

**ГЕОИНФОРМАТИКА И ЭКОЛОГИЯ/GEOINFORMATICS AND ECOLOGY**

**WATER QUALITY IN URBAN AREAS:  
MATHEMATICAL MODELING IN  
ENVIRONMENTAL MECHANICS**

<sup>1</sup>Delfs J.-O., <sup>2</sup>Kizilova N.N., <sup>1,3</sup>Kolditz O.,  
<sup>2\*</sup>Rudnev Yu.I.

<sup>1</sup> Helmholtz Centre for Environmental Research UFZ  
Leipzig, Germany

<sup>2</sup>V.N.Karazin Kharkov National University, Ukraine

<sup>3</sup>Technical University of Dresden, Germany

Mathematical modelling of natural and artificial hydrosystems is aimed at quantitative study of transfer of contaminants and estimation of the drinking water quality, groundwater flow dynamics, interconnection of surface and subsurface waters, hydrodynamic interactions of subcatchments, interconnection of rainfall and runoff waters, rainfall and melt waters, the problems of flooding, treatment of sewer waters, water management and land use, which are constituents of integrated management of the river basins [1,2]. In this study some results on the groundwater distribution and transfer of urbanistic contaminations in the river system of the Kharkov region are presented.

The topography of the Kharkov region was taken from the digital elevation data provided by the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), which is the most complete high-resolution digital topography database of the Earth with resolution 3 seconds of arc. ArcGIS Arc Hydro Tool has been used for extraction information on the Kharkov river catchment (Fig.1). Finite element mesh was created by OpenGeoSys 4.0 software [3,4].

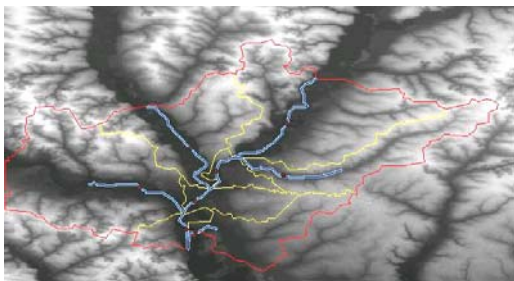


Fig. 1. ArcHydroTools analysis. Catchment, subcatchments and polylines for the river system of Kharkov region.

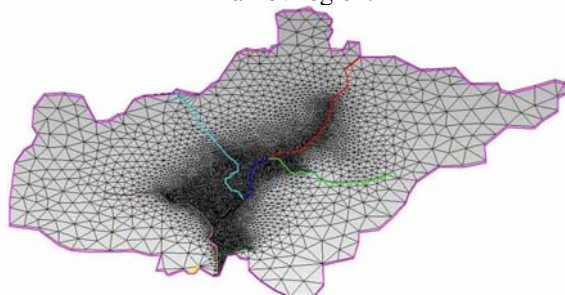


Fig. 2. OGS meshing of Kharkov catchment (13517 finite elements).

The geophysical data on the layered structure of the suburban area (Fig.3) has been taken from geological and ecological atlases [5].

Mathematical formulation of the groundwater flow in unconfined aquifer in each subcatchment  $\Omega_i, i = \overline{1, N}$  is described by the Boussinesq equation [6]

$$S_{yi} \frac{\partial h}{\partial t} - \text{div}(K_i (h - b)\nabla h) = q_i^+ - q_i^- \quad (1)$$

where  $h=h(x,y)$  is the hydraulic head,  $S_y$  is the specific yield,  $K$  is the aquifer conductivity,  $w$  is a recharge rate,  $b=b(x,y)$  is the elevation of the aquifer bottom,  $q_i^\pm$  are the positive and negative water pumping rates in the subcatchment. For the simplicity  $S_y, K, q_i^\pm$  are assumed to be constants in each subcatchment  $\Omega_i$ .

A steady distribution of the hydraulic head under predefined boundary conditions is considered. In the case (1) can be written as

$$-\text{div}(K (h - b)\nabla h) = q^+ - q^- \quad (2)$$

On the external boundary of the catchment we take the condition

$$\frac{\partial h}{\partial n} = 0. \quad (3)$$

Continuity conditions at the interfaces between the subcatchments are taken as

$$\{h\} = 0, \left\{ K(h - b) \frac{\partial h}{\partial n} \right\} = 0 \quad (4)$$

where the braces denote a jump of an included value at the subcatchment interface.

On the river-boundary we set the head

$$h = h_0 \text{ on } \Gamma_i. \quad (5)$$

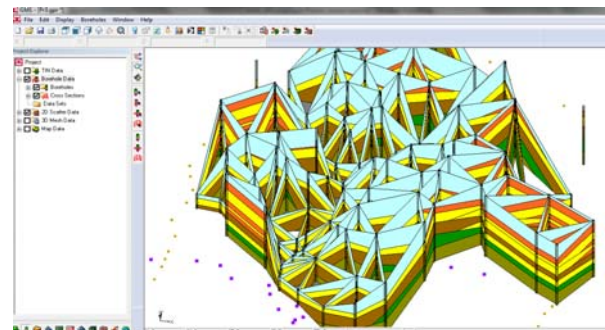


Fig. 3. GMS 3D modeling of boreholes and cross sections.

It was assumed that aquifer bottom shape follows the topography of the surface [7,8]. Then, using the mapping procedure, the 3D mesh has been built from the surface DEM. The smoothed shape of the bottom is presented in fig. 4. For the smoothing the special procedure of weighted averaging of the node height has been applied. As a result of the study, the 3D groundwater flow model of the Kharkov region is developed and the distributions of the hydraulic head, groundwater flow and aquifer thickness have been computed on the meshed model using the OpenGeoSys software. Being supplied by the field data on distribution of the sources of urban contaminations (heavy metals, waste and sewer waters), the model allow computation of convection-diffusion transfer and accumulation of the contaminants in the soils, groundwater, reservoirs and wells of the drinking

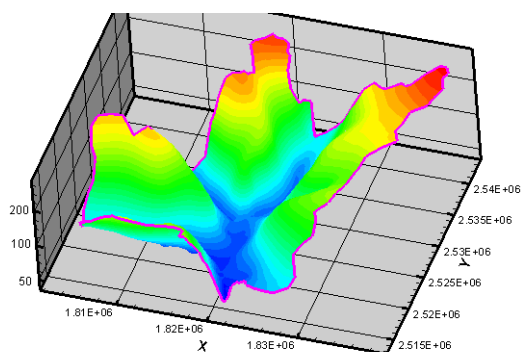


Fig. 4. Computational results on groundwater distribution.

water, optimization and control of the whole water balance system providing the integrated management of the river system of the Kharkov region.

LITERATURE

1. Kalbus E., Kalbacher T., Kolditz O., et al Integrated Water Resources Management under different hydrological, climatic and socio-economic conditions // Environ. Earth Sci. – 2012. – v. 65,N5. – P.1363–1366.
2. Kolditz O., Rügner H., Grathwohl P., et al WESS: an interdisciplinary approach to catchment research // Environ. Earth Sci. – 2013. –v. 69, N2. – P.313–315.
3. Kolditz O., Bauer S., Bilke L., et al OpenGeoSys: an open-source initiative for numerical simulation of thermo-hydro-mechanical/chemical (THM/C) processes in porous media // Environ. Earth Sci. – 2012. – v. 67,N2. – P. 589 – 599.
4. <http://www.opengeosys.org/>
5. Ecological Atlas of Kharkov Region. – Kharkov. – 2005. – 80p.
6. Bear J. Dynamics of Fluids in Porous Media. Dover Publications. – 1988. – 764 p.
7. Anderson M.G., Burt P.T. The role of topography in controlling through flow generation. // Earth. Surf. Proc. – 1978. – v. 3. – P.331–344.
8. Beven K.J., Kirkby M.J. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. // Hydrol. Sci. Bull. – 1979. – v. 24, N1. – P.43–69.

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВЫБРОСОВ**

Асфандиярова Л.Р., Юнусова Г.В., Рафикова А.Р.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Стерлитамак, Российская Федерация

Увеличение выбросов в атмосферный воздух г. Стерлитамак является одной из приоритетных проблем на сегодняшний день. Это связано с деятельностью предприятий химической и нефтехимической промышленности и постоянно увеличивающимся парком автомобильного транспорта.

При проведении подробного анализа статистических данных о техногенных выбросах и

состоянии атмосферного воздуха города, были выявлены приоритетные загрязняющие вещества [1]. Недостатком такого анализа является оценка интенсивности загрязнения преимущественно по массе выброса без учета класса опасности выбрасываемых в атмосферный воздух вредных примесей [2].

Для наиболее адекватного отражения информации об интенсивности загрязнения окружающей среды необходимо использовать не столько формальное количество выбросов [рис. 1], сколько приведенные показатели, что позволит учесть экологическую опасность выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [3].

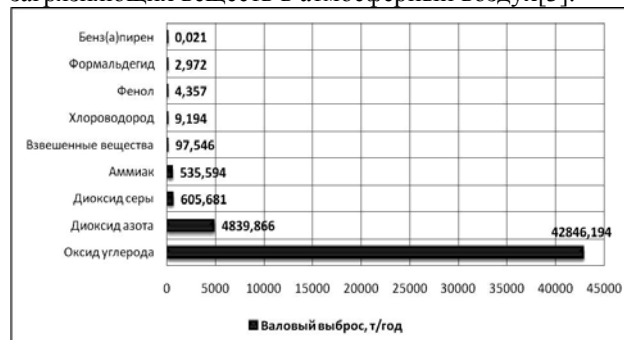


Рис.1 – Валовые выбросы приоритетных загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями города (по данным за 2010 г.).

Чтобы сравнить выбросы веществ с разными классами опасности и, соответственно, ПДК, целесообразно привести все выбросы к диоксиду серы (III класс – опасные ЗВ):

$$ПО_{ЗВ} = КП * O_{ЗВ} \quad (1)$$

где  $ПО_{ЗВ}$  – приведенный объем данного загрязняющего вещества к диоксиду серы;  $O_{ЗВ}$  – объем выбросов данного вещества;  $КП$  – коэффициент пересчета, рассчитанный по формуле:

$$КП = \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{ЗВ}} \quad (2)$$

где  $ПДК_{ЗВ}$  – это предельно-допустимая концентрация того или иного вещества (рис. 2).

Учет экологической составляющей выбросов позволяет оценить токсичность образующихся и выбрасываемых в атмосферный воздух г. Стерлитамак загрязняющих веществ.

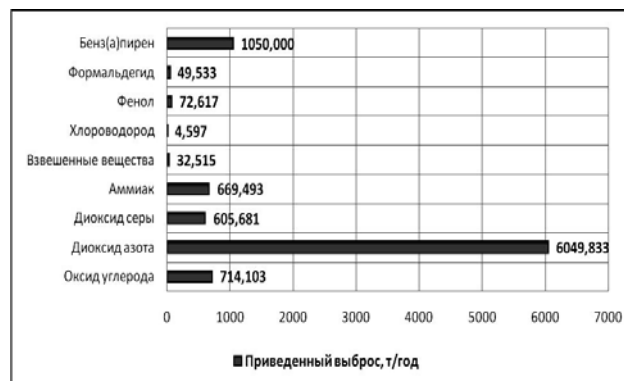


Рис.2 – Приведенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями города.