

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ О ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.

КОНЦЕПЦИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГИС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ О ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Е.А.Куканова, П.И.Константинов, Т.Е.Самсонов, В.Н. Семин
Московский государственный университет им. В.И.Ломоносова
Москва, Россия, vivera5@ya.ru

CONCEPT GEOPROCESSING MODEL DEVELOPMENT THE BASIS OF GIS-TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF UNDERLYING SURFACE DATA AND OPTIMIZATION ANALYSIS OF FORECAST METEOROLOGICAL MODELS

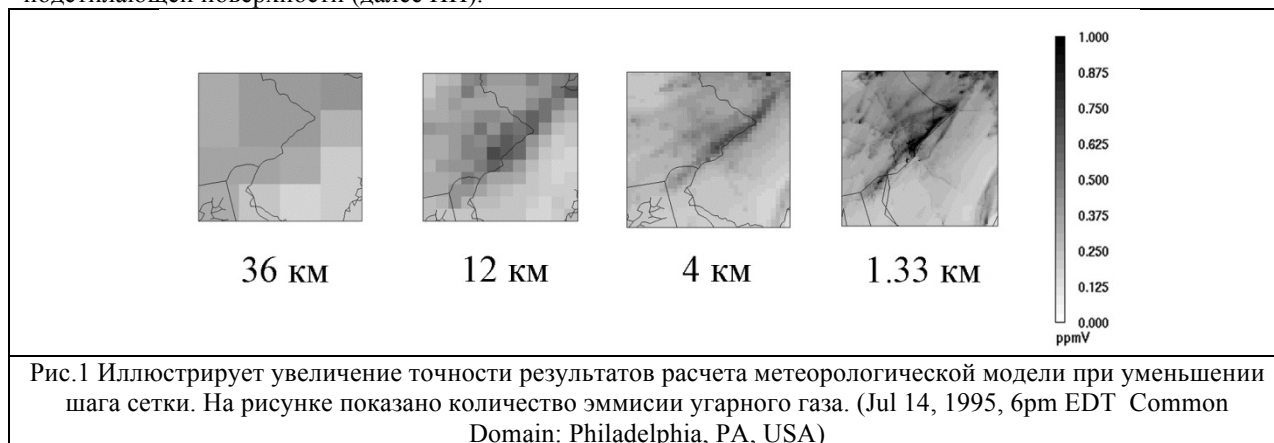
E.A.Kukanova, P.I.Konstantinov, T.E.Samsonov, V.N.Semin
Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russia vivera5@ya.ru

Abstract. The authors propose the concept of geoprocessing models that included in the meteorological model. This model can be divided into three stages. The first step is the calculation of the thermophysical and geometrical characteristics of urban land surface. For this purpose, geoprocessing models were constructed using ArcGIS Desktop 10. One of them is called "Calculate surface fraction" and calculates the proportion of surface occupied by buildings, impervious and natural surface. Another model is called "Calculate statistic height". It calculates the mean, geometric mean, standard deviation of buildings heights. Also, models were developed to calculate the ratio of average buildings height and average width of the streets and to calculate sky view factor.

The second stage of the model is to calculate the weather forecast using meteorological model. This is the longest stage. And the final step is the inclusion of calculated meteorological fields in the GIS environment for further visualization and analysis.

Одним из главных направлений в современной метеорологии является моделирование метеорологических и климатических условий на различных пространственных и временных масштабах. Моделирование необходимо не только для проверки и усовершенствования теоретических представлений о природе происходящих в атмосфере процессов, но и для прогнозирования погоды и климата. Для решения этих задач создаются различные расчетные физико-математические модели. В них основные метеовеличины (температура воздуха, влажность, скорость ветра и др.) рассчитываются в узлах регулярной сетки, которая покрывает исследуемую территорию. Важным параметром является шаг сетки, который обуславливает точность и детальность полученных результатов.

В последние годы наблюдается тенденция уменьшения шага сетки в метеорологических моделях: от сотен километров к первым метрам. При уменьшении этой величины происходит значительное уточнение результата расчетов (Рис. 1). Также меняется не только физика процессов, которая отражена в расчетных блоках самой модели, но и набор исходных параметров, которые описывают свойства подстилающей поверхности (далее ПП).



При переходе к локальному ($10^2 - 5 \cdot 10^4$ метров) и микромасштабу ($10^2 - 10^3$ метров) в моделировании мы уже не можем пренебрегать особенностями урбанизированной подстилающей поверхности. Появляется необходимость точно и достаточно детально описать её особенности.

Урбанизированная подстилающая поверхность отличается от природной двумя особенностями: геометрией городской застройки и теплофизическими свойствами строительных материалов. Благодаря этому формируется городской климат. В совокупности эти факторы приводят к сильным изменениям метеорологических полей и к кардинальным изменениям экологических характеристик. Например, разница в температуре воздуха между центром крупного плотно застроенного города и пригородов может достигать 7°C , формируется так называемый городской остров тепла. [Landsberg, 1981] Ориентация городских улиц и форма строений влияют на формирование притока солнечной радиации к единице площади подстилающей поверхности. Поле ветра в городе, также находится в прямой зависимости от геометрии. А от физических характеристик строительных материалов зависит преобразование солнечной энергии в тепло, и, следовательно, поле температуры и поля, коррелирующие с ним.

Однако, несмотря на существующую и увеличивающуюся потребность в детальном описании ПП, до сих пор не существует методик для создания его. Более того не существует на данный момент даже удовлетворяющих требованиям баз данных для отдельных городов. В существующих же базах данных городская подстилающая поверхность задается одной категорией, несмотря на сильную пестроту и мозаичность внутри города.

В связи с этим мы задались целью используя ГИС-технологии создать универсальный инструмент, с помощью которого будет осуществляться формирование необходимой базы данных о урбанизированной подстилающей поверхности.

Для создания базы данных необходимо изначально определить те характеристики, которые требуется хранить в ней. Основные особенности города можно описать с помощью следующего набора параметров:

- Степень открытости горизонта (sky view factor) (*Степень открытости небосвода (SVF) эта доля неба, видимая с нижнего уровня городского каньона. Эта величина измеряется в точке и фактически представляет собой телесный угол.*)
- Морфометрия каньонов (H/W ratio) (*Отношение средней высоты строений к средней ширине улиц. Базуется на понятие городского каньона, который образуется двумя домами и улицей между ними. При условии что этот каньон заполняет равномерно всю ячейку, он формирует такие радиационные потоки, которые эквивалентны средним формирующимся в реальности от разнообразной застройки. Такое представление возможно так как поток есть величина в ваттах отнесенная к квадратному метру.*)
- Количество поверхностей, занятых строениями и естественными и непроницаемыми материалами
- Статистические характеристики высотности застройки: среднее геометрическое (Roughness height), математическое ожидание, СКО и среднее значение.
- Альбедо
- Антропогенный поток тепла
- Теплопроводность (thermal admittance)
- Теплоемкость (thermal capacity).

Перечисленные характеристики требуют расчета и не могут на данный момент быть напрямую получены из данных дистанционного зондирования. Следующие три из них: теплопроводность, теплоемкость и антропогенный поток тепла не могут быть измерены или оценены напрямую в принципе.

Для решения задач по расчету характеристик подстилающей поверхности нами в среде ESRI ArcGIS Desktop 10 были созданы модели геообработки. С помощью разработанных моделей можно рассчитать для любого города, находящегося в любом типе климата для любой модельной сетки, такие величины как: степень открытости небосвода, морфометрия городского каньона, статистические характеристики высот; количества проницаемые, непроницаемых и занятых строениями поверхностей.

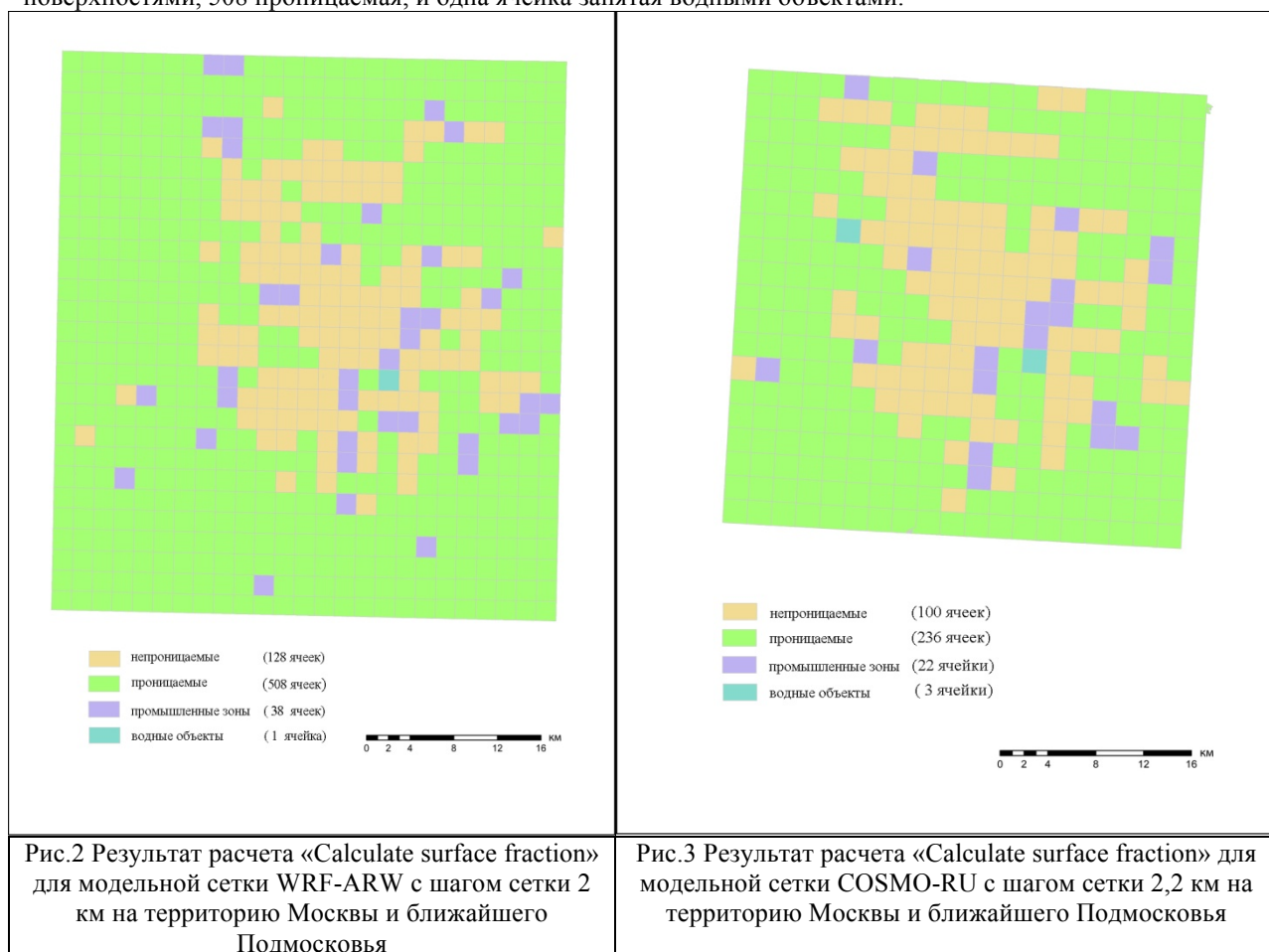
В качестве исходной информации в созданных моделях используется векторный слой, содержащий строения (в атрибутивной таблице которых содержатся их высоты), улицы, дороги, скверы, парки и прочие топографические объекты. На локальном пространственном масштабе, который соответствует наиболее точным метеорологическим расчетам в пределах города, эти объекты отображаются полигонами. К исходным данным выдвигаются следующие требования: слой должен быть представлен в формате класса базы геоданных (File Geodatabase) либо Esri Shapefile (шейп-файл). В последнем случае он будет представлен тремя файлами *.shp (файл геометрии), *.dbf (файл атрибутов) и *.shx (файл, обеспечивающий связь между файлами *.shp и *.dbf).

Первая из созданных моделей геообработки называется «Calculate surface fraction». Она проводит вычисления количества поверхностей в процентах, занятых строениями или естественными, или непроницаемыми материалами в пределах каждой из ячеек регулярной сетки. Также выделяется преобладающий тип поверхности и присваивается всей ячейке. Основными логическими этапами в модели является:

1. Операция оверлей, а именно пересечение (Intersect), выполняемая для слоя с топографией со слоем с модельной сеткой
2. Операции слияния (dissolve) по типу поверхности
3. Присоединение атрибутивной таблицы слоя с регулярной сеткой к атрибутивной таблице слоя с топографией и вычисления процентных соотношений
4. Выполнение скрипта, написанного авторами, для определения преобладающего типа поверхности в пределах ячейки и присваивания его всей ячейке.

Были проведены расчеты для регулярных сеток двух ведущих мезомасштабных негидростатических моделей, наиболее часто используемых для прогноза погоды и решения научных задач: COSMO-RU и WRF-ARW для территории Москвы и прилегающих пригородов. Исходная информация для расчетов была предоставлена компанией ЗАО «Геоцентр-Консалтинг». Далее было проведено сравнение с теми наборами данных о подстилающей поверхности, которые задаются на данный момент в расчетах модели. При проведении сравнения мы полагали, что результаты наших расчетов более точные, так как основаны на простых вычислениях и детальных данных о топографии местности.

Для регулярной сетки COSMO-RU с шагом 2,2 километра в пределах Москвы по данным наших расчетов получилось, что 122 ячейки, заняты непроницаемой поверхностью, 236 проницаемой и 3 водными поверхностями. А для модельной сетки WRF-ARW с шагом 2 километра: 166 непроницаемыми поверхностями, 508 проницаемая, и одна ячейка занятая водными объектами.



На данный момент для расчетов с помощью WRF-ARW подстилающая поверхность может быть задана согласно одной из двух баз данных: USGS (сформированная Геологической службой США) или MODIS. Согласно проведенному сравнению для обоих наборов данных задается избыточное количество непроницаемых поверхностей. А именно в базе данных USGS на 13% больше проницаемых поверхностей, а в MODIS на 15%. Что доказывает тот факт, что на данный момент необходимо разрабатывать методики формирования детальных баз данных городской подстилающей поверхности.

Следующая модель геообработки называется «Calculate statistic height». Она предназначена для вычисления статистических характеристик высот строений в пределах каждой ячейки. А именно среднего, среднего геометрического высот и среднеквадратического отклонения. Непосредственно вычисления производятся с помощью скрипта на языке Python. Также была разработан скрипт Calculate Skyline Openness для вычисления непрерывного поля со значениями степени открытости небосвода. Ключевым логическим механизмом в разработанной модели геообработки для вычисления морфометрии каньонов также является скрипт.

Наряду с разработкой моделей для расчета характеристик была также решена проблема получения значений теплопроводности и антропогенного потока тепла. Для этого мы предлагаем использовать недавно созданную канадскими коллегами классификацию Локальных климатических зон (далее ЛКЗ) [Stewart, Oke, 2011]. Эта классификация городских ландшафтов отличается от всех предшествующих тем, что в ней для характеристики используются не качественные, а количественные показатели, причем те, которые необходимы для расчетов моделей. Всего в классификации выделено 10 типов локальных климатических зон в пределах города. Для каждой зоны приводится в соответствие некоторый диапазон значений альбедо, количества проникаемых или непроницаемых поверхностей, морфометрия каньонов и другие, в том числе теплопроводность и антропогенный поток тепла. Поэтому, используя известные нам и рассчитанные, с помощью сконструированных моделей геообработки, характеристики, мы можем классифицировать территорию согласно ЛКЗ. И тем самым получить недостающие значения теплопроводности и антропогенного потока тепла для каждой ячейки.

Важным преимуществом разработанных механизмов для формирования базы данных является то, что мы можем изменять параметры регулярной сетки. Неотъемлемым достоинством является и то, что данные вычисления могут быть проведены на персональном компьютере в обозримый промежуток времени. Сконструированные модели геообработки могут быть сведены в один программный модуль и для подготовки данных о подстилающей поверхности, который формирует файл исходных данных для метеорологических моделей. Таким образом, с помощью разработанных программных средств можно подготавливать данные для прогнозирования влияния изменения застройки на микроклимат города.

Для расчетов моделей наряду с исходными данными необходимо задавать граничные и начальные условия. В метеорологии роль этих условий выполняют поля метеовеличин на момент начала расчета прогноза. Проблему подготовки и визуализации этих данных с помощью ГИС-технологий уже рассмотрели ученые из Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН в Томске. [Богомолов В.Ю., Гордов Е.П., Титов А.Г., Шульгина Т.М., Крупчатников В.Н. и др., 2010 – 2011]

Проблема формирования исходных данных, необходимых для расчета не является единственной в современном гидрометеорологическом моделировании. До сих пор не реализован в полной мере блок отвечающий за быструю и удобную визуализацию расчетов, формирования отчетов, экспорта результатов.. И тем более не создано средств, для последующего анализа и тематической интерпретации результатов.

В связи с этим мы предполагаем разработать ГИС-решение, которое вместит в себя все этапы подготовки, расчета и анализа прогноза погоды. В качестве входных данных будут использоваться текстовые файлы со значениями необходимых метеорологических полей для каждого узла ячейки и данные о топографии территории, для которой ведутся расчеты. После некоторых преобразований мы получим файлы с граничными, начальными условиями и данными о подстилающей поверхности. Следующим же этапом будет являться вычисления самой прогностической модели. Это основной и наиболее длительный этап, вынесенный во внешнюю программу. После же результирующие файлы обрабатываются и визуализируются в ГИС-среде, при этом добавляя прогноз в базу данных. Накопив достаточный ряд, данных мы сможем проводить климатические исследования в пределах города с высокой детальностью информации.

Библиографический список:

1. Stewart I.D. Redefining the Urban heat island. A thesis submitted for the degree of doctor of philosophy. Vancouver, Canada, 2011.
2. Окладников И.Г., Титов А.Г., Мельникова В.Н., Шульгина Т.М. Веб-система для обработки и визуализации метеорологических и климатических данных // Вычислительные технологии, Т.13, Спецвыпуск №3, 2008, с 64 – 69.