количеством итераций, приведён на рисунке 2.14.

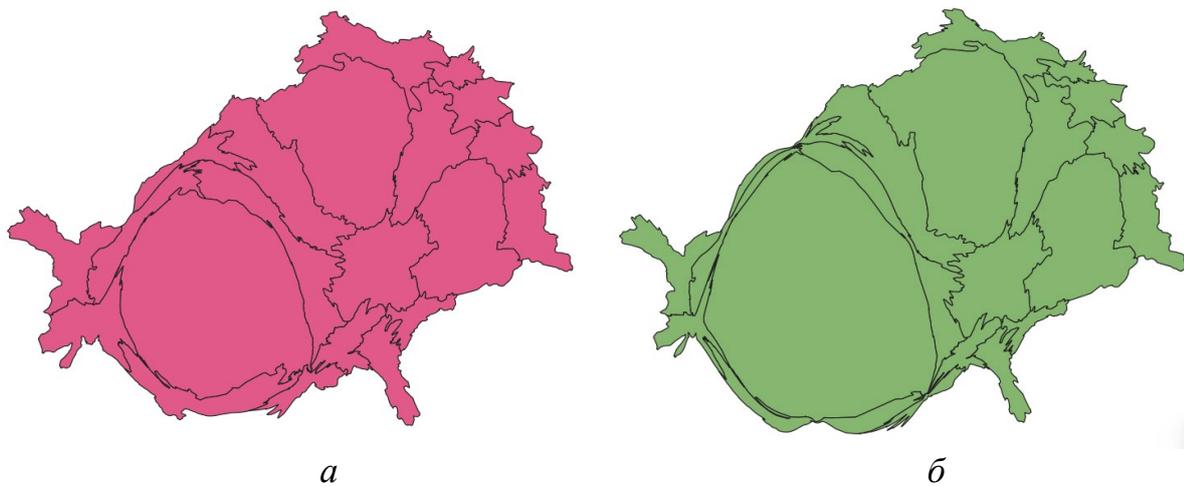


Рисунок 2.14 – Анаморфоза по количеству выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников по районам Гомельской области при задании количества итераций 5 (*а*) и 15 (*б*)

Использование анаморфоз и тепловых карт расширяет возможности картографической визуализации геоэкологической информации и анализа пространственных данных.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ СПОСОБОМ ПСЕВДОИЗОЛИНИЙ

Задание. Составить способом псевдоизолиний карту лесистости и карту ландшафтного разнообразия (на уровне рода ландшафтов, по одному из индексов ландшафтного разнообразия) области.

В геоэкологических исследованиях часто приходится иметь дело с явлениями сплошного распространения, то есть непрерывными и постепенно изменяющимися в пространстве, для которых возможно измерить объективную числовую характеристику в любой точке области распространения, например, рельеф, температура воздуха, концентрация химического элемента в почве, радиационное загрязнение и т. д. Такие явления можно рассматривать как аналоги физических полей и применять для их моделирования и анализа аналогичные методы.

Таким образом, понятие «поле», первоначально разработанное в физике, вышло далеко за пределы физической науки, проникнув во многие другие, в том числе в географию, где сформировалось понятие «географическое поле» (как географическая аналогия физических полей), одно из трактовок которого, абстрактно-математическая, рассматривает его как модель распространения в пространстве отдельных явлений, при которой в каждой точке пространства определено числовое значение некоторой величины.

Для изучения полей явлений сплошного распространения в геоинформационных системах создают их цифровые модели, получившие названия *поверхностей* – моделей, определяемых набором точек с определёнными значениями плановых координат x и y , каждой из которых соответствует аппликата z (числовое значение явления), в качестве атрибутивной характеристики. Частным случаем поверхности являются карты изолиний, являющиеся одним из традиционных способов картографического изображения. Такие модели обладают рядом существенных достоинств, обусловивших их широкое использование для визуализации и анализа явлений в науках о Земле, к числу основных из которых относятся:

1. Отсутствие наперёд заданных операционных территориальных единиц и связанных с ними недостатков при картографировании, а также наличие возможности при создании моделей по данным определённого

конечного количества точек определить способом интерполяции значение картографируемого показателя в любой точке картографируемого пространства, выделить ареалы определённых значений, линии, соединяющие точки с наиболее низкими или наиболее высокими значениями показателя и др., а также наряду со статической количественной характеристикой пространственной дифференциации континуальных явлений широко и успешно применять изолинии для отображения временных изменений, т. е. динамики таких явлений.

2. Поверхность, создаваемая по исходным данным, является не только моделью отображающей особенности пространственного распространения картографируемого явления, но и основой для создания разнообразных производных моделей, углубленно отображающих отдельные важные аспекты пространственной изменчивости показателя – направления его максимального изменения для каждой точки, интенсивности изменения (градиента) показателя в конкретном направлении или в направлении максимального для каждой точки градиента, интенсивности изменения градиента и многих других. Создание таких производных моделей осуществляется на основе математических вычислений серии производных показателей для каждой точки модели. Применение математического аппарата обуславливает как высокую степень объективности и достоверности создаваемых производных моделей, а, следовательно, и результатов их анализа, так и большое разнообразие производных моделей, позволяющих всесторонне и подробно изучить рассматриваемое явление.

3. При наличии нескольких поверхностей, отображающих различные числовые показатели картографируемого явления, возможно осуществлять математические операции с поверхностями, следствием которых будет создание новых поверхностей по вычисленным на основе существующих новым показателям в каждой точке.

4. Высокая наглядность позволяет осуществлять визуальное сопоставление различных явлений, обнаружение их взаимосвязей, а также оценивать степень тесноты связи между различными явлениями и её пространственную неоднородность путём создания карт изокоррелят.

Такие существенные важные свойства поверхностей, в том числе карт изолиний как моделей географических полей, позволяющие глубоко и всесторонне анализировать изучаемые явления, привели к тому, что данный способ картографирования был распространён не только на природные, но и на социально-экономические и другие пространственные явления.

Методологическая проблема, заключающаяся в том, что социально-экономические, как и большое количество явлений другого характера, распространены в пространстве дискретно, а не непрерывно, была решена путём разработки распространены в пространстве дискретно, а не непрерывно, была решена путём разработки для картографирования таких явлений способа псевдоизолиний. В этом случае используются показатели, относящиеся не к определенным точкам, а к площадям полигонов какого-либо территориального деления (например, административного) или регулярной геометрической сетки (например, квадратной или гексагональной), либо другим целесообразно выбранным территориальным ячейкам постоянного размера. Для построения изолиний величины показателя относят к геометрическим центрам клеток либо к точкам, выбираемым с учетом особенностей размещения явления в пределах каждой площади (в «центрах тяжести»).

Способом псевдоизолиний можно картографировать широкий спектр явлений и их характеристик, как абсолютных, так и относительных, а также сложные показатели – коэффициенты и индексы, характеризующие состояние этих явлений в абсолютных, масштабированных или балльных шкалах.

Очевидное удобство псевдоизолиний состоит в том, что с их помощью создается весьма наглядная графо-математическая абстракция территориальных распределений, которая позволяет отвлечься от малосущественных деталей и свойств картируемого признака и выявить основные тенденции его изменения в пространстве. Кроме того, данный способ обладает высокой метричностью. Однако нужно помнить о важном различии между изолиниями и псевдоизолиниями. Псевдоизолинии отображают не реальные, а абстрактные, искусственные поля, к примеру, промышленный рельеф (плотность объектов индустрии на единицу площади), плотность расселения (число жителей на 1 км²) и др. При изменении плотности данных или методики расчета такие абстрактные поля претерпевают существенные изменения. Поэтому на составленных таким способом картах целесообразно указывать способ расчета исходных данных, по которым строятся псевдоизолинии.

Способ псевдоизолиний является одним из самых наглядных в тематическом картографировании, так как облегчает зрительное сопоставление взаимосвязанных рассеянных явлений между собой и с непрерывными явлениями. При использовании изолиний и псевдоизолиний характеристика явлений достигается не отдельно взятыми изолиниями, а их совокупностью, системой. Это определяет важность целесообразного выбора интервала между изолиниями и требует их согласования и совместного обобщения.

Распространённым методом создания карт псевдоизолиний является метод скользящего кружка, при котором картографируемая территория покрывается регулярной сетью перекрывающихся окружностей, в пределах которых рассчитывается значение картографируемого показателя, которое присваивается точкам в центрах окружностей. Такой метод позволяет регулировать независимо друг от друга как размер территории, в пределах которой производится расчёт показателя, так и густоту точек, по которым строятся псевдоизолинии. В этом заключается преимущество по сравнению с сеткой граничащих друг с другом квадратных или гексагональных полигонов, когда увеличение площади полигона, необходимое для более полного учёта пространственных особенностей картографируемого явления, влечёт за собой разрежение сети точек и чрезмерной схематизации изображения.

При создании таких карт целесообразно при наличии возможности создавать псевдоизолинии не только по данным, локализованным в пределах картографируемой территории, но и на некотором расстоянии (сопоставимом с размером территориальной ячейки) за её пределами. Это позволит избежать искажающего влияния «краевого эффекта», когда на краях картографируемой территории территориальная ячейка будет её перекрывать лишь частично.

Рассмотрим в качестве примера процесс создания карты псевдоизолиний лесистости Гомельской области в ГИС QGIS. Исходная карта лесов представлена на рисунке 3.1. Регулярная сеть точек создаётся с помощью команды **Создать сетку** раздела *Вектор–Создать* панели инструментов анализа.

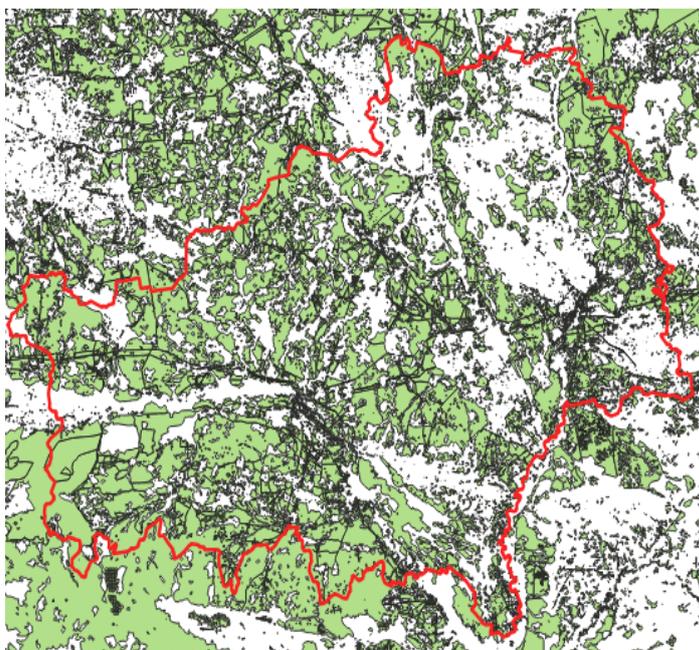


Рисунок 3.1 – Леса Гомельской области и прилегающих территорий

В окне *Создать сетку* (рисунок 3.2) выбирается тип сетки (точки), охват (с помощью кнопки  **Set to current map canvas extent** выбрать вариант *Рассчитать из слоя* и указать слой с полигоном объекта, для которого создаётся карта, или вариант *Указать на карте* и затем выделить мышью прямоугольную область в главном окне), расстояние (шаг) между точками по вертикали и горизонтали. Команда **Выполнить** запускает процесс создания нового временного слоя *Сетка*, который открывается в главном окне *QGIS* (рисунок 3.3).

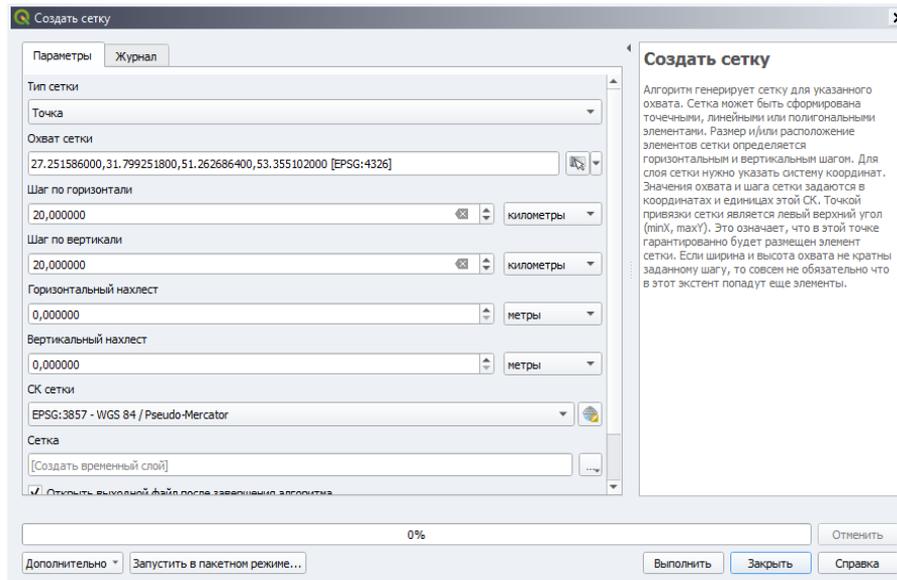


Рисунок 3.2 – Окно *Создать сетку*

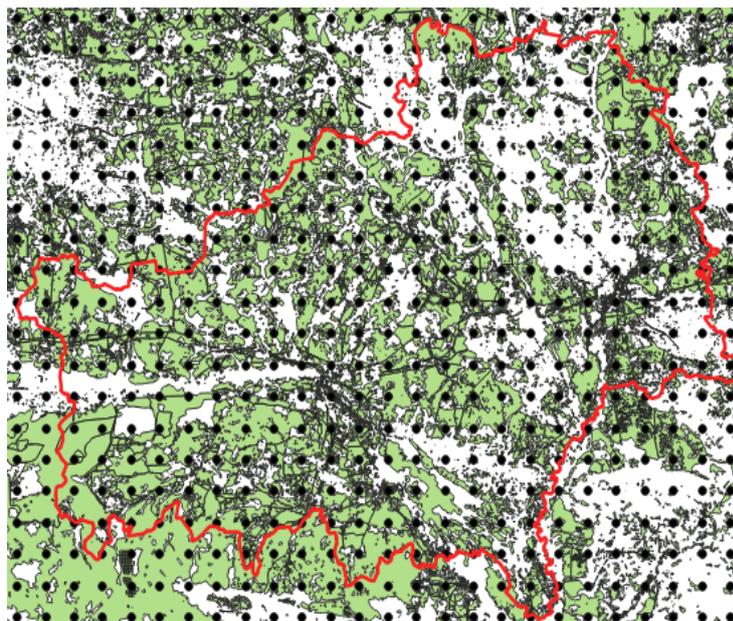


Рисунок 3.3 – Регулярная сеть точек

Далее с помощью команды **Буферизация** раздела *Вектор–Геометрия* панели инструментов анализа создать вокруг точек полигональные кружки. В соответствующем окне (рисунок 3.4) в качестве исходного слоя выбрать слой точек, созданный на предыдущем шаге, определить радиус (пункт *Расстояние*), другие параметры можно оставить по умолчанию. Будет создан и открыт новый временный слой *Буферизировано*.

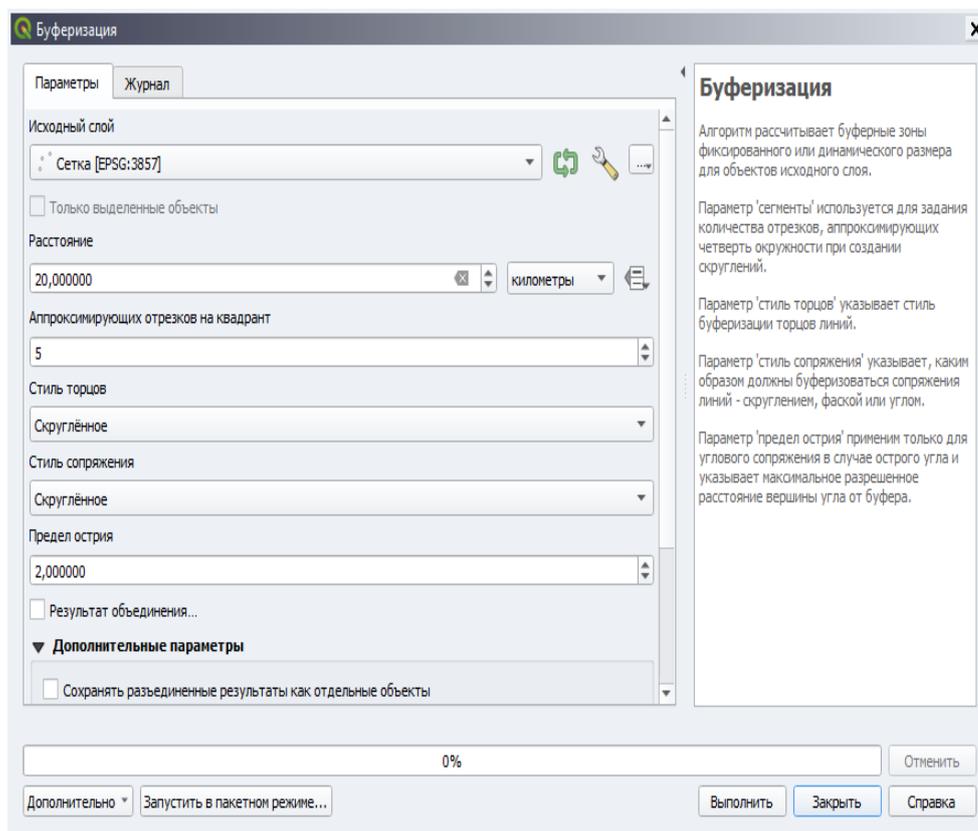


Рисунок 3.4 – Окно *Буферизация*

Теперь нужно определить долю лесов на территориях в пределах каждого кружка. Команда **Анализ наложения** раздела *Вектор–Анализ* панели инструментов анализа вызывает соответствующее окно (рисунок 3.5), в котором в пункте *Исходный слой* выбрать слой с полигонами кружков, в пункте *Слой наложения* выбрать один или несколько слоёв, для которых будут вычислены площадь и процент покрытия, на которые объекты из этих слоёв перекрывают объекты исходного слоя. В результате будет создан слой *Наложение*, в атрибутивную таблицу которого будет добавлены новые колонки с заголовками *[Название исходного слоя] _area* и *[Название исходного слоя] _pc*, в который будут занесены значения соответственно площадей перекрытия и доли перекрытия в процентах.

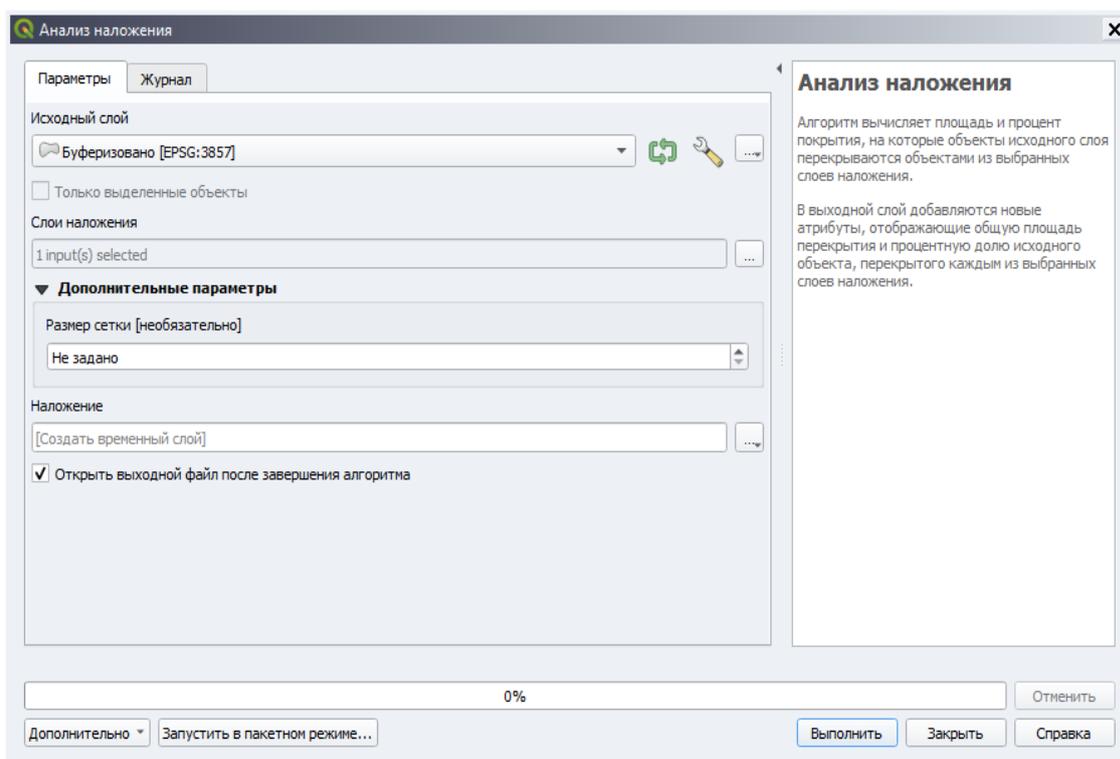


Рисунок 3.5 – Окно *Анализ наложения*

С помощью команды **Центроиды** раздела *Вектор–Геометрия* панели инструментов анализа создаётся новый слой точек *Центроиды*, сгенерированный из слоя *Наложение* в центроидах его кружков, атрибутивная таблица которого будет соответствовать таблице исходного слоя. По этому созданному слою уже можно построить псевдоизолинии. Это можно сделать с помощью модуля *Contour plugin*, установка которого вызывает появление кнопки  **Contour** на панели инструментов, а также раздела *Contour plugin* в инструментах анализа.

В окне *Contour* (рисунок 3.6) выбрать необходимые параметры – входной точечный слой (*Point layer*) и поле значений (*Data value*), по которым будут построены изолинии; способ представления выходного файла – в виде линий (*contour lines*), в виде полигонов диапазонов значений картографируемого показателя (*filled contours*) либо оба варианта одновременно (*both*), метод создания изолиний (*Fixed contour interval* – если изначально задаётся шаг изолиний; *N equal intervals* – если изначально задаётся количество диапазонов одинакового размера; *Logarithmic intervals* – если шаг интервалов логарифмический; *User selected contour levels* – если пользователь сам определяет границы каждого диапазона и т. д.), интервал изолиний или из количество (в зависимости от выбранного метода), минимальное и максимальное их значение.

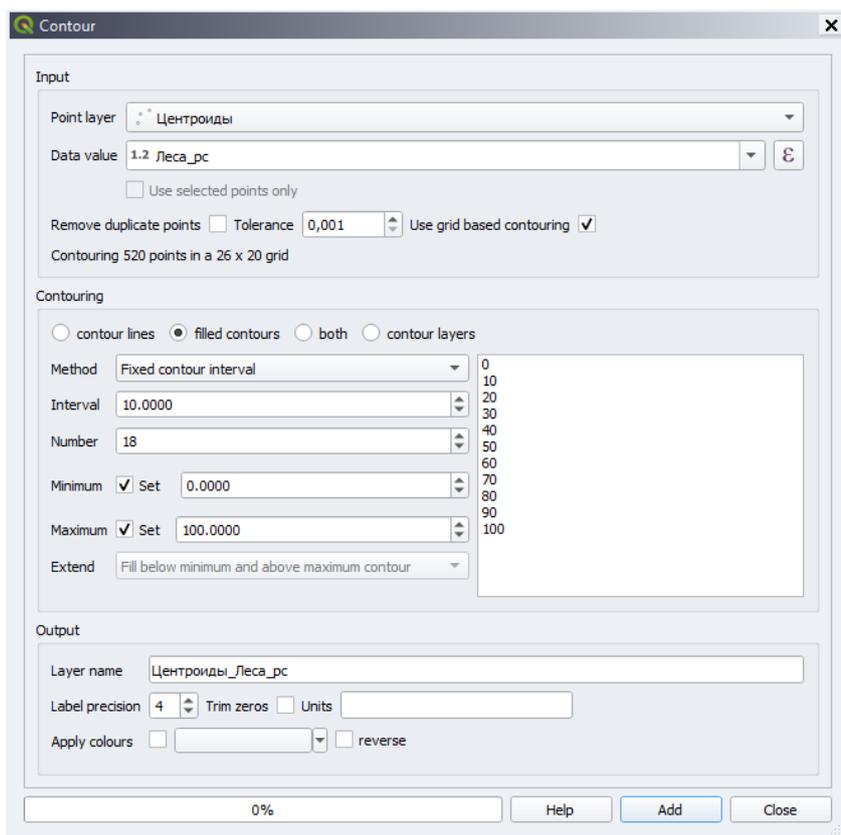


Рисунок 3.6 – Окно *Contour*

После создания карты изолиний может возникнуть необходимость сглаживания контуров, если они получились слишком угловатые. Сгладить путём записи в окно генератора геометрии (**Свойства > Стилль > Тип слоя – Генератор геометрии**) выражения

$$\text{smooth}(\$geometry, X),$$

где X – число итераций, подбираемое экспериментально в зависимости от необходимой плавности линий.

На последнем шаге необходимо подобрать цветовую шкалу для раскраски диапазонов на полигональном слое (в разделе *Стилль* окна *Свойства* в первой строке выбрать вариант *Символизация по уникальным значениям*, в пункте *Значение* – поле таблицы атрибутов, в котором записаны значения диапазонов, в пункте *Цветовой ряд* – цветовую шкалу). Нажатие кнопки **Классифицировать** выведет в окно над ней перечень цветов и соответствующих им диапазонов, а также отображение их подписей в легенде. Цвета и подписи можно изменить вручную, щелкнув двойным щелчком левой кнопкой мыши на соответствующем элементе в данном окне. Пример готовой карты на рисунке 3.7.

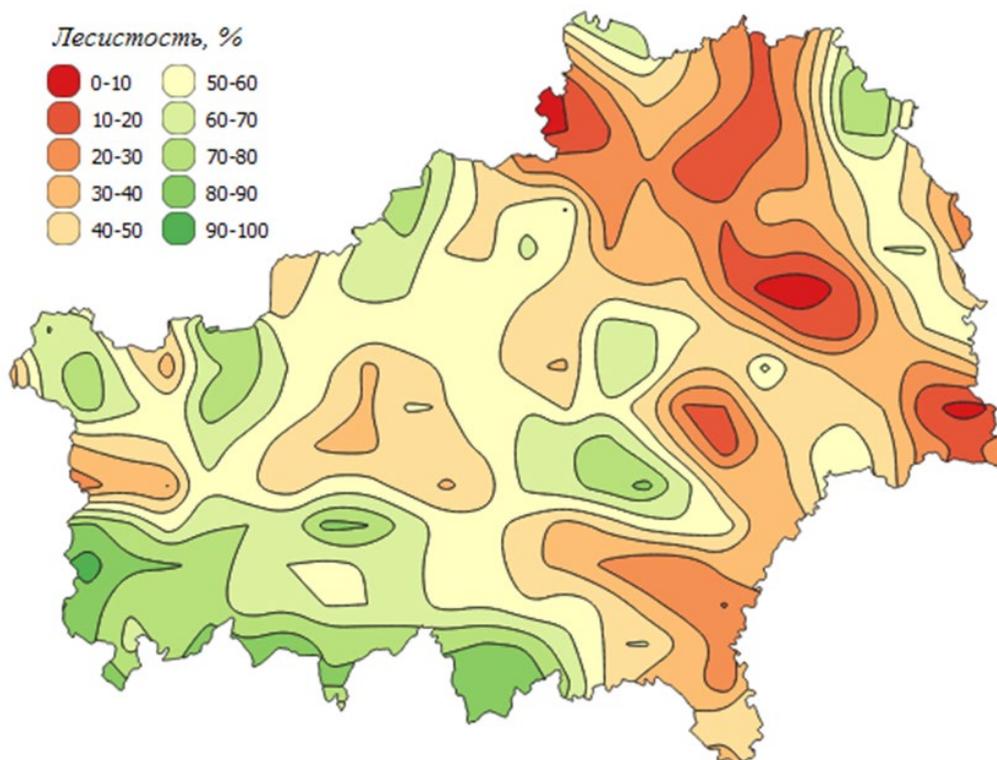


Рисунок 3.7 – Карта псевдоизолиний лесистости Гомельской области

В пункте *Знак* щелчком мыши на строку с примером заливки можно вызвать окно *Настройки знака*, в котором в пункте *Простая заливка* можно заменить сплошную заливку на штриховую, выбрать цвет, стиль и толщину обводки, настроить другие особенности изображения.

Псевдоизолинии можно строить не только на основе значения количества объектов, их плотностей или удельных площадей в пределах кружков, но и на основе показателей, рассчитываемых по соотношению абсолютных или относительных характеристик объектов в пределах кружков. В качестве примера на рисунке 3.8 приведена составленная на основе карты ландшафтов Гомельской области карта псевдоизолиний индекса относительного богатства, который является одной из характеристик ландшафтного разнообразия и рассчитывается по формуле:

$$I_0 = \frac{N_i}{N_0},$$

где N_i – количество родов ландшафтов, попавших в пределы i -го кружка;

N_0 – количество родов ландшафтов в области.

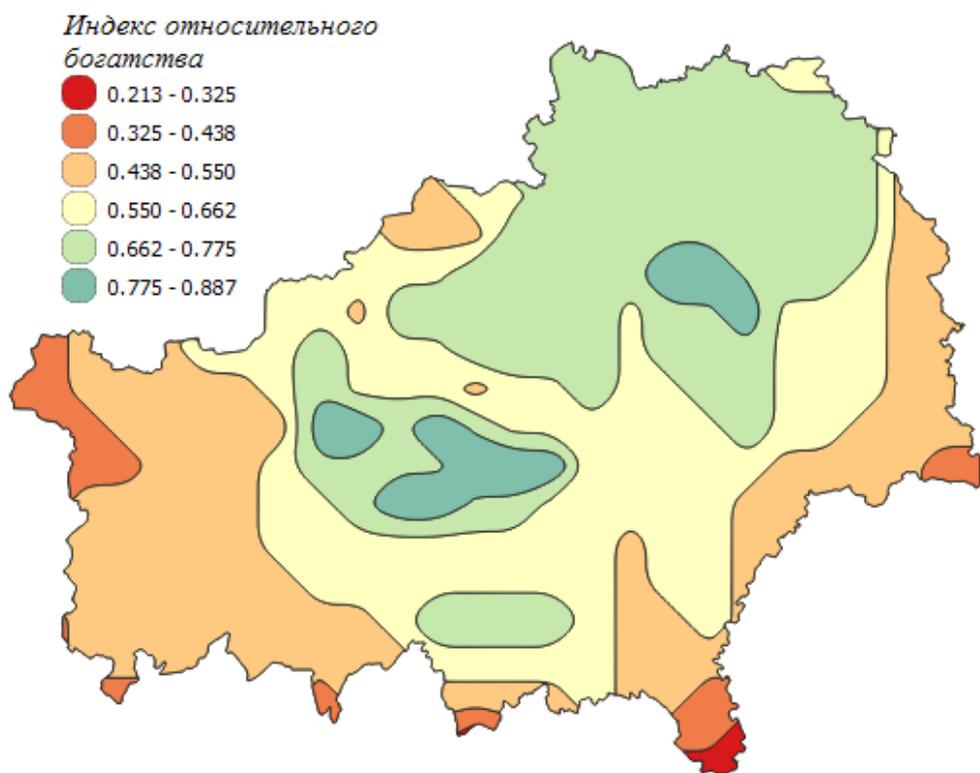


Рисунок 3.8 – Карта псевдоизолиний индекса относительного ландшафтного богатства Гомельской области

Также карты псевдоизолиний можно создавать на основе данных из разных слоёв. Например, по данным о площади лесов в пределах кружков и о численности населения в пределах тех же кружков можно создать карту показателя площади лесов на одного жителя, соотношение лесов и сельскохозяйственных угодий и т. д.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛАНДШАФТОВ РЕГИОНА

Задание. Провести геоэкологическую оценку территории на основе ландшафтного подхода, включающую покомпонентную и комплексную оценку и картографирование антропогенного воздействия на природную среду.

Геоэкологическая оценка – процесс анализа и оценки воздействия человеческой деятельности на окружающую среду с целью определения её состояния, выявления проблемных зон и разработки рекомендаций для устойчивого развития. Геоэкологическая оценка территории отражает последствия сложного взаимодействия природных, технических и социальных сред. Геоэкологическая оценка, посредством которой осуществляется анализ влияния природных и социально-экономических факторов среды жизнедеятельности с учетом экологических ограничений, наиболее оптимально подходит для изучения качества среды жизнедеятельности населения.

Ландшафтный подход является наиболее соответствующим задаче комплексного анализа и оценки природных условий территорий, поскольку учитывает как фоновые (природные) состояния геосистем, так и их антропогенные трансформации. Сущность ландшафтного подхода заключается в рассмотрении территории как совокупности природно-территориальных комплексов. Ландшафтный подход подразумевает анализ ландшафтной структуры территории и её динамики, оценку устойчивости к различным видам воздействия, а также выбор приоритетных направлений использования и развития разных типов природных комплексов. Методика применения рассматриваемого подхода включает составление ландшафтной карты и последующий анализ территории на основе ландшафтной дифференциации. Ландшафтная карта служит базовой для создания ряда тематических карт и схем, отражающих современное состояние и тенденции развития природных процессов и явлений внутри региона.

В качестве примера проведём геоэкологическую оценку территории Восточно-Белорусской ландшафтной провинции. Исходными материалами будут являться векторные слои ландшафтов региона, а также различных природных и антропогенных объектов в его пределах, полученные из проекта OpenStreetMap (полученные с помощью модуля Quick-OSM ГИС QGIS). Для работы будем использовать геоинформационную систему MapInfo Pro 17.0.3.

MapInfo работает с файлами в формате *.tab. При этом она может открывать векторные файлы в формате *.shp (Главная > Открыть таблицу > в пункте Тип файлов выбрать Шейпфайл ESRI), однако их редактирование недоступно. Для получения доступа к редактированию необходимо сохранить копию открытого шейп-файла (Главная > Сохранить > Сохранить копию), затем закрыть его в подокне Таблицы (данное подокно выводится командой Главная > Окна инструментов > Таблицы) с помощью щелчка правой кнопкой мыши на названии слоя и выбора в контекстном меню команды Закрывать и открыть созданную копию слоя в формате *.tab. Векторный слой откроется в виде окна карты. Окно таблицы можно добавить щелчком правой кнопкой мыши на название слоя в окне Проводник (Главная > Окно инструментов > Проводник) и выбором команды Показать список. С помощью вкладок над окном можно переключаться между окнами карт и таблиц.

Для создания тематической карты выбрать команду Карта > Добавить тематику когда активно окно карты. Для создания карты родов ландшафтов на основе соответствующего векторного слоя в окне Создание тематической карты. Шаг 1 из 3 (рисунок 4.1) необходимо выбрать тип Отдельные значения и шаблон (в зависимости от геометрии слоя и желаемой расцветки) и нажать Далее >.

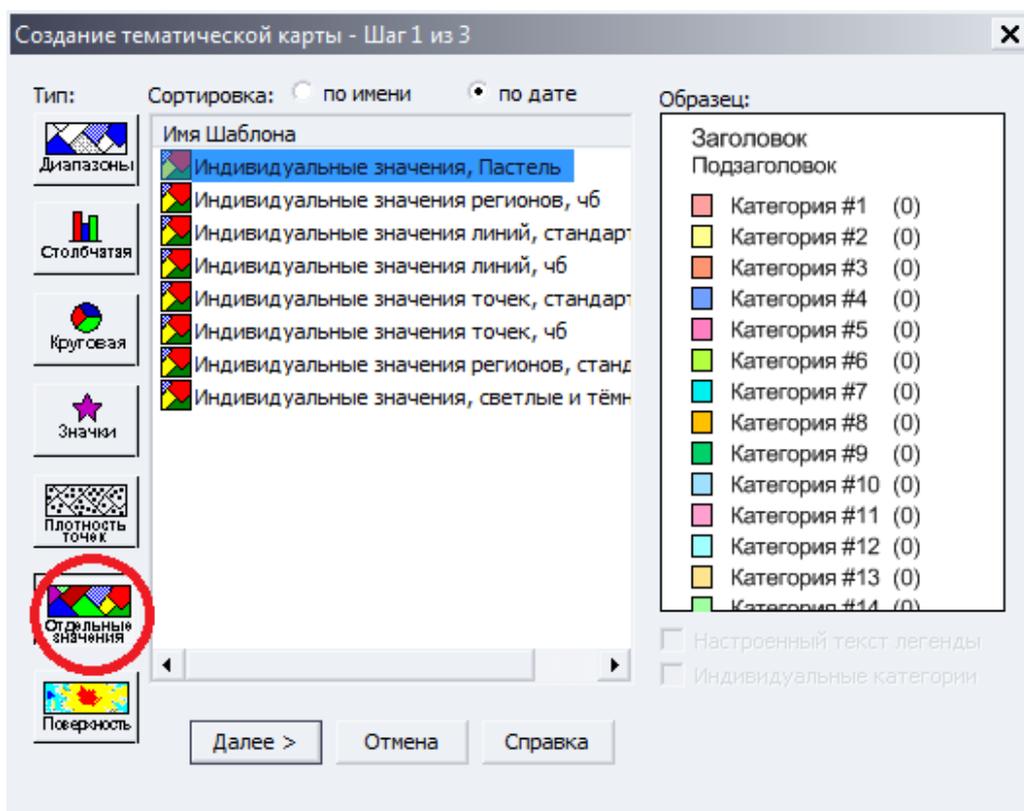


Рисунок 4.1 – Окно Создание тематической карты. Шаг 1 из 3

В окне *Создание тематической карты. Шаг 2 из 3* выбрать таблицу (слой) и поле (колонку в таблице к этому слою), на основе которых будет создана карта. На последнем шаге в окне *Создание тематической карты. Шаг 3 из 3* оценить расцветку объектов и при необходимости скорректировать её вручную с помощью кнопки **Стили** (рисунок 4.2), открывающей окно *Настройка отдельных значений*, где для каждого значения, щёлкнув на кнопку с изображением образца его оформления и вызвав окно *Стиль региона*, можно поменять характер заливки (пункт *Рисунок*), цвет заливки (в случае выбора не однотонной цветной, а штриховой заливки нужно выбрать цвет рисунка и цвет фона), стиль, цвет и толщину границ полигонов. Если необходимо оставить полигоны, соответствующие определённому значению, без заливки, в пункте *Рисунок* выбрать *N*, аналогичный выбор в пункте *Стиль* раздела *Граница* сделать, если нет необходимости показывать линии границ полигонов.

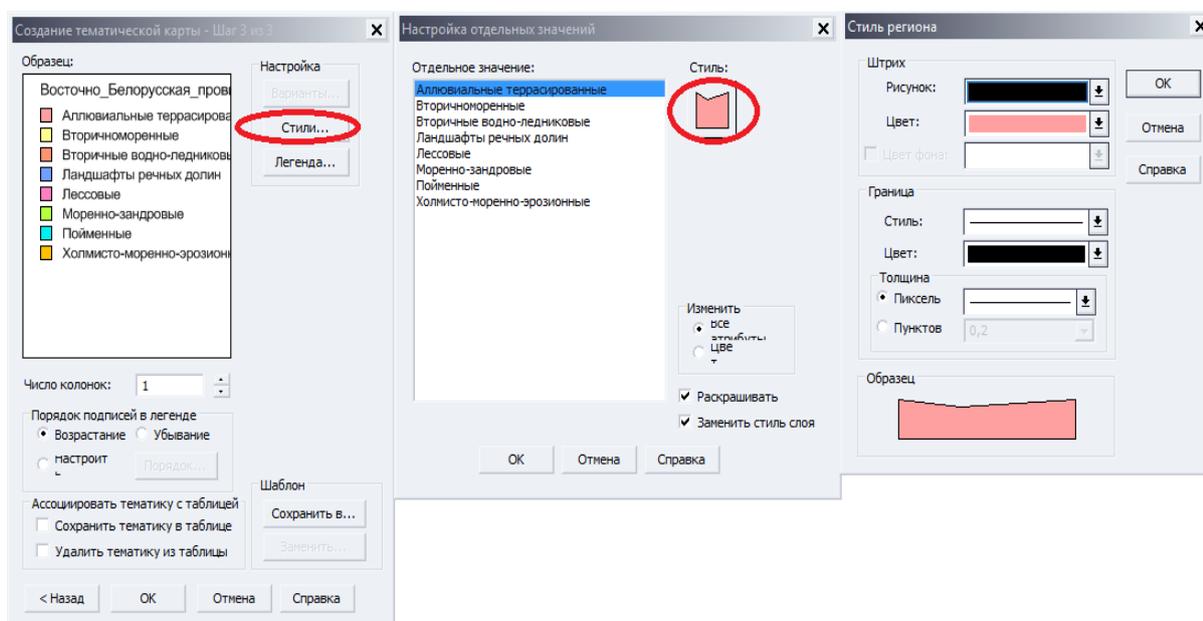


Рисунок 4.2 – Изменение оформления объектов тематической карты

С помощью кнопки **Легенда** окна *Создание тематической карты. Шаг 3 из 3* вызывается окно *Настройка легенды* (рисунок 4.3), в котором можно настроить заголовок и подзаголовок легенды и при необходимости отредактировать записи в ней, выбрать для каждого элемента легенды оформление шрифта (кнопка **Аа**, вызывающая окно *Стиль текста*), исключить из легенды отображение определённых значений (убрав галочку с пункта *Отображать этот диапазон*), определить, показывать ли в легенде число полигонов (в нашем случае ландшафтов), для каждого значения (пункт *Показывать число записей*).

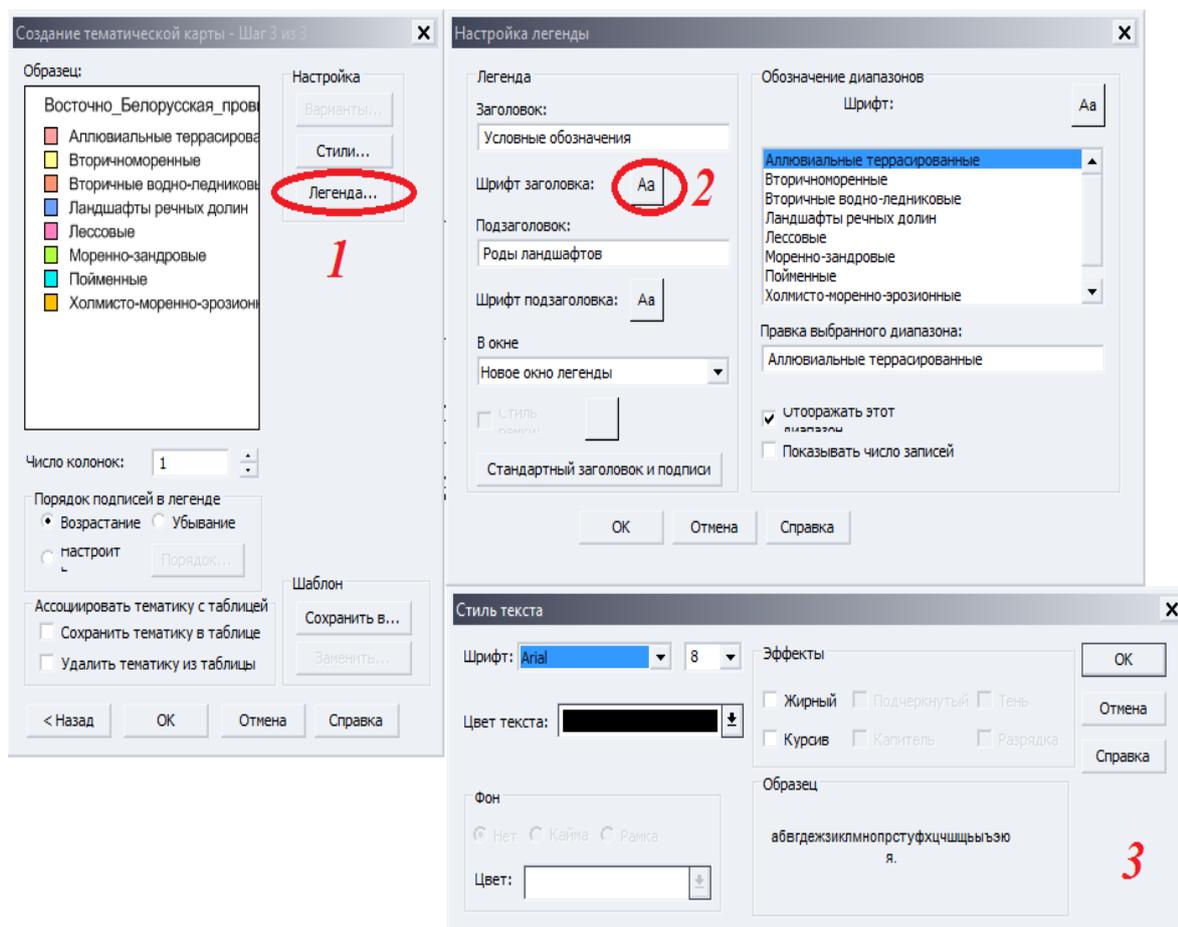


Рисунок 4.3 – Оформление легенды тематической карты

Также в окне *Создание тематической карты. Шаг 3 из 3* можно определить число колонок в легенде, а также порядок отображения записи в ней – по возрастанию, по убыванию или настроить вручную (кнопка **Порядок**). Настроенные элементы тематического оформления отображения карты можно сохранить в виде шаблона (кнопка **Сохранить в** раздела *Шаблон*) под определённым заданным названием (пункт *Имя* окна *Сохранить тематическое оформление*) и в последующем при создании карт, где планируется аналогичное оформление, выбирать этот шаблон уже на первом шаге создания тематической карты.

При необходимости можно добавить и настроить масштабную линейку (**Карта > Добавить к карте > Масштабная линейка**), установить необходимый масштаб (щелчок правой кнопкой мыши на окне карты, в контекстном меню выбрать **Показать по-другому** и задать нужное значение в пункте *Картографический масштаб*).

Пример созданной карты показан на рисунке 4.4. Аналогичным образом можно создать карты подробов и видов ландшафтов, а также других качественных или уникальных количественных характеристик.

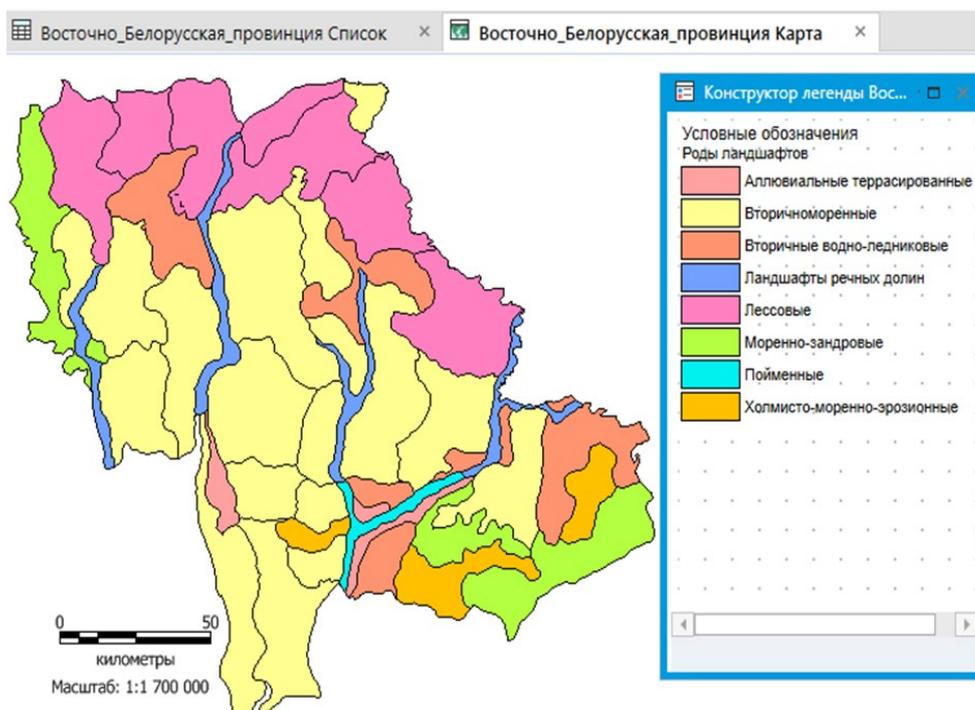


Рисунок 4.4 – Пример тематической карты родов ландшафтов

Для анализа ландшафтной структуры территории могут понадобиться сведения о площадях или других количественных характеристиках каждого ландшафта, а также всех ландшафтов, относящихся к определённым группам (родам, видам и т. д.). Для создания в таблице слоя новой колонки (например, для записи в неё данных о площадях ландшафтов) выбрать **Таблица > Таблица > Изменить структуру**. В появившемся окне *Перестройка структуры таблицы* кнопкой **Добавить поле** можно добавлять новые колонки и в разделе *Описание поля* сразу определять их название и тип данных. Если колонка создаётся для записи числовых значений, то можно выбрать тип *Десятичное* и указать максимальное количество знаков и число знаков после запятой чисел, которые будут заноситься в данную колонку. Если колонка предназначена для записи текстовых данных, выбираем тип *Символьное* и максимальное количество знаков, которое будет помещаться в ячейке. Ненужные колонки удаляются кнопкой **Удалить поле**. После определения желаемой структуры таблицы нажать **ОК**. Слой при этом может исчезнуть из окна программы, в этом случае его можно вернуть кнопкой **+** **Добавить слои** окна *Проводник*, выбрав соответствующий слой в открытом окне *Добавить слои*. Точно также можно возвращать в окно программы слои, ранее закрытые пользователем (временно удалять слои можно кнопкой **X** **Удалить слои** окна *Проводник*. Автоматически восстановить прежнюю структуру таблицы невозможно.

Создав колонку *Площадь*, заполнить её данными о площадях ландшафтов можно автоматически. Командой **Таблица > Обновить колонку** вызывается окно *Обновить колонку* (рисунок 4.5), в котором выбирается слой и его колонка, которая будет заполняться данными.

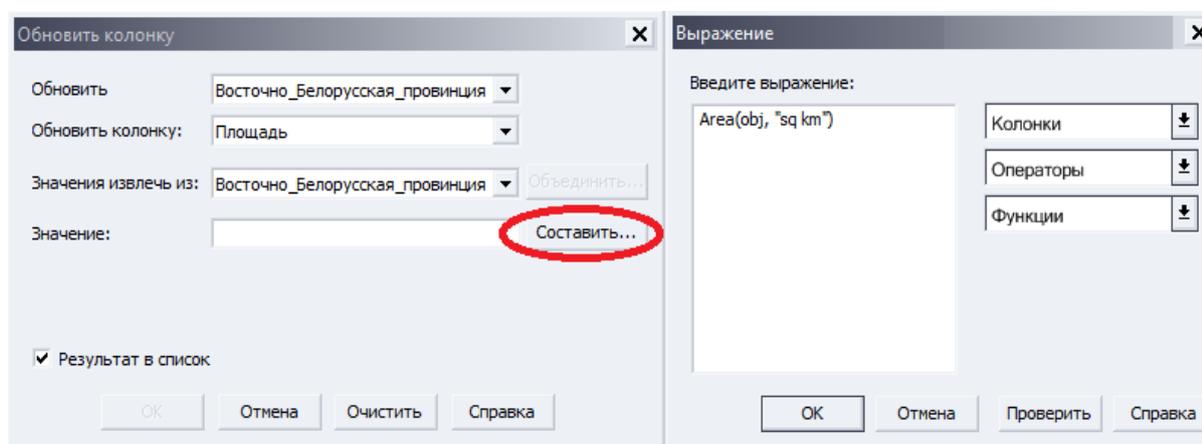


Рисунок 4.5 – Окна *Обновить колонку* и *Выражение*

Для создания выражения, в соответствии с которым будет рассчитываться значение для каждой ячейки, удобно воспользоваться кнопкой **Составить**, открывающей окно *Выражение*. В нём из списка функций можно выбрать функцию для расчёта определённого показателя (для площадей объектов слоя – Area, для длин – ObjectLen, для периметров – Perimeter, для координат центроидов – CentriodX и CentroidY и т. д.). В появившемся выражении установить единицу измерения – для функции Area по умолчанию установлены квадратные километры ("sq km"), которые можно вручную заменить на другие – квадратные метры ("sq m"), гектары ("hectare") и др. Нажатие кнопки **ОК** приводит к заполнению выбранного столбца значениями, соответствующими составленному выражению. При этом, если поставлена галочка в пункте *Результат в список*, автоматически открывается таблица атрибутов, поэтому если она уже открыта, данную галочку можно отключить, так как нет необходимости в открытии двух одинаковых таблиц.

С помощью окна *Обновить колонку* можно задавать и другие выражения, например, рассчитывать числовые значения по данным из других колонок. Так, если имеются колонки со значениями площадей районов и численности населения в них, то, составив выражение деления одного показателя на другой, можно получить плотность населения.

Для получения информации о суммарной площади ландшафтов, сгруппированных по каким-либо признакам, используется SQL-запрос (**Таблица > SQL-запрос**). В соответствующем окне (рисунок 4.6) в пункте

Из таблиц необходимо выбрать название слоя (меню *Таблицы*), в пункте *Выбрать колонки* сначала выбрать колонку, по которой будут группироваться данные (меню *Колонки*), в нашем случае – род ландшафтов, затем оператор обобщения (меню *Обобщение*, для суммы значений – *Sum*), в скобках которого указать колонку, данные из которой будут обобщаться. Также в пункте *Группировать по* также выбрать полугруппировки.

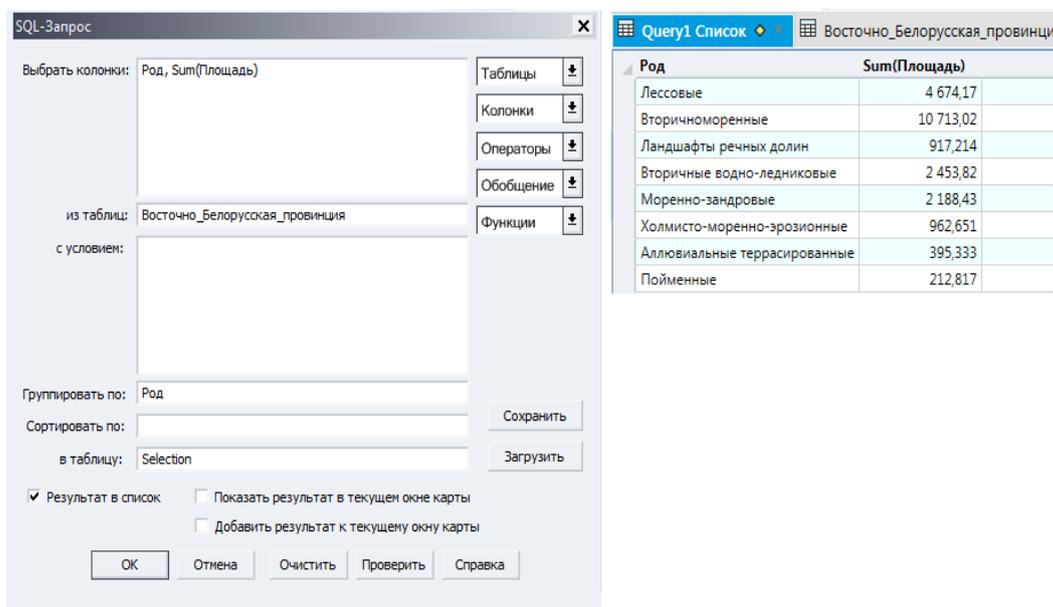


Рисунок 4.6 – Окно *SQL-запрос* и результат запроса

С помощью кнопки **Проверить** можно определить синтаксическую корректность выражения, и если при нажатии на неё появится сообщение «Всё правильно», можно нажимать **ОК**. Появится таблица с заголовком *QueryN*, где *N* – порядковый номер запроса, в которой будут представлены искомые данные. Аналогично можно определить суммарные площади ландшафтов по под родам, видам и т. д. Если необходима суммарная площадь всех полигонов на слое, то в пункте *Выбрать колонки* записать только *Sum(Площадь)*, а пункт *Группировать по* вовсе не заполнять.

Для проведения геоэкологической оценки необходимо определить долю площадных природных и антропогенных объектов (лесов, лугов и других травянистых сообществ, болот и переувлажнённых земель, садов, населённых пунктов, промышленных ареалов, охраняемых территорий, зарослей кустарников) либо плотность линейных объектов (автомобильных и железных дорог, мелиоративных каналов) в пределах каждого ландшафта.

Рассмотрим порядок действий на примере лесов, слой которых откроем поверх слоя ландшафтов (рисунок 4.7):

1. Для таблицы слоя лесов создать новую колонку *Площадь*, куда с помощью команды **Обновить колонку** занести значения площадей всех

ареалов лесов на данном слое. Для таблицы слоя ландшафтов создать две новые колонки *Площадь лесов*, *Доля лесов*, в которую будут занесены соответствующие показатели для каждого ландшафта. Сохранить оба слоя.

2. Открыть окно *Пропорциональное перекрытие*. Для этого сначала открыть панель программ (**Главная > Окна инструментов > Инструменты**). В строке поиска данной панели начать вводить название «Пропорциональное перекрытие» и при появлении в панели этого инструмента дважды щёлкнуть по нему левой кнопкой мыши.

Инструмент пропорциональное перекрытие позволяет рассчитать числовые значения для объектов одного слоя, попавших в пределы объектов второго слоя с учётом пропорции перекрытия, в данном случае мы рассчитаем площади объектов слоя лесов, попавших в пределы каждого ландшафта на слое ландшафтов.

3. В окне *Пропорциональное перекрытие* выберем таблицу (пункт *Обновить таблицу*) и её колонку (пункт *Обновить колонку*), в которые будут заноситься данные о площадях объектов слоя, перекрывающего данный, в пределах объектов данного слоя. В пункте *Взять данные из таблицы* выбрать перекрывающий слой, в пункте *Вычислить* выбрать, какой показатель будет рассчитываться, а в пункте *для* – указать колонку, из которой будут взяты данные для расчёта (в нашем примере – колонку, где записаны площади лесных ареалов) (рисунок 4.8).

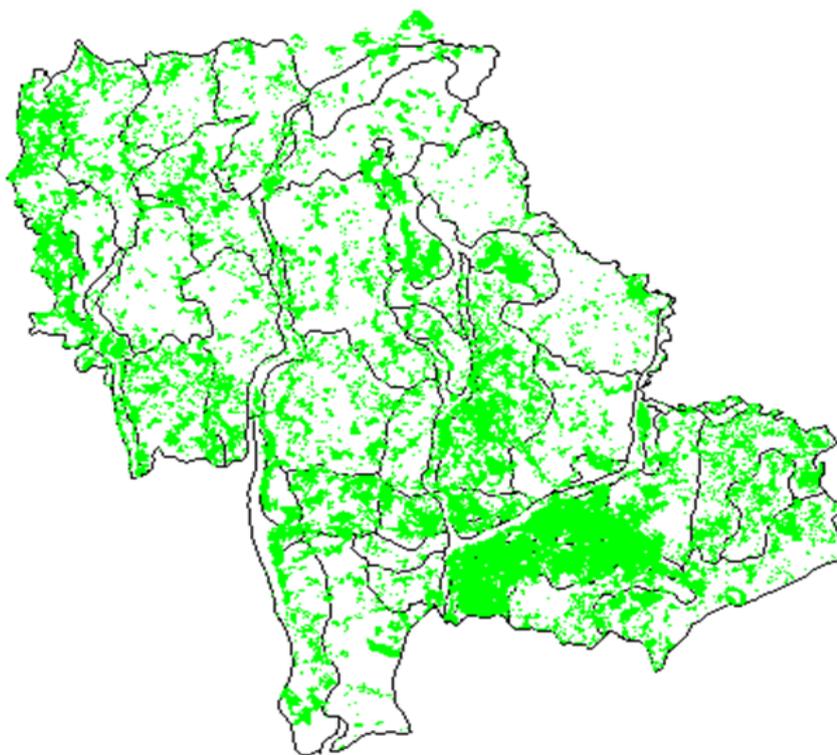


Рисунок 4.7 – Слой лесов поверх слоя ландшафтов

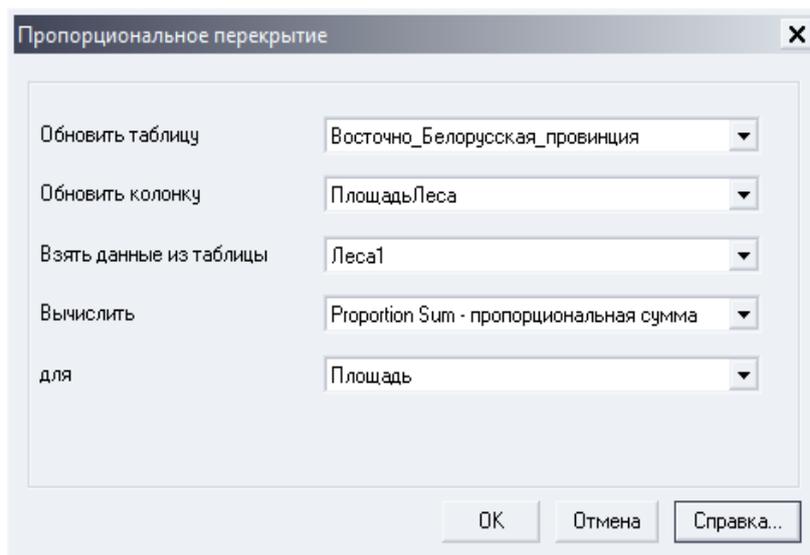


Рисунок 4.8 – Окно *Пропорциональное перекрытие*

Кнопка **ОК** запустит процесс подсчёта, для которого понадобится некоторое время, в результате чего в колонку, выбранную в пункте *Обновить колонку*, для каждого ландшафта будут записаны площади лесов в их пределах.

4. Заполнить колонку *Доля_лесов* значениями удельной площади лесов, то есть лесистости каждого ландшафта с помощью команды **Обновить колонку** и выражения $Площадь_лесов * 100 / Area(obj, "sq\ km")$.

5. Определить значение лесистости для групп ландшафтов, относящихся к одному роду. Для этого в пункте *Выбрать колонки* окна *SQL-запрос*, помимо колонки, по которой группируются данные (Род), ввести оператор обобщения *WtAvg* (средневзвешенное), так как нам необходимо не суммировать значения, как для площадей ландшафтов в предыдущем случае, а вычислить средневзвешенное значение их лесистости. Оператор *WtAvg* требует указать через запятую две колонки: первая – из которой будут взяты значения показателя (в нашем случае *Доля_лесов*, вторая – из которой будут взяты «веса», которыми в нашем случае будут являться площади ландшафтов. Таким образом, введённое в пункт *Выбрать колонки* выражение будет иметь вид:

$$Род, WtAvg(Доля_лесов, Area(obj, "sq\ km"))$$

Осталось заполнить пункт *Группировать по* и нажать **ОК**. В результате получаем значение лесистости для каждого рода ландшафтов в целом (рисунок 4.9).

Результаты расчёта лесистости ландшафтов также можно представить в виде карты, создаваемой с помощью тех же описанных выше инструментов, что и в карте родов ландшафтов. На первом шаге выбрать тип карты

Диапазоны (так как в данном случае вы создаём карту не по уникальным качественным характеристикам, а по непрерывным количественным) и один из предлагаемых шаблонов расцветки картограммы. На втором шаге становится активной кнопка **Диапазоны**, с помощью которой можно выбрать количество диапазонов, а также один из предлагаемых способов разбиения на диапазоны либо разбить вручную. Также можно отредактировать в случае необходимости стили отображения диапазонов и легенду. Пример созданной таким образом карты лесистости ландшафтов представлен на рисунке 4.10.

Род	WtAvg(ДоляЛеса,Area(Object,...))
Лессовые	16,7134
Вторичноморенные	27,9135
Ландшафты речных долин	30,4625
Вторичные водно-ледниковые	41,9628
Моренно-зандровые	50,1687
Холмисто-моренно-эрозионные	31,9267
Аллювиальные террасированные	69,2419
Пойменные	37,5164

Рисунок 4.9 – Результат вычисления лесистости по родам ландшафтов

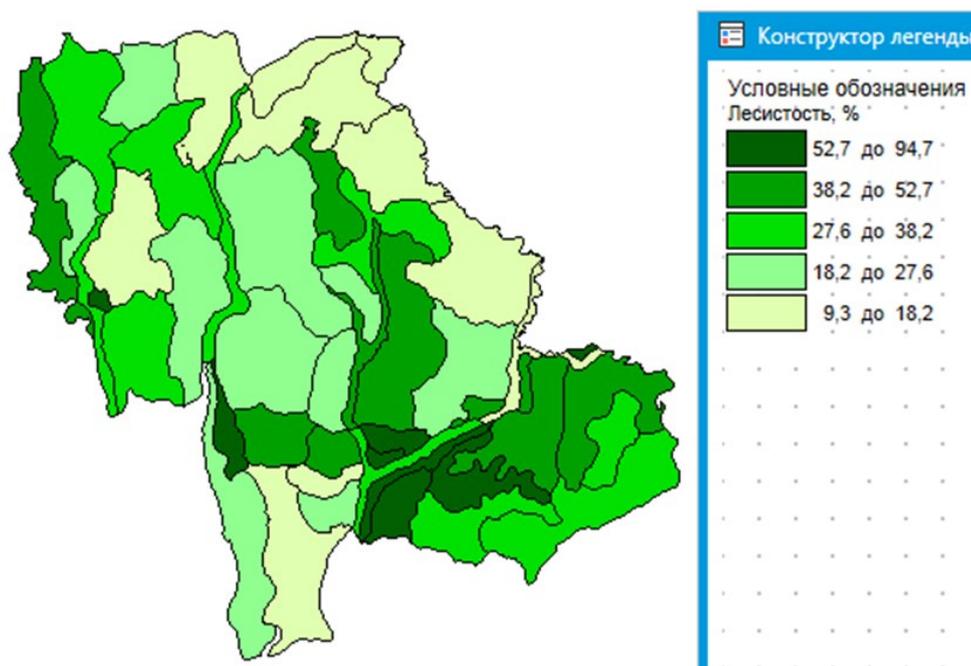


Рисунок 4.10 – Карта лесистости ландшафтов

Аналогичным образом необходимо рассчитать долю площади или плотность остальных природных и антропогенных объектов в пределах ландшафтов изучаемого региона.

Комплексная оценка геоэкологического состояния, интегрирующая значения частных показателей, может осуществляться различными способами в зависимости от типа и иерархического ранга операционных территориальных единиц, доступности информации о состоянии и распространении природных и техногенных компонентов и их характеристик, цели исследования и других факторов.

В большинстве случаев интегральная оценка базируется на вычислении некоторой безразмерной величины. В основе её вычисления могут лежать характеристики частных показателей, которые для обеспечения их сравнимости могут быть переведены тем или иным способом в балльные шкалы.

В данном случае можно предложить следующий метод расчёта интегрального балла, отображающего геоэкологическое состояние ландшафтов. Абсолютные характеристики распространения природных и техногенных компонентов в пределах оцениваемых ландшафтов переводятся в баллы в соответствии с таблицей 1. Интегральный балл рассчитывается как сумма баллов частных показателей. Ранжированный ряд значений интегрального балла разделяется на пять диапазонов, интерпретируемых как качественная характеристика геоэкологического состояния ландшафтов. Результат отображается в виде карты интегрального показателя экологического состояния (выбрать метод равного разброса значений) (рисунок 4.11).

После проведения экологической оценки каждого ландшафта индивидуально можно перейти к оценке в типологическом разрезе – родов, подродов и видов ландшафтов. Для этого по той же схеме (таблица 1) на основе рассчитанных показателей по родам, под родам и видам определить для них значение интегрального балла. Результаты могут быть представлены в виде таблиц (таблицы 2, 3).

Таблица 1 – Алгоритм перевода натуральных показателей экологического состояния ландшафтов в баллы

Показатели	Значения частных показателей и их перевод в баллы			
	2	3	4	5
1				
Леса, болота, водные объекты, луга в пойменных ландшафтах, %	< 15*	15–30	30–60	> 60
	1**	3	5	7

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Кустарники, луга во внепойменных ландшафтах, %	< 1	1–5	5–10	> 10
	0	1	2	3
Населённые пункты, %	< 3	3–5	5–7	> 7
	4	3	2	1
Промышленные аралы, %	< 0,1	0,1–0,5	0,5–1,0	> 1,0
	3	2	1	0
Дороги, км/100 км ²	< 20	20–40	40–60	> 60
	4	3	2	1
Мелиоративные каналы, км/100 км ²	< 10	10–40	40–70	> 70
	6	4	2	0

Примечание: * – значение показателя; ** – балл, соответствующий данному значению

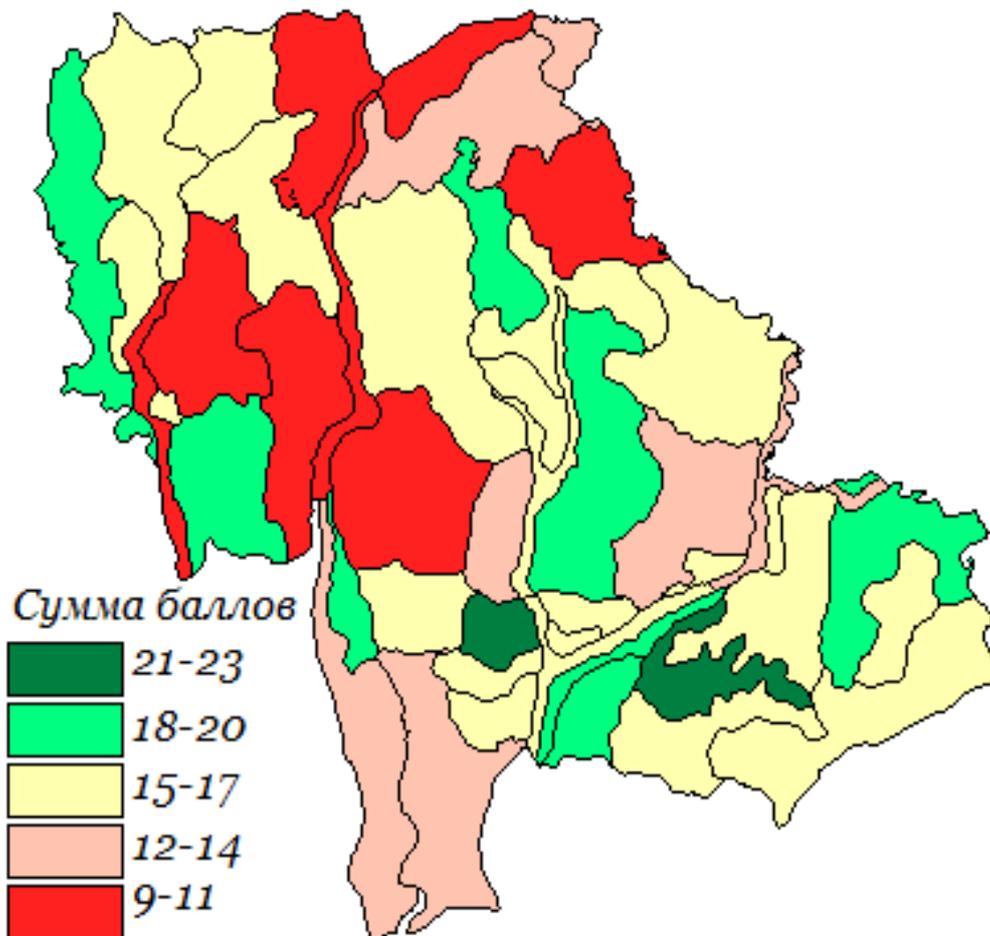


Рисунок 4.11 – Интегральный показатель экологического состояния (уменьшение суммы баллов соответствует ухудшению)

Таблица 2 – Значение интегрального показателя экологического состояния родов ландшафтов

Род	Интегральный балл	Доля в площади, %
Аллювиальные террасированные	17	1,8
Моренно-зандровые	16	9,7
Вторичные водно-ледниковые	15	10,9
Вторичноморенные	14	47,6
Холмисто-моренно-эрозионные	14	4,3
Лёссовые	14	20,8
Пойменные	13	0,9
Ландшафты речных долин	12	4,1

Таблица 3 – Значение интегрального показателя экологического состояния подродов ландшафтов

Подрод	Интегральный балл	Доля в площади, %
С поверхностным залеганием водно-ледниковых песков	20	2,4
С прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	18	7,4
С покровом водно-ледниковых супесей	16	21,8
С покровом водно-ледниковых суглинков	15	21,2
С поверхностным залеганием аллювиальных песков	13	5,0
С покровом лессовидных суглинков	13	42,1

Результаты расчётов и картографирования позволяют проанализировать различия в экологическом состоянии ландшафтов, определить вклад различных факторов в формировании того или иного экологического состояния, проследить пространственные и типологические закономерности антропогенной трансформации природной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуров, С. А. Использование способа псевдоизолиний в современном картировании / С. А. Гуров // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2019. – Т. 5 (15). – Вып. 3. – С. 79–89.
2. Соколов, А. С. Методы социальной физики в географических исследованиях / А. С. Соколов // Географія. – № 1. – 2017. – С. 3–12.
3. Салищев, К. А. Картоведение / К. А. Салищев. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 400 с.
4. Воробьева, И. Б. Подходы и методы при геоэкологической оценке территорий / И. Б. Воробьева // Геополитика и экогеодинамика регионов. – Т. 10. – Вып. 2. – С. 90–93.
5. Антипова, О. С. Методические подходы к геоэкологической оценке среды жизнедеятельности населения / О. С. Антипова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – Т. 10. – Вып. 2. – С. 77–81.
6. Кузнецова, В. П. Геоинформационное картографирование: практикум в MapInfo Professional : учебно-методическое пособие / В. П. Кузнецова. – Нижневартовск : НВГУ, 2022. – 165 с.
7. Добрякова, В. А. Основы MapInfo : учебное пособие / В. А. Добрякова. – 2-е изд. – Тюмень : ТюмГУ, 2018. – 90 с.
8. Жуковский, О. И. Геоинформационная система QGIS : учебно-методическое пособие / О. И. Жуковский. – М. : ТУСУР, 2018. – 81 с.

Производственно-практическое издание

Соколов Александр Сергеевич

МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Практическое пособие

Редактор Е. С. Балашова
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 17.10.2024. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,05.
Тираж 10 экз. Заказ 505.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий в качестве:
издателя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013 г.;
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017 г.
Ул. Советская, 104, 246028, Гомель.

