



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ ПРОФ. Н.Е. ЖУКОВСКОГО

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА  
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ  
АН РУЗ ИМЕНИ М.Т.УРАЗБАЕВА  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ Н.Е.ЖУКОВСКОГО**



**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАХМАТУЛИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**Ташкент, 26-27 мая 2023 года**

**Издательство «Университет», 2023**  
**Международная научно-практическая конференция**  
**«Рахматулиньские чтения»: Тезисы докладов.** Ташкент, 26 –27 мая  
2023 года/ Составители: А.Х.Закиров, Ш.Р.Ибодуллоев.- Национальный  
университет Узбекистана, 2023.

Публикуются тезисы докладов, представленные на Международной научно-практической конференции «Рахматулиньские чтения». Тезисы докладов включает в себя научные работы, отражающие современные достижения газовой и волновой динамике, механике многофазных сред, механике деформируемого твердого тела, вычислительной механике, управление и стабилизации динамических систем. Для специалистов, а также для магистрантов и докторантов профильных вузов.

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, 2023

## АНОМАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ АДСОРБЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ И РАЗЛОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

<sup>1</sup>Ф.Б.Холлиев, <sup>2</sup>С.Шодиев, <sup>3</sup>С.Ч.Хасанов

<sup>1,2</sup>Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан.

<sup>3</sup>Термезский государственный университет, Термез, Узбекистан.  
surxon88@bk.ru

Поставлена и численно решена задача переноса вещества в полубесконечный пористой среде с фрактальной структурой с учетом адсорбционных эффектов.

Адсорбция при переносе веществ в пористой среде значительно влияет на характеристики переноса. Предложен ряд моделей для описания адсорбции химических веществ на породы [1–3]. В работе [4] рассмотрена задача переноса загрязняющих веществ в пористой среде, состоящей из двух зон (с подвижной и неподвижной), с учетом явлений конвективного переноса, гидродинамической дисперсии, адсорбции и внутреннего диффузионного массообмена между двумя зонами. Для описания массообмена между зонами использованы линейные и нелинейные кинетические уравнения [5].

В данной работе среда состоит из двух зон: подвижной, т.е. пористой среды, где жидкость мобильна, и неподвижной, где жидкость неподвижна, но происходит диффузионный перенос вещества. Для трех случаев коэффициента дисперсии: постоянный, линейный, асимптотик, результаты сравниваются.

Модель аномального переноса вещества с учетом адсорбции записывается как [6]

$$(\theta_m + f\rho_b k_d) \frac{\partial c_m}{\partial t} = \theta_m \frac{\partial}{\partial x} \left[ D_m(x) \frac{\partial^\beta c_m}{\partial x^\beta} \right] - v_m \theta_m \frac{\partial c_m}{\partial x} - \omega(c_m - c_{im}) - (\theta_m \mu_{lm} + f\rho_b k_d \mu_{sm}) c_m, \quad (1)$$

$$[\theta_{im} + (1-f)\rho_b k_d] \frac{\partial^\alpha c_{im}}{\partial t^\alpha} = \omega(c_m - c_{im}) - [\theta_{im} \mu_{lim} + (1-f)\rho_b k_d \mu_{sim}] c_{im} \quad (2)$$

где  $\theta_m, \theta_{im}$  – коэффициент пористости;  $v_m$  – является скоростью жидкости ( $м/с$ );  $c_m$  и  $c_{im}$  – концентрации растворенных веществ в подвижной и неподвижной зонах ( $м^3/м^3$ ), соответственно;  $\omega$  – коэффициент массообмена ( $1/с$ );  $f$  и  $1-f$  представляют доли центров адсорбции, соответственно;  $\rho_b$  – объемная плотность пористой среды ( $кг/м^3$ );  $k_d$  – коэффициент распределения линейного процесса адсорбции ( $м^3/кг$ );  $\mu_{lm}$  и  $\mu_{lim}$  – коэффициенты разложения первого порядка для разложения растворенного вещества в областях с подвижной и неподвижной жидкостью ( $1/с$ ), соответственно;  $\mu_{sm}$  и  $\mu_{sim}$  – коэффициенты разложения вещества первого порядка в подвижной и неподвижной адсорбированных твердых фазах ( $1/с$ ), соответственно;  $D_m(x)$  – коэффициент гидродинамической дисперсии в подвижной зоне ( $м^{\beta+1}/с$ ), выражаемый как  $D_m(x) = \varphi(x) \cdot v_m + D_0$ ,  $\varphi(x)$  – дисперсность ( $м$ ),  $D_0$  – коэффициент диффузии ( $м^2/с$ ). Формула постоянной зависимой дисперсии от расстояния выражается как  $\varphi(x) = 0$ , формула линейной дистанционно – зависимой дисперсии  $\varphi(x) = kx$ , где  $k$  представляет собой наклон отношения дисперсии к расстоянию (безразмерный). Экспоненциальная зависимость дисперсии от расстояния выражается как  $\varphi(x) = a(1 - e^{-bx})$ , где  $a$  – асимптотическое значение на бесконечности ( $м$ ),  $a$   $b$  – положительные константы ( $1/м$ ).

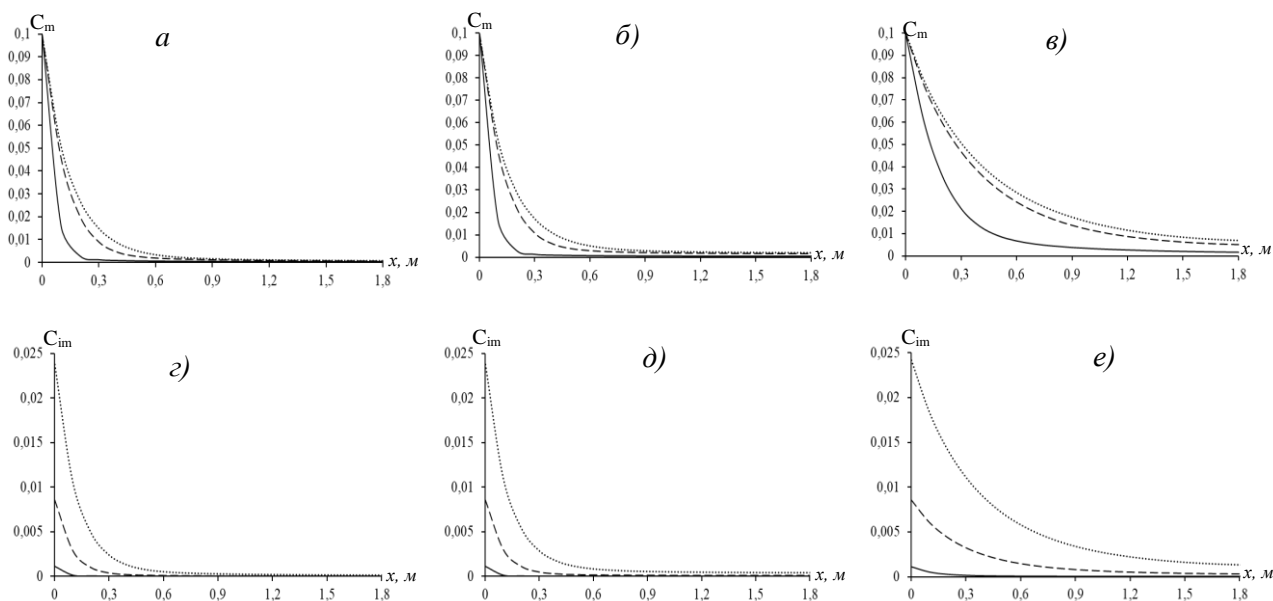
Порядки производных:  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $0 \leq \beta \leq 1$ . В отличие от работы [6], здесь  $[D_m(x)] = м^{\beta+1}/с$ ,  $[\theta_{im} + (1-f)\rho_b k_d] = с^{\alpha-1}$  – фрактальные размерности параметров.

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$c_m(0, x) = 0, \quad c_{im}(0, x) = 0, \quad (3)$$

$$c_m(t, 0) = c_0, \quad c_m(t, \infty) = 0. \quad (4)$$

Порядки дробных производных  $\alpha$  и  $\beta$  изменяются в следующем диапазоне:  
 $0 < \alpha \leq 1, \quad 0 < \beta \leq 1$ .



**Рис. 1.** Профили концентраций  $c_m$  (а,б,в),  $c_{im}$  (г,д,е) при  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0.9$ , (а, г) – постоянный, (б, д) – линейный, (в, е) – экспоненциальный,  $k_d = 10^{-4}$  (.....),  $10^{-3}$  (— — —),  $10^{-2}$  (————).

Результаты некоторых расчетов, связанных с изменением величины адсорбции, показаны на рисунках 1. Как видно из рис.1, уменьшение  $\beta$  от 1, как и в предыдущих случаях, приводит к усилению диффузионных эффектов в обеих зонах. Сравнение этих результатов с соответствующими при  $k_d = 10^{-4}$ ,  $k_d = 10^{-3}$  и  $k_d = 10^{-2}$  показывает, что адсорбция приводит к общему замедлению процесса распространения вещества.

### Литература

1. Cussler E. L. Diffusion mass transfer in fluid systems. Cambridge University Press. 1997.
2. Massel R. Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces. Jhon Willey and Sons, Inc., NY, 1996. — 804 pp.
3. Oddson, J. K., J. Letey and L. V. Weeks, Predicted distribution of organic chemicals in solution and adsorbed as a function of position and time for various chemical and soil properties // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1970. 34:412–417.
4. Хужаёров Б. Х., Махмудов Ж. М., Зикийяев Ш. Х. Перенос загрязняющих веществ в водоносных пластах с учетом двухместной адсорбции // Сибирский журнал индустриальной математики. 2011. Т. XIV, № 1(45). С.127–139.
5. Van Genuchten, M.Th. & Wierenga, P.J. 1976, Mass transfer studies in sorbing porous media. 1. Analytical solutions, Soil Sci. Soc. Am. J., 40(4), 473–480.
6. Gao G., Zhan H., Feng Sh, Bo-Jie Fu. A new mobile-immobile model for reactive solute transport with scale-dependent dispersion // Water Resources Research August 2010 46(8), W08533 DOI:10.1029/2009WR008707



<i>Численное решение задачи аномальной фильтрации в неоднородных пористых средах</i>	
<b>Миралимов М.Х</b>	104
<i>Численное исследование зоны влияния двух параллельных перегонных тоннелей.</i>	
<b>Мардонов Б., Нишоннов Н., Бердибаев М.</b>	105
Грунт билан ўзаро таъсирдаги таянчларга бикир маҳкамланган тўсиннинг меъёрдан ортиқ оғир юклар таъсиридаги тебранишлари	
<b>Назаров Ф.Х., Абдухамидов С.К</b>	107
<i>Сравнение численных схем для задачи ламинарного отрывного течения в канале.</i>	
<b>Khudoiazarov Kh., Kholikov D.Sh .</b>	109
<i>Vibrations of a truncated conical rod</i>	
<b>Khudoynazarov Kh., Abdurazakov J.N.</b>	111
<i>Physically nonlinear vibrations of a round elastic rod under the action of a combined end and surface loads</i>	
<b>Салохиддинов А.Т., Савицкий А. Г., McKinney D.C., Аширова О.А</b>	113
<i>Усовершенствованная консервативная конечно-разностная схема для решения уравнений переноса</i>	
<b>Салимьянова Д. Р., Поташев К. А.</b>	115
<i>Численное моделирование изоляции обводненного высокопроницаемого слоя в условиях неопределенности его положения в нефтяном пласте.</i>	
<b>Смирнова В.В., Балтина Т.В., Балтин М.Э., Саченков О.А</b>	117
<i>Анализ движения с помощью системы видеозахвата vicon motion systems</i>	
<b>Shukurov A.M</b>	119
<i>Non-stationary transverse vibrations of an elastic space with a spherical cavity and a hard shpere</i>	
<b>Utebaev B.D. , Utebaev D. , Orynbaeva Z.A.</b>	121
<i>Numerical methods of higher accuracy for solving electrodynamics problems</i>	
<b>Усманов Д. И., Поташев К. А</b>	123
<i>Идентификация граничных условий фильтрационной модели нефтяного пласта по замерам пластового давления в скважинах</i>	
<b>Холлиев Ф.Б., Шодиев С., Хасанов С.Ч</b>	125
<i>Аномальный перенос вещества в пористой среде с учетом адсорбционных эффектов и разложения вещества</i>	
<b>Хужаев И.К., Хамдамов М.М., Эргашов Д.Й</b>	127
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТНОЙ ПРОГРАММЫ ANSYS FLUENT</b>	
<b>Хужаеров Б.Х., Файзиев Б.М., Эрмаматова З.Э</b>	129
<i>Численное решение задачи коши для уравнения Гельмгольца</i>	
<b>Назирова Э.Ш., Нетьматов А., Шукурова М</b>	131
<i>Численное моделирование и алгоритм решения задач фильтрация жидкостей и газа в пористой среде с учетом подвижной границы раздела «газ-вода»</i>	
<b>Худайберганов Я. К, Сапаева Ш. Э</b>	133
<i>Условная устойчивость и регуляризации начально-краевой задачи для системы уравнений параболического типа с двумя линиями вырождения</i>	
<b>Turdibekov J. E.</b>	135
<i>Numerical solution of the problem of elastic-plastic torsion</i>	