

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ОСАДКОВ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЯЛТИНСКОГО ГОРНОГО АМФИТЕАТРА

**Смирнов В.О.**

*Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития  
Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского*

Моделирование полей осадков представляется одной из наиболее актуальных задач ландшафтной экологии и геофизики ландшафтов при работе с территорией Крымского полуострова и Южного берега Крыма. На сегодня детальных моделей полей осадков для территории Крыма нет, а задача определения достаточно точного количества осадков для микрорегионального или макролокального уровня ландшафтов в пределах полуострова имеет важное научное и практическое значение, учитывая дефицит водных ресурсов в пределах территории.

Целью работы выступает построение мультирегрессионной модели полей осадков для территории Ялтинского горного амфитеатра.

Методология исследований базируется на представлении о зависимости параметров перераспределения осадков в пределах территории от свойств компонентов ландшафта. Процесс моделирования реализован в специализированной компьютерной программе QGIS 2.18, а процесс визуализации произведен в ArcGis 10.2. Для статистических расчетов использованы базовые модули статистической программы SPSS 10.2.

### Результаты и обсуждение

Для выполнения задачи первым этапом была создана база метеостанций и метеопостов Крыма, существовавших когда-либо за всё время метеонаблюдений в Крыму. Она выполнена в виде векторного файла (.shp). Координаты метеостанций и метеопостов собирались из всех доступных источников и затем уточнялись. Источниками были открытые сайты в интернете, Справочник по климату СССР, и спутниковые снимки. Всего удалось найти точные (точность до метеоплощадки) либо примерные (точность до населённого пункта) координаты для 141 метеоплощадки. В атрибутивную таблицу были внесены данные о названии площадок, высоте над уровнем моря, среднегодовых значениях осадков.

Все данные, используемые в работе, были взяты из открытых источников либо созданы самостоятельно.

Для проведения вычислений описанных ниже, векторные и растровые данные должны быть в одной системе координат. В данном случае использовалась WGS 84/UTM zone 36N, поскольку имеет наименьшее искажение на исследуемой территории.

В разрабатываемой модели производятся следующие поправки для корректировки данных интерполяции полей осадков на основании измерений, количества осадков, проводимых на метеостанциях:

- введена поправка влияния облесённости на количество осадков;
- введена поправка, учитывающая влияние высота над уровнем моря на количество осадков;
- введена поправка, учитывающая ветровую позицию на формирование полей осадков;

- введена поправка, учитывающая влияние пересечённости рельефа на формирование полей осадков;

- введена поправка, учитывающая удалённость от центральной оси Крымских гор.

Далее была произведена разработка множественно-регрессионной модели. Для построения буферов были взяты радиусы в 1, 3, 6, 9 и 12 километров. Строились они при помощи стандартного модуля в программе QGIS 2.18, центрами буферов являются координаты метеоплощадок из созданной базы данных метеостанций. Ранее проведенные исследования учитывали только радиус в 12 км. Строились они при помощи стандартного модуля в программе QGIS 2.18, центрами буферов являются координаты метеоплощадок из созданной базы данных метеостанций. Выполняется это в программе QGIS следующим образом: в меню программы выбирается «Вектор > Геообработка > Буфер фиксированной ширины».

Результаты моделирования показали наиболее приемлемый радиус с наиболее тесной величиной влияния в 3-6 км. Формула множественно-регрессионной модели следующая:

$$\text{Осадки} = 417,5827794 + \text{Высота} * 0,337857768 + \text{Облесённость} * 1,011264097 + \text{Пересечённость} * 1,6085993 + \text{Ветровая позиция} * 0,336798414 + \text{удалённость от гряды} * -2,22964 * 10^{-5}$$

Важное значение при построении модели имеет высота над уровнем моря. Этот показатель был собран в таблицу на этапе подготовки точечного слоя метеоплощадок и не требует дополнительных расчетов. Высота была сведена в общую таблицу с другими показателями и для неё была рассчитана корреляция с осадками, которая составила 0,7563.

Следующим элементом модели является ветровая позиция на склоне для каждой метеостанции.

Основные этапы:

- Разделение полученных ранее буферов на две равные части перпендикулярно направлениям преобладающих ветров.

- Получение средних значений высот для каждого полукруга.

- Расчёт коэффициента ветровой позиции.

- Сведение данных в общую таблицу.

Для расчёта необходимо разделить на равные части буфера, полученные ранее, перпендикулярно преобладающим в регионе ветрам. А именно: западное, северо-западное и юго-западное направление. Поскольку не удалось найти программы или модули для реализации данного действия, было принято решение самостоятельно написать для этого программу.

Программа была написана на языке программирования Python 2.7 и использует библиотеку GDAL. На эту программу произведено получение авторского свидетельства.

Пересечённость рельефа также выступает важным элементом в нашей модели. Расчёт коэффициента расчленённости рельефа будет проходить по следующим этапам:

- Построение раstra пересечённости на основе SRTM снимка.
- Получение средних значений пересечённости для метеоплощадок в разных радиусах.
- Сведение данных в общую таблицу.

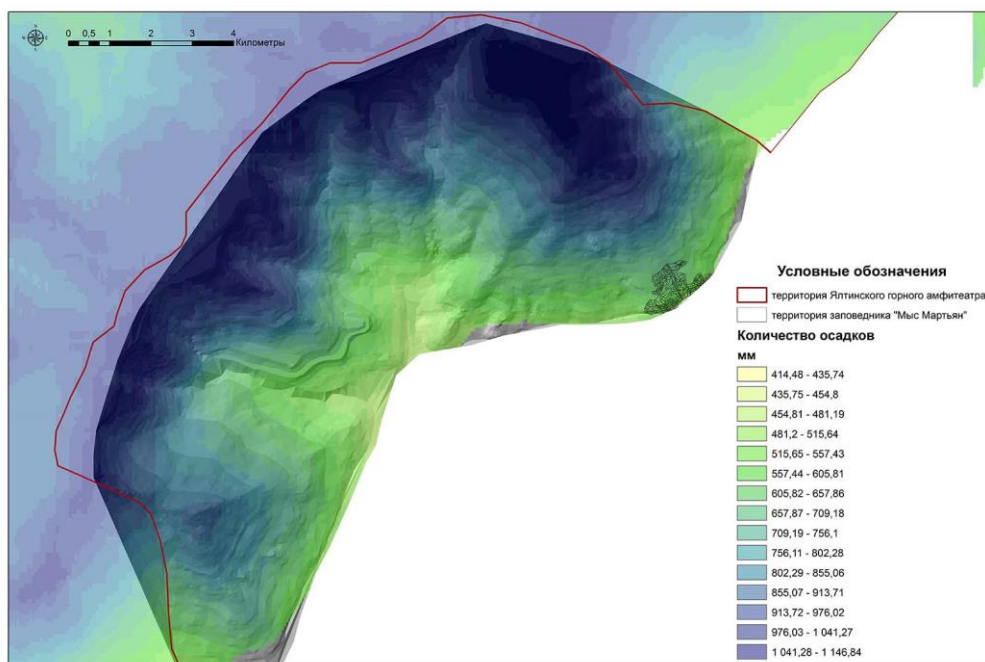
Расчёт раstra пересечённости проводится при помощи модуля программы QGIS – «Морфометрический анализ».

Так же был определен индекс пересечённости местности и количественная оценка неоднородности рельефа.

Для пространственной визуализации на основе формулы модели нам необходимы растровые карты всех факторов, используемых в модели. Растры высот и удалённости от осевой линии гор были у нас изначально, либо уже получены в ходе работы. Остаётся получить растры процентной облесённости в радиусе 1 км пересечённости рельефа в радиусе 6 километров и ветровой позиции восточного направления в радиусе 3 километра, так как они показали наибольшую корреляцию и были использованы для расчёта регрессии.

Для создания остальных растров нам понадобится создать поле регулярных точек на всей исследуемой территории и проводить все расчёты для этих точек. Регулярные точки создаются с интервалом в 1 километр. Такое расстояние было выбрано как достаточно плотное для получения карты высокого разрешения и при этом количество точек не так велико, чтобы создать существенные затруднения при расчётах.

После завершения расчётов получаем растр модели осадков нашей территории (рис. 1). На рисунке указана также территория заповедника «Мыс Мартьян» и границы Ялтинского горного амфитеатра.



**Рис.1.** Результаты визуализации мультирегрессионной модели полей осадков для Ялтинского горного амфитеатра

## Выводы

В результате моделирования для территории Ялтинского горного амфитеатра была построена и визуализирована мультирегрессионная модель распределения количества осадков (годовые суммы). Модель является репрезентативной по соответствующим критериям и позволяет детализировать рассматриваемый параметр для территории впервые. Полученные данные могут быть использованы в последующих микроклиматических и ландшафтно-геофизических исследованиях для территории.