

## МОДЕЛЬ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ

*Н. Равшанов Н., Н. Нарзуллаева, Д. Ахмедов,*  
Ташкентский университет информационных технологий,  
Узбекистан, г. Ташкент

*Ключевые слова:* математическая модель, вычислительный эксперимент, ГИС, API, веб-сервис.

Экологическое состояние приземного слоя атмосферы значительно влияет на живую природу Земли. Вредные техногенные выбросы в атмосферу негативно сказываются на качестве воздуха, а последующее осаждение вредных частиц и примесей на подстилающую поверхность влечет загрязнение водоемов и почвы.

Для выявления уровня загрязнения в произвольной точке рассматриваемого региона, не прибегая к натурным измерениям, специалисты и исследователи обращаются к методам и средствам математического моделирования и вычислительного эксперимента на ЭВМ. С учетом географических и погодно-климатических характеристик рассматриваемого региона, моделирование на ЭВМ позволяет выполнять мониторинг экологической ситуации в режиме реального времени. Результаты прогнозирования, в свою очередь, позволяют заранее определить необходимые меры по минимизации возможных экологических рисков.

При анализе и прогнозировании процесса распространения вредных веществ в атмосфере важную роль играет использование сетевых геоинформационных технологий и современных средств визуализации данных.

Применение интернет-технологий в разработке программных средств для прогнозирования процесса распространения вредных веществ в атмосфере имеет ряд преимуществ.

Анализ научной литературы, опубликованной за последние пять лет, позволяет сделать вывод о том, что развитие информационных технологий, связанных с задачами экологии, находится на достаточно высоком уровне. Использование онлайн веб-сервисов в научных исследованиях по проблеме прогнозирования экологического состояния атмосферы стало широко распространенной практикой.

К числу онлайн сервисов, представляющих определенный интерес для исследователей при решении научных задач прогнозирования экологического состояния атмосферы, относятся картографические службы: Google Maps, OpenLayers, OpenStreetMap; погодные службы: AccuWeather, Weather Underground, OpenWeatherMap и прочие. Следует отметить, что это лишь

наиболее популярные онлайн службы, их общий список гораздо более обширен и периодически пополняется.

Информационные ресурсы онлайн сервисов не ограничиваются только пространственными и метеорологическими данными. Например, с 2015 года в рамках проекта OpenWeatherMap помимо метеорологических данных и прогнозов, разработчикам предоставляется API «Данные по качеству атмосферного воздуха». Аналогичные наборы данных по индексу качества атмосферного воздуха предоставляются другими онлайн сервисами. Так, в наборе данных сервиса AccuWeather имеется информация о значениях концентрации взвешенных веществ – твердых частиц классов PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub> (пыль, сажа, зола и т.д.).

Учитывая вышеизложенное, в настоящей работе предложен подход к программной реализации модели и численного алгоритма для прогнозирования процесса распространения вредных выбросов в атмосфере, основанный на использовании API и наборов данных онлайн сервисов Google Maps и OpenWeatherMap.

Разработанные математическая модель и численный алгоритм переноса и диффузии вредных веществ в атмосфере, описывается полным уравнением гидромеханики с соответствующими начальными и краевыми условиями [1–3].

В качестве основной технологии создания программного средства был выбран язык программирования Java в виду ряда объективных преимуществ, в том числе, полной поддержки веб-ориентированной разработки, а также наличия большого числа различных библиотек. В частности, при разработке были использованы библиотеки GWT-Maps и OWM JAPI.

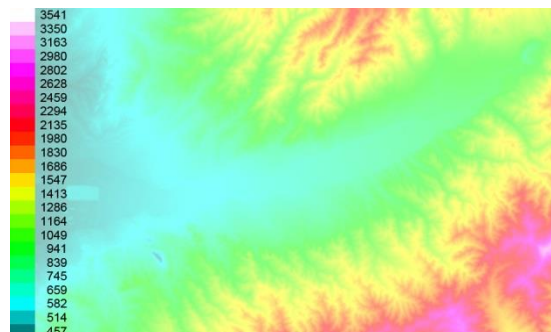
В число возможностей разрабатываемого веб-приложения входят: автоматическая загрузка и позиционирование карты-подложки; импорт пространственных данных; интерактивный ввод данных об источнике выброса на карте; автоматический поиск метеоусловий (направление и скорость ветра) по географическим координатам; расчет концентрации вредных веществ в атмосфере в рамках области решения задачи; визуализация результатов расчета в виде полупрозрачных слоев на интерактивной карте и виджетов с диаграммами; сохранение истории вычислительных экспериментов в базе данных.

Как правило, онлайн сервисы налагают определенные ограничения на доступ к данным в виде квоты на количество запросов в сутки. Но для расчета необходим обширный массив высотных данных по каждой точке области решения задачи. Запрос такого массива в Google Maps даже для небольшой области приведет к превышению допустимой квоты. Поэтому, чтобы оперировать при расчетах точными значениями высот, была сформирована локальная база данных на основе снимков радарной топографической съемки земной поверхности (SRTM). Суть программного решения состоит в следующем. Прямоугольная сетка (область) географических координат на интерактивной карте, в узлах которой рассчитываются значения  $\theta$ , сопоставляется с аналогичным фрагментом растра SRTM (рис. 1) из локальной базы данных.

После установки на интерактивной карте маркера источника выбросов и ввода его параметров необходимо определить текущие метеоусловия рассматриваемой местности. Библиотека OWM JAPI для OpenWeatherMap позволяет выполнять автоматическую загрузку погодных данных по координатам размещенного на карте источника.



а) карта Алмалык-Ахангаран-Ангренского промышленного региона с координатами центра области: 40,92° с.ш., 69,71° в.д.



б) соответствующий фрагмент мозаики SRTM с указанием высоты над уровнем моря в метрах для каждой точки области.

Рис. 1

Google Maps API содержит широкие возможности для визуализации результатов расчетов. Одной из них является библиотека визуализации тепловых карт, описывающих интенсивность данных на географических точках. Вычисленные значения концентрации вредных веществ  $\theta$  и область распространения выброса преобразуются в цветной градиент, который отображается на карте в виде полупрозрачного слоя (рис. 2).

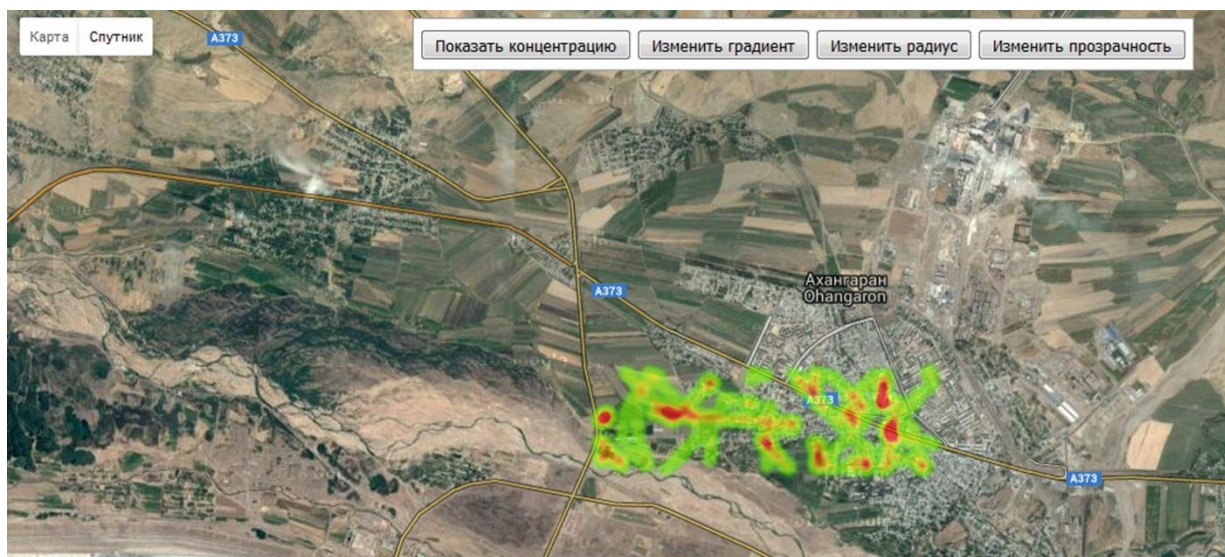


Рис. 2. Пример визуализации результатов расчета концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы

Таким образом, с использованием рассмотренных онлайн сервисов было разработано простое веб-приложение для исследования, мониторинга и прогнозирования процесса распространения вредных выбросов в приземном

слое атмосферы. Использование API сервисов вкпе с их постоянным развитием, активной поддержкой и исчерпывающей документацией значительно упрощают разработку собственных программных средств на их основе. Тем самым описанный подход к разработке полностью себя оправдывает.

### Список литературы

1. *Ravshanov N., Sharipov D., Muradov F.* Computational experiment for forecasting and monitoring the environmental condition of industrial regions // *Theoretical & Applied Science: International Scientific Journal*. 2016. Vol. 35(3). P. 132–139.

2. *Ravshanov N., Sharipov D., Narzullaeva N., Toshtemirova N.* Online Services' Application For Mathematical And Computer Modelling Of Spread Of Harmful Substances In The Atmosphere // *TUIT BULLETIN*. Т., 2016. Vol. 1(37). P. 40–49.

3. *Ravshanov N., Shertaev M., Toshtemirova N.* Mathematical Model for the Study and Forecast of the Concentration of Harmful Substances in the Atmosphere // *American Journal of Modeling and Optimization*. 2015. Vol. 3. № 2. P. 35–39.