



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Цель работы: освоить алгоритм создания интерполированных поверхностей с использованием функциональных возможностей модуля Geostatistical Analyst.

Задачи работы: 1) выполнить извлечение центроидов из полигональных объектов; 2) выполнить построение интерполяционной поверхности (растра) по методу простого, обычного, универсального и эмпирического байесовского кригинга по одному из показателей; 3) выполнить перекрестную проверку и определить наиболее точный метод интерполяции; 4) построить изолинии по значениям растра, созданного с помощью одного из методов интерполяции; 5) создать и настроить макет полученного картографического изображения.

Исходные данные для выполнения работы: шейп-файл полигональных объектов с атрибутивной информацией о содержании гумуса, фосфора, калия и рН почвы в пределах территории сельскохозяйственного предприятия.

Геостатистические методы интерполяции используют статистические свойства значений в точках, а не их абсолютные значения. С их помощью измеряется пространственная автокорреляция в измеренных точках и рассчитывается пространственная конфигурация опорных точек вокруг интерполируемого местоположения. Кригинг является базовой интерполяционной моделью геостатистики и основой всех методов, связанных с геостатистикой, – интерполяции, вероятностного картирования, стохастического моделирования. Он основывается на гипотезе о пространственной однородности («стационарность 2-го порядка»), которая предполагает, что: 1) пространственная изменчивость, представленная значениями Z в исходных опорных точках x , принадлежащих области пространства S , статистически однородна по всей поверхности; 2) вариации в значениях исходных опорных точек зависят от расстояния между ними, но не зависят от их местоположения. Исходя из этого, кригинг предусматривает решение двух основных задач: 1) установить пространственную структуру данных – подобрать к данным модель пространственной изменчивости (вариограмму); 2) построить поверхность, используя для расчета (прогноза) неизвестных значений подобранную вариограмму и расположение и известные значения опорных точек, находящихся в пределах заданного радиуса поиска вокруг точки с искомым значением.

В результате выполненных преобразований будет создан новый шейп-файл точечных пространственных объектов, обозначающих значения содержания фосфора в пределах рабочих участков и получен слой точек с прикрепленной к нему атрибутивной информацией (рис. 3).

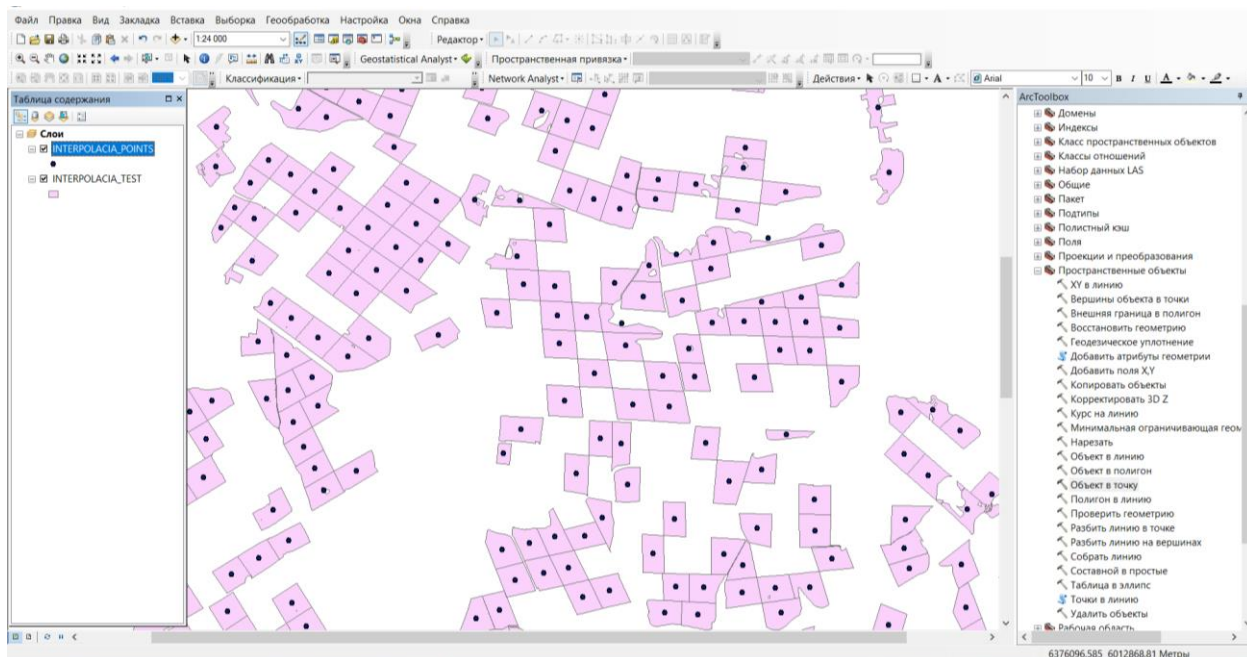


Рис. 3. Общий вид рабочего окна проекта с созданным шейп-файлом точечных пространственных объектов

3. Выполнение построения поверхности. Для построения интерполяционной поверхности используют функциональные возможности мастера операций геостатистики модуля Geostatistical Analyst (рис. 4).

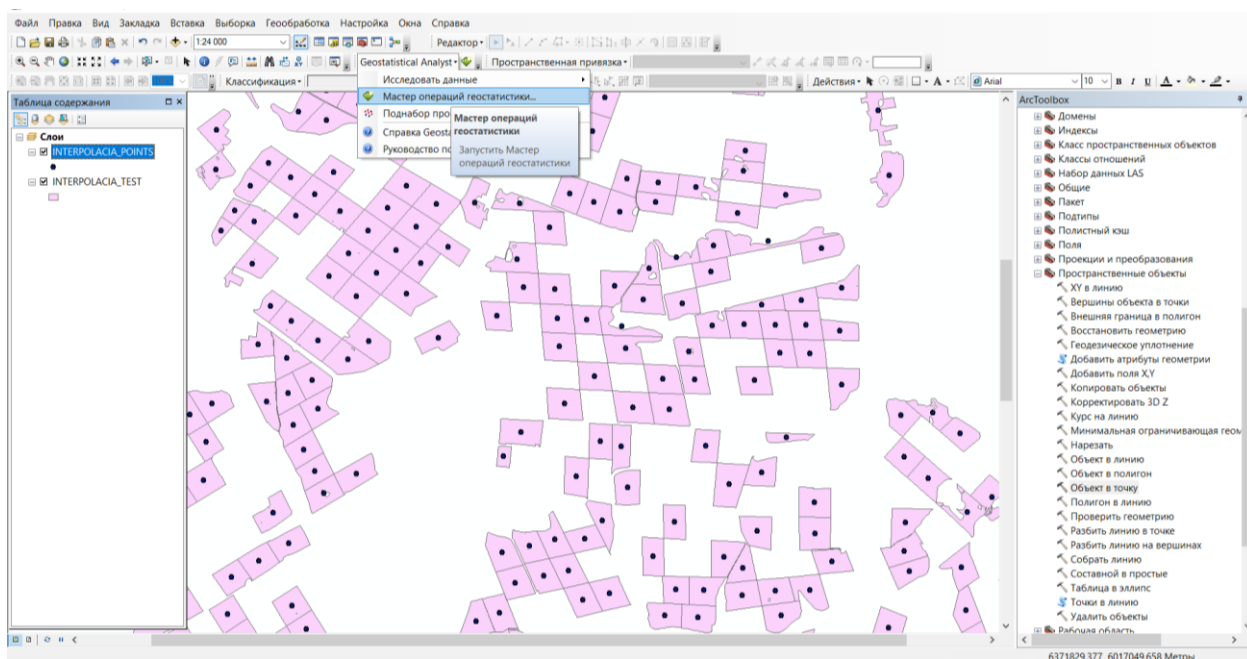


Рис. 4. Панель набора инструментов модуля Geostatistical Analyst

Интерфейс у мастера операций геостатистики следующий (рис. 5).

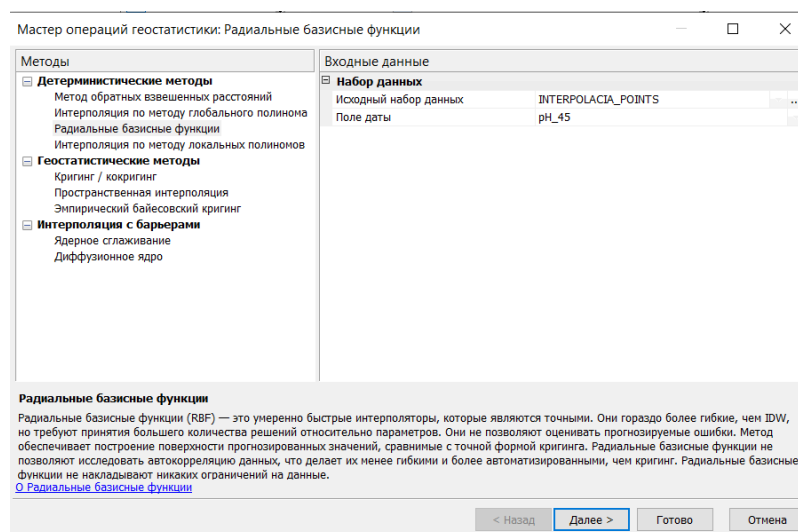


Рис. 5. Интерфейс мастера операций геостатистики

Выполнить построение интерполяционной поверхности с использованием метода ординарного кригинга. Для этого перейти на соответствующую вкладку, в поле даты ввести название соответствующего поля из атрибутивной таблицы (шаг 1) и перейти ко второму шагу мастера операций геостатистики, выполнив настройки, как показано на рис. 6.

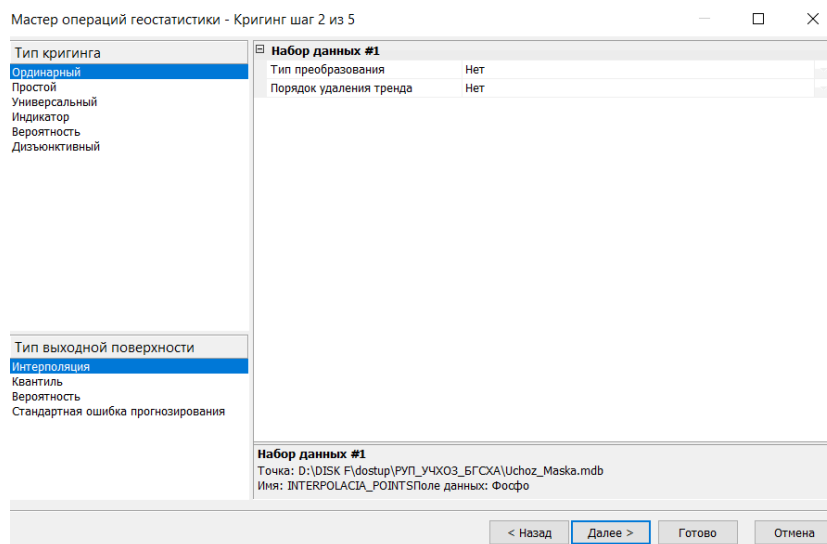


Рис. 6. Интерфейс мастера операций геостатистики (шаг 2)

В результате выполненных манипуляций будет осуществлен переход к третьему шагу мастера операций геостатистики и выполнено преобразование данных по методу нормальных меток (рис. 7).

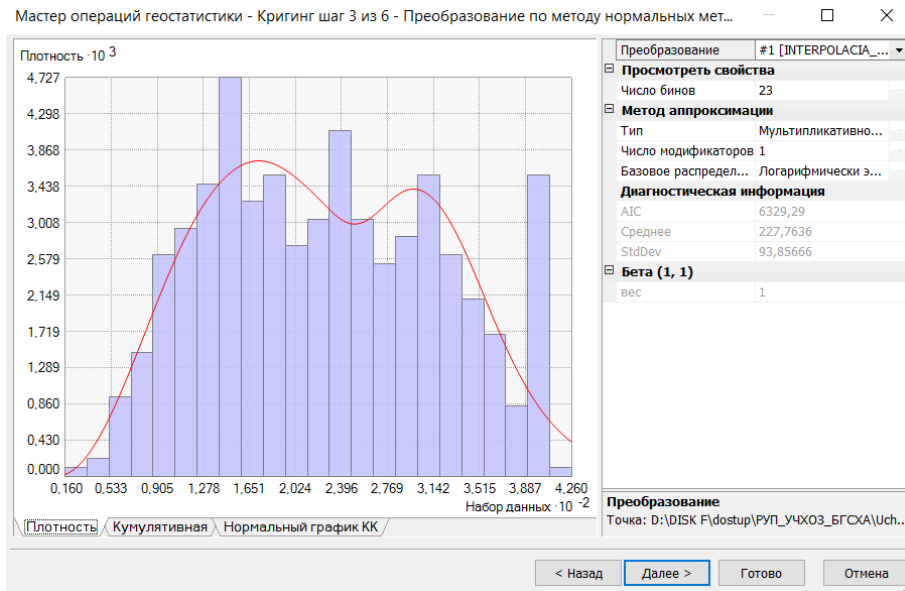


Рис. 7. Интерфейс мастера операций геостатистики (шаг 3)

В результате перехода к четвертому шагу будет выполнен расчет эмпирической семивариограммы по набору исходных опорных, где по оси X откладывается расстояние h между парами точек, а по оси Y – значение, равное $1/2$ среднеквадратической разности значений Z между всеми парами исходных опорных точек, расположенных на расстоянии h друг от друга (рис. 8).

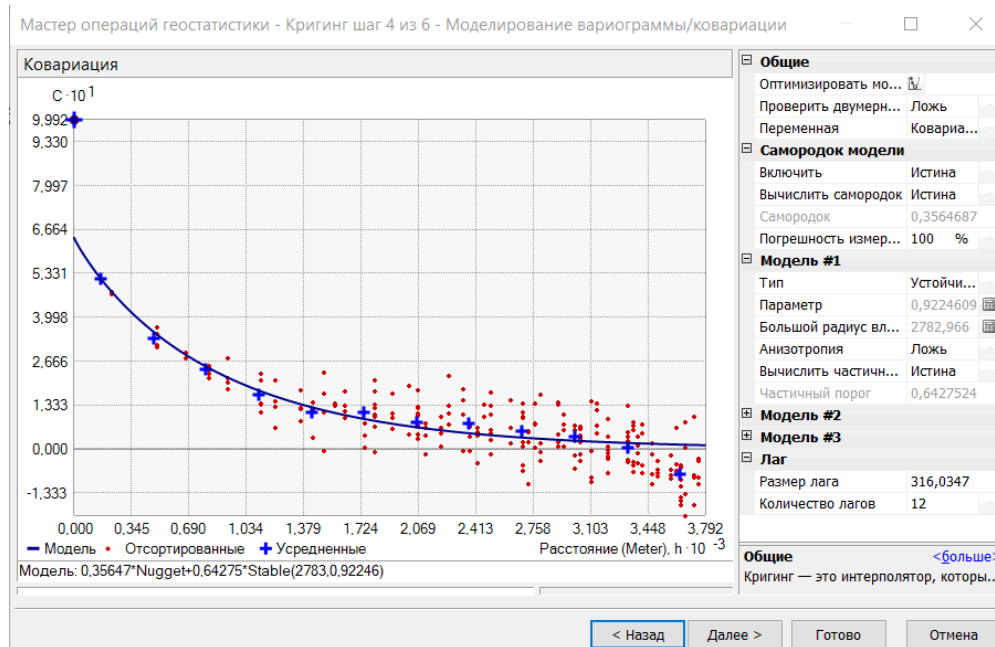


Рис. 8. Интерфейс мастера операций геостатистики с рассчитанной эмпирической семивариограммой (шаг 4)

В результате перехода к пятому шагу построения интерполяционной поверхности будет создано растровое изображение следующего вида (рис. 9).

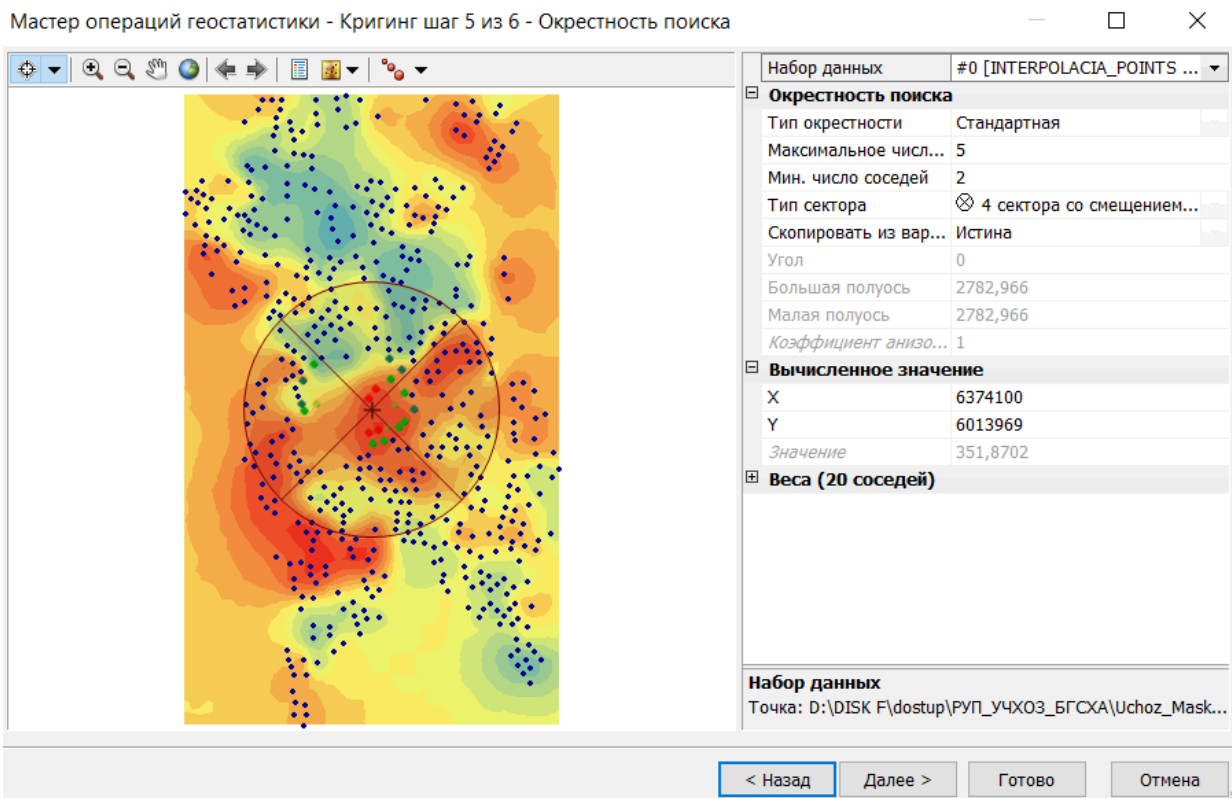


Рис. 9. Рабочее окно мастера операций геостатистики с растром, созданным по методу одинарного кригинга

Последним шагом построения интерполяционной поверхности является определение ошибок интерполяции (рис. 10).

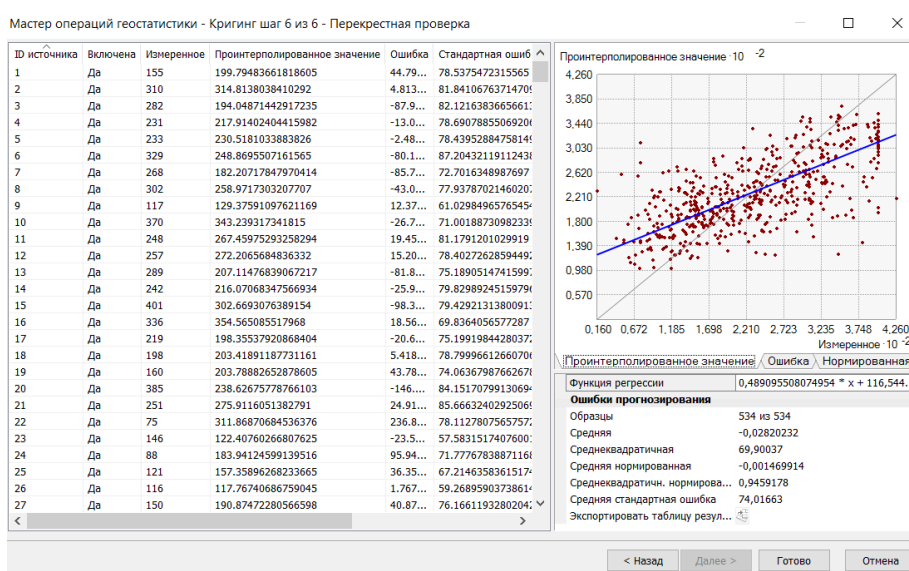


Рис. 10. Рабочее окно мастера операций геостатистики с рассчитанными ошибками интерполяции

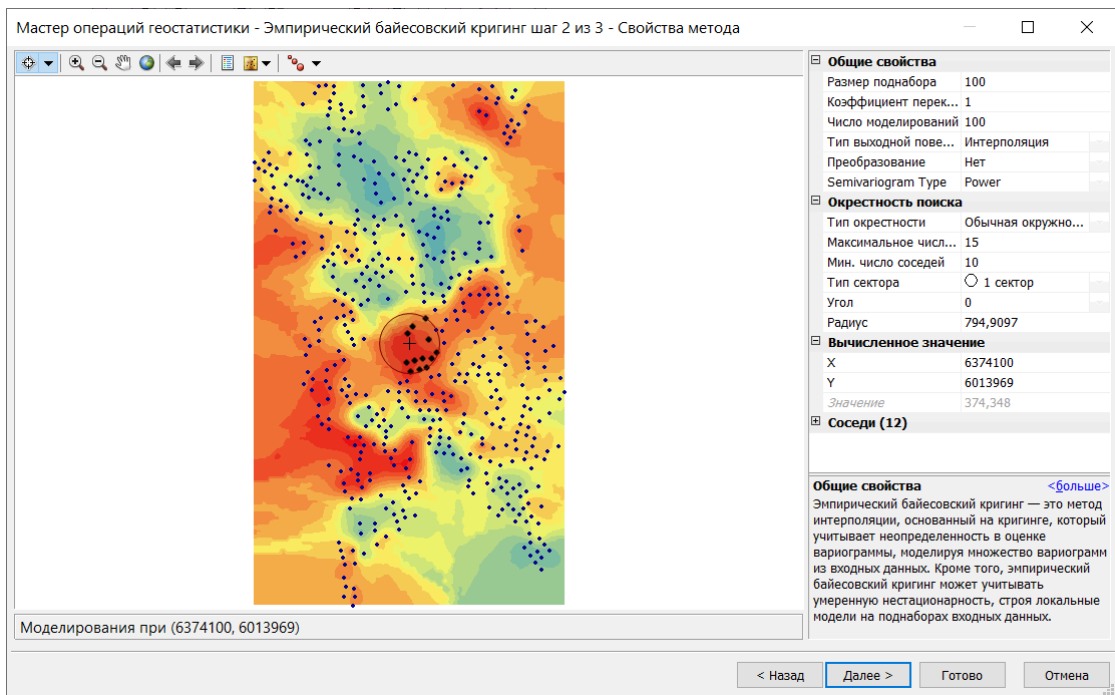


Рис. 12. Рабочее окно мастера операций геостатистики с растром, созданным по методу эмпирического байесовского кригинга

4. Выполнить перекрестную проверку и определить наиболее точный метод интерполяции. Проверка точности интерполяции выполняется посредством сравнения результатов перекрестной проверки полученных с помощью различных методов интерполяции геостатистических слоев (рис. 14).

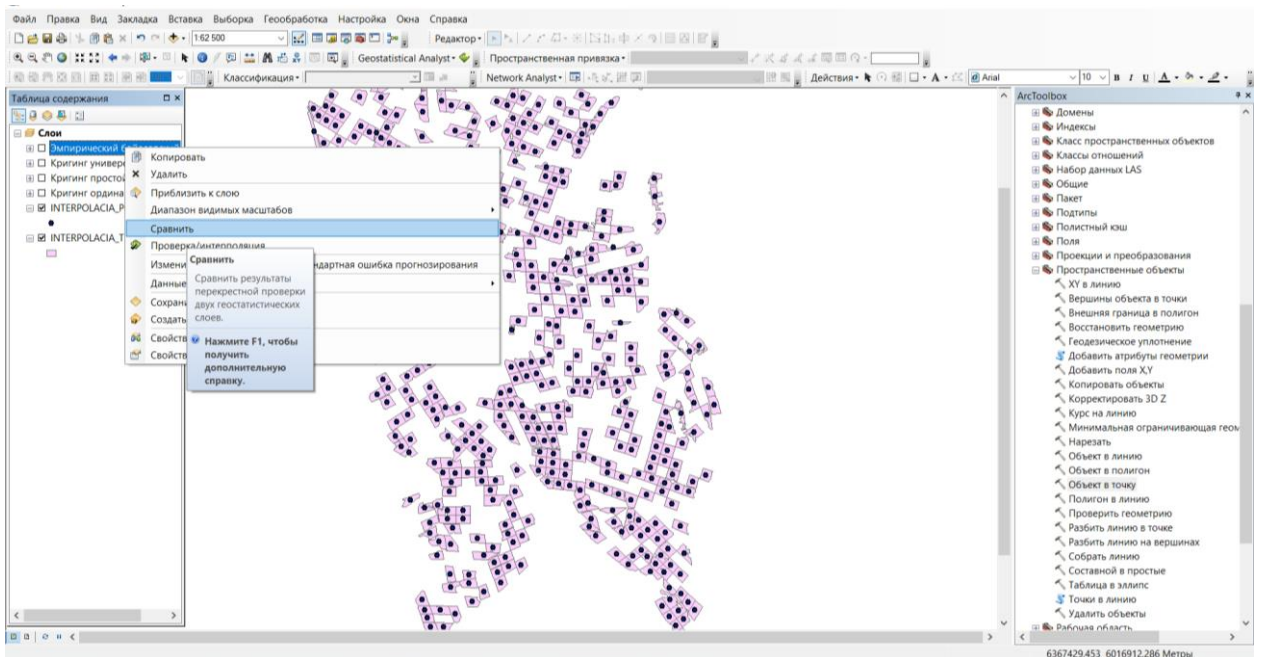


Рис. 14. Рабочее окно проекта с выбранной опцией сравнения геостатистических слоев

Целью перекрестной проверки является принятие обоснованного решения по поводу того, какая модель обеспечивает самые точные интерполяции. Это даст общие представления о том, насколько хорошо модели прогнозируют неизвестные значения. Перекрестная проверка последовательно пропускает точки в наборе данных и интерполирует значение для местоположения точки с помощью оставшихся данных. Затем сравнивает измеренное и проинтерполированное значение (разница между этими значениями называется ошибкой интерполяции). Статистические величины, рассчитанные по ошибкам интерполяции, используются для диагностики, определяющей правдоподобность модели для принятия решения и создания карты.

Для оценки точности модели необходимо проверить следующее:

- средняя ошибка интерполяции близка к нулю, что указывает на объективность прогноза;
- среднеквадратическая нормированная погрешность интерполяции близка к 1, что указывает на точность стандартных ошибок;
- среднеквадратическая ошибка интерполяции и средняя стандартная ошибка малы настолько, насколько это возможно, что указывает на то, что проинтерполированные значения несильно отклоняются от измеренных значений.

При сравнении результатов проверки двух методов интерполяции – эмпирического байесовского и универсального кригинга получены следующие результаты (рис. 15).

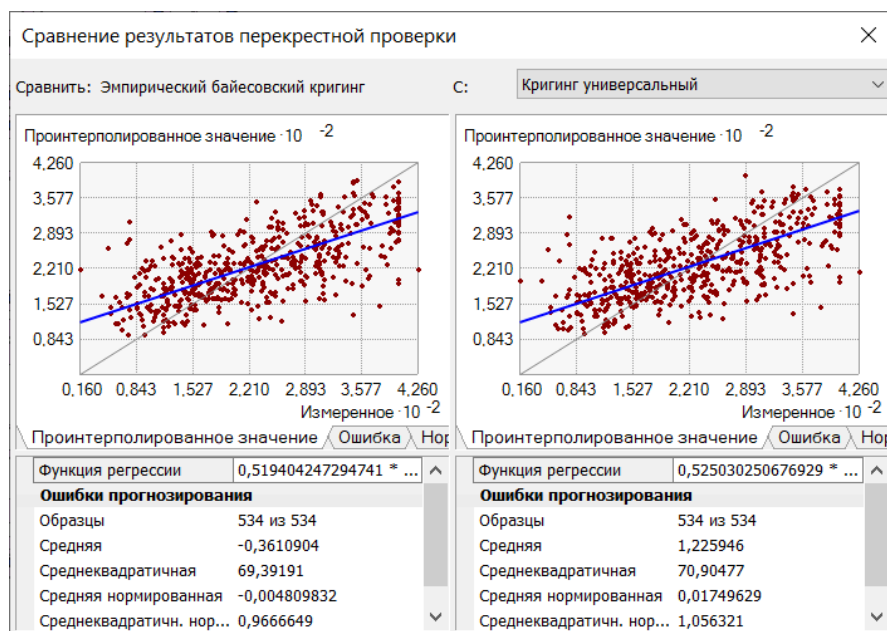


Рис. 15. Сравнение результатов перекрестной проверки растров, полученных по методу эмпирического байесовского и универсального кригинга

При сравнении результатов проверки двух методов интерполяции – эмпирического байесовского и простого кригинга получены следующие результаты (рис. 165).

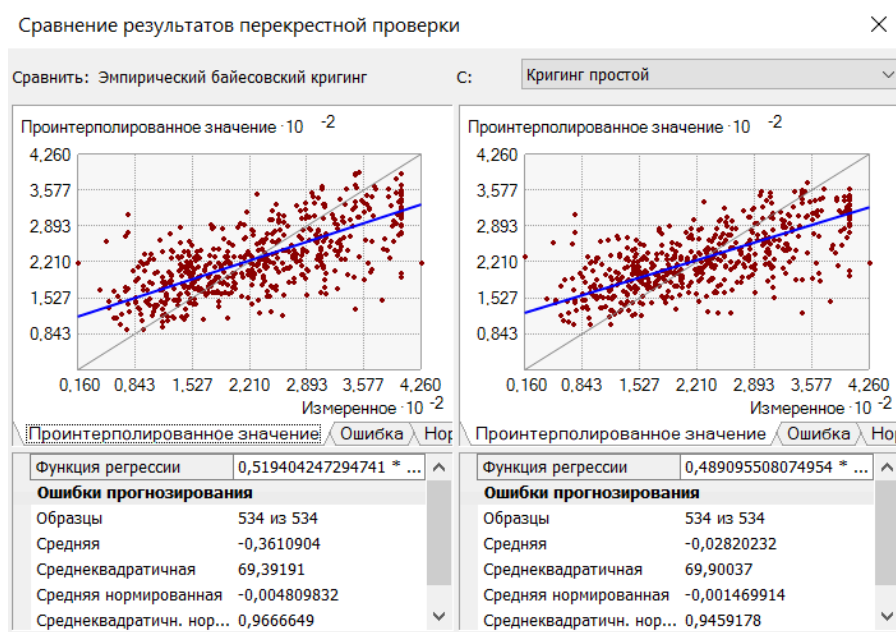


Рис. 16. Сравнение результатов перекрестной проверки растров, полученных по методу эмпирического байесовского и простого кригинга

При сравнении результатов проверки двух методов интерполяции – эмпирического байесовского и ординарного кригинга получены следующие результаты (рис. 17).

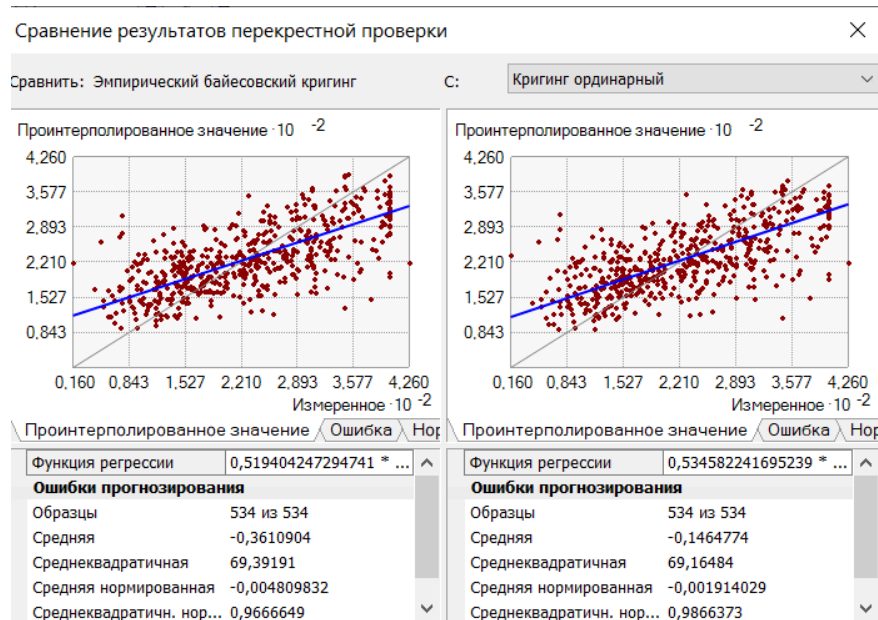


Рис. 17. Сравнение результатов перекрестной проверки растров, полученных по методу эмпирического байесовского и ординарного кригинга

Результаты, полученные в ходе выполнения кросс-валидации, записать по форме таблицы 1.

Таблица 1. – Результаты перекрестной проверки прогнозных моделей (содержание подвижного фосфора), созданных с помощью интерполяции по методу кригинга

| Название метода | Средняя ошибка, ME | Средняя квадратическая ошибка, MSE | Средняя нормированная ошибка, RMSE | Среднеквадратическая нормированная ошибка, RMSSE |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Кригинг одинарный | -0,146477 | -0,00191 | 0,987 | 69,165 |
| Кригинг простой | -0,028202 | -0,00146 | 0,946 | 69,900 |
| Кригинг универсальный | 1,225946 | 0,01749 | 1,056 | 70,9048 |
| Кригинг эмпирический байесовский | -0,361090 | -0,00480 | 0,966 | 69,3919 |

В представленном примере после выполнения процедуры кросс-валидации наилучшие результаты были получены для простого кригинга, который и рекомендуется использовать в качестве метода интерполяции.

Далее, с помощью настроек свойств слоя следует отформатировать значения содержания фосфора и их отображение на созданном растре, который предварительно необходимо импортировать (рис. 18).

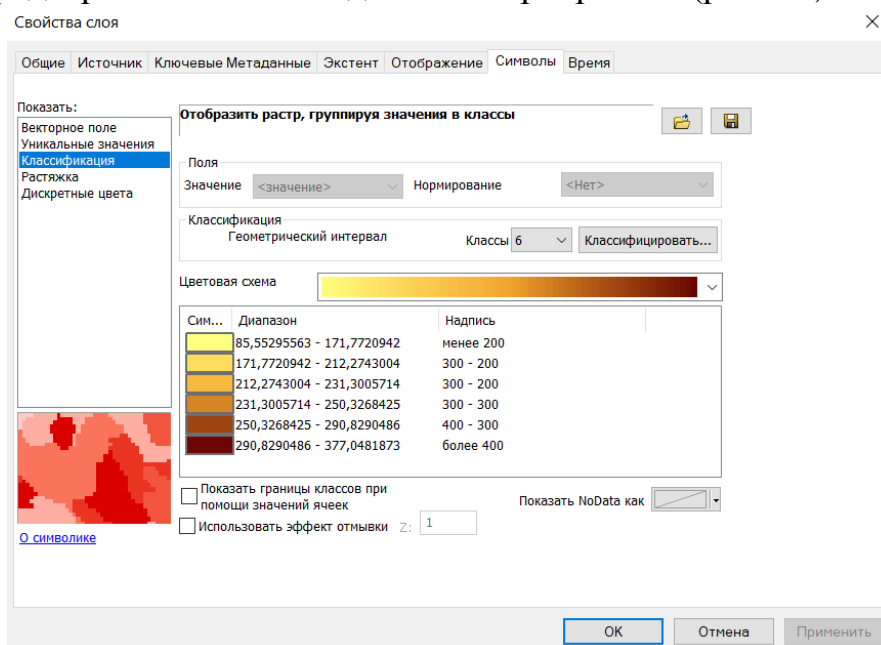


Рис. 18. Общий вид рабочего окна проекта с панелью настроек свойств слоя

5. Выполнение построения изолиний. Для построения изолиний выбирают инструмент «Изолинии по значениям» из набора инструментов «Поверхность» (рис. 19).

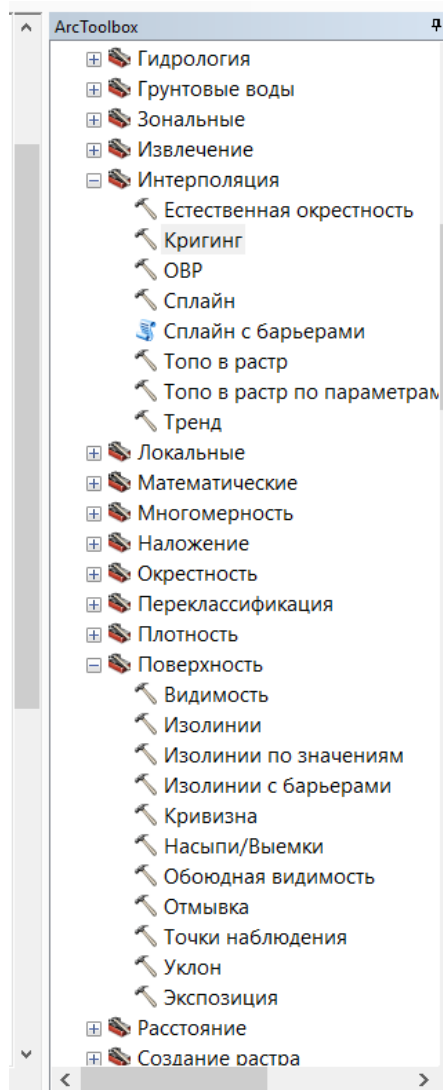


Рис. 19. Панель набора инструментов «Поверхность» с утилитой «Изолинии по значениям»

Интерфейс у этой утилиты следующий (рис. 20).

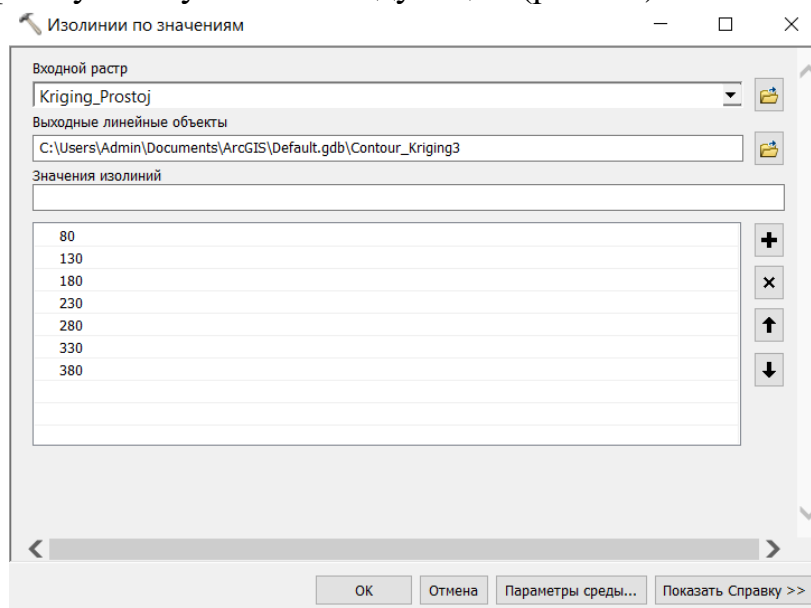


Рис. 20. Интерфейс утилиты «Изолинии по значениям»

Значения изолиний указываются с интервалом, который был выбран для классификации значений при создании поверхности (в нашем случае это 40). В результате выполненных манипуляций будет создан слой изолиний, отображение которого следует настроить, как показано на рис. 21.

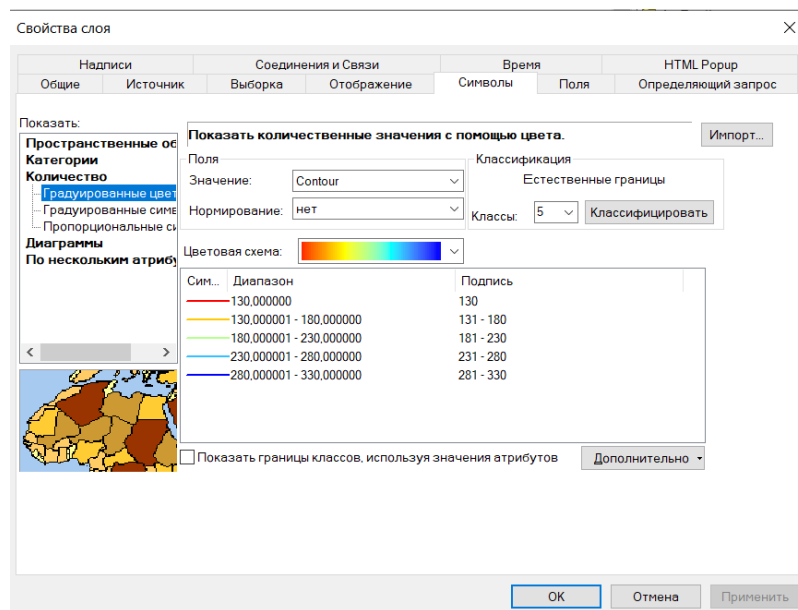


Рис. 21. Общий вид рабочего окна проекта с созданной поверхностью и изолиниями

Далее необходимо выполнить соответствующие настройки и настроить цветовую шкалу, а также добавить подписи к изолиниям, выполнив настройку их размещения (рис. 22). Для того, чтобы иметь доступ к расширенным настройкам свойств надписи необходимо подключить механизм надписывания Maplex.

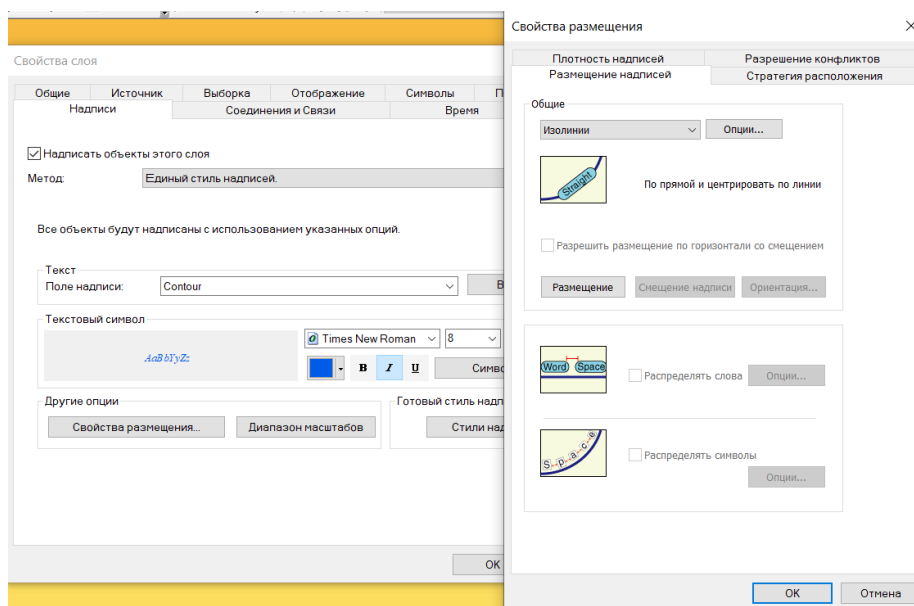


Рис. 22. Диалоговое окно настроек свойств надписи

Далее в режиме компоновки следует выполнить настройку картографического изображения, как показано на рис. 23.

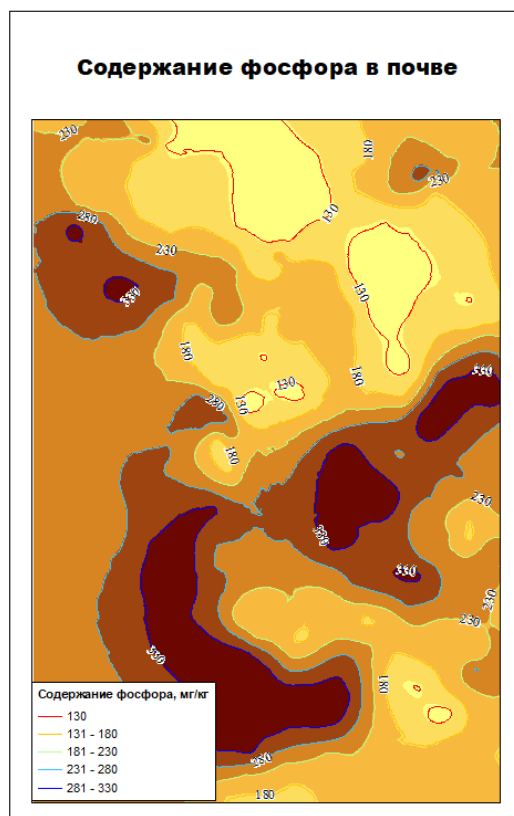


Рис. 23. Общий вид картографического изображения после выполнения настроек

ЛИТЕРАТУРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. ArcGIS Survey Analyst. Руководство пользователя / ESRI: Перевод «Дата+». – М.: Изд-во «Дата+», 2003.
2. ArcToolbox. Руководство пользователя / ESRI: Перевод «Дата+». – М.: Изд-во «Дата+», 2002.
3. Geostatistical Analyst. Руководство пользователя / ESRI: Перевод «Дата+». – М.: Изд-во «Дата+», 2003.