

*Уразымбетова Э.П.*

*базовый докторант Каракалпакского научно-исследовательского  
института естественных наук ККО АН РУз*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ КАРАКАЛПАКСТАНА ПУСТЫНЕЙ КЫЗЫЛКУМ**

*Аннотация: В данной статье представлены результаты предварительных расчетов загрязнения атмосферного воздуха Нижнеамударьинского оазиса пылью с Кызылкумов. В качестве базовой модели выбрано приближение Ермака с учетом скорости сухого осаждения. Модельные расчеты, например, за апрель месяц показали, что вклад только Кызылкумов составляет в среднем для Нижнеамударьинского оазиса  $95,8 \text{ мкг/м}^3$ , при среднемесячной предельно допустимой концентрации пыли (PM10)  $100 \text{ мкг/м}^3$ , установленной СанПиН Республики Узбекистан.*

*Ключевые слова: пыль, запыленность атмосферы, Нижнеамударьинский оазис, окружающая среда, Кызылкум, математическая модель, база данных.*

*Urazimbetova E.P.*

*basic doctoral student at the Karakalpak Research Institute of Natural  
Sciences, Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of  
Uzbekistan*

## **MODELING OF DUST CONTAINMENT IN THE ATMOSPHERE OF KARAKALPAKSTAN IN THE KYZYL KUM DESERT**

*Annotation. This article presents the results of preliminary calculations of atmospheric air pollution in the Lower Amudarya oasis with dust from the Kyzylkum desert. The Ermak approximation taking into account the dry*

*deposition rate was chosen as the base model. Model calculations, for example, for the month of April showed that the contribution of the Kyzylkum alone averages 95.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for the Lower Amudarya oasis, with an average monthly maximum permissible dust concentration (PM10) of 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , established by the SanPiN of the Republic of Uzbekistan.*

*Key words: dust, atmospheric dustiness, Lower Amudarya oasis, environment, Kyzylkum, mathematical model, database.*

**Введение.** Моделирование запыленности атмосферы, обусловленной выносом аэрозолей из крупных пустынь, представляет собой важную область исследований в современном моделировании динамики экосистем, особенно в контексте изменения климата и его воздействия на окружающую среду. Пустыни являются значимыми источниками частиц, которые могут влиять на состояние атмосферы, климата, а также на здоровье человека и экосистемы в целом. Это в полной мере относится и к взаимодействию геосистемы пустыни Кызылкум с Нижнеамударьинским оазисом (НО).

Пыль, выносимая ветрами из пустыни Кызылкум, состоит из мельчайших частиц минерального происхождения, в основном из кварца и полевых шпатов, а также некоторого количества глинистых частиц. Эти частицы могут быть различного размера и иметь разные свойства, включая светоотражающие или поглощающие характеристики, что приводит к влиянию на солнечное излучение и тепловой баланс Земли, а также климатические процессы.

Для решения задач моделирования запыленности атмосферы под влиянием выноса аэрозолей из пустынь в настоящее время используются различные программные комплексы, основанные на разных подходах (Shao et al., 2011; Sorek-Hamer et al., 2013; Amgalan et.al., 2017; Checa-Garcia et al. 2021). Входные параметры таких моделей учитывают

множество факторов - географические особенности пустынь, сезонные, изменения ветровых условий, характеристики пыли и её воздействие на атмосферу.

**Методы исследования.** Задача моделирования стационарного распределения пустынных аэрозолей может быть решена как в аналитическом приближении, с помощью уравнения для Гауссова шлейфа, так и численно. Особенностью постановки задачи о стационарном распределении примеси для Южного Приаралья являются большая расчетная площадь и недостаточно точно определяемые входные параметры задачи, такие как мощность источника в зависимости от скорости ветра, динамическая скорость, шероховатость поверхности и детальные данные о профиле скорости ветра. В этом случае разумно строить структуру вычислительной модели как набор аналитических функций, входные параметры и результаты которых могут быть сверены и нормированы по неконсистентным наборам экспериментальных данных, причем в ряде случаев такая операция должна быть применена к группам последовательных вычислений с оценкой систематической ошибки. Создание такой вычислительной структуры с помощью традиционных императивных языков программирования сталкивается с большими трудностями, поэтому нами была выбрана реализация вычислительной архитектуры как части базы данных проекта.

Такое решение также позволяет интегрировать расчетный блок непосредственно в базу данных, в виде SQL запросов, обеспечивать высокую гибкость и модульность а также автоматически формировать наборы метеорологических параметров для различных условий усреднения или конкретных метеоситуаций а также легко решать задачи локального суммирования и пространственного анализа результатов вычислений.

Вся расчетная область была разделена на элементарные площадки  $18 \times 25$ , площадь каждой ячейки  $25 \text{ км}^2$  (рис.1). Формируются подмассивы

источника  $M_{КЗ}$  (Кызылкум) и области воздействия этих источников  $M_B$  (Нижнеамударьинский оазис), при расчетах из всего множества элементарных площадок расчетной области.

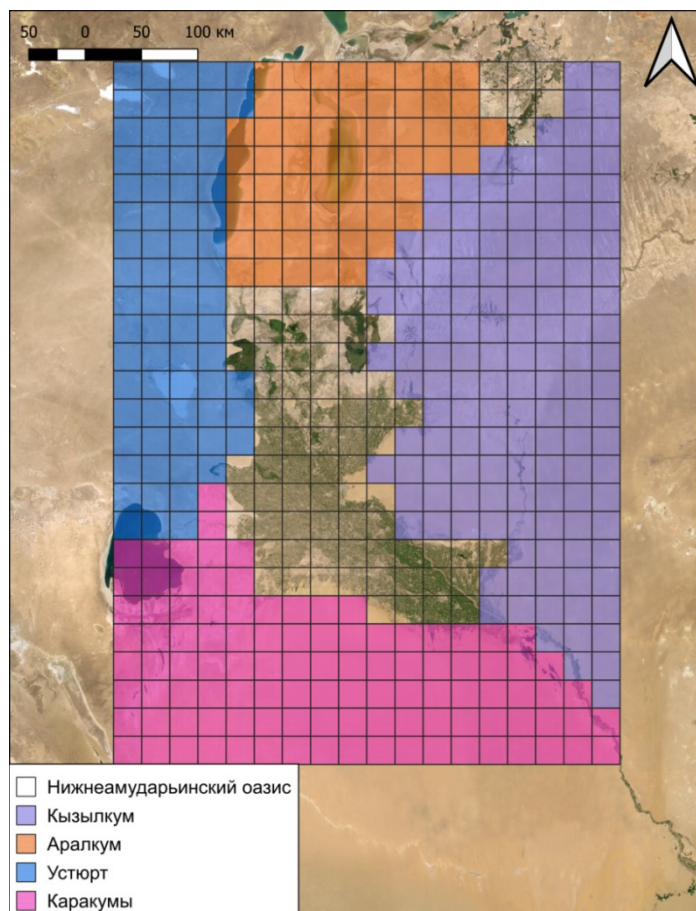


Рис. 1. Нижнеамударьинский оазис и источники запыленности воздуха

В качестве базовой модели было выбрано приближение Ермака (Ermak, 1977), учитывающее скорость сухого осаждения, преобладающего механизма в регионе с аридным климатом.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right\} \exp\left\{\frac{-V_g(z-h)}{2K} - \frac{V_g^2\sigma_z^2}{8K^2}\right\} \times \left[ \exp\left\{-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right\} - \sqrt{2\pi} \frac{V_1\sigma_z}{K} \exp\left\{\frac{V_1(z+h)}{K} + \frac{V_g^2\sigma_z^2}{2K^2}\right\} \right] \quad (1)$$

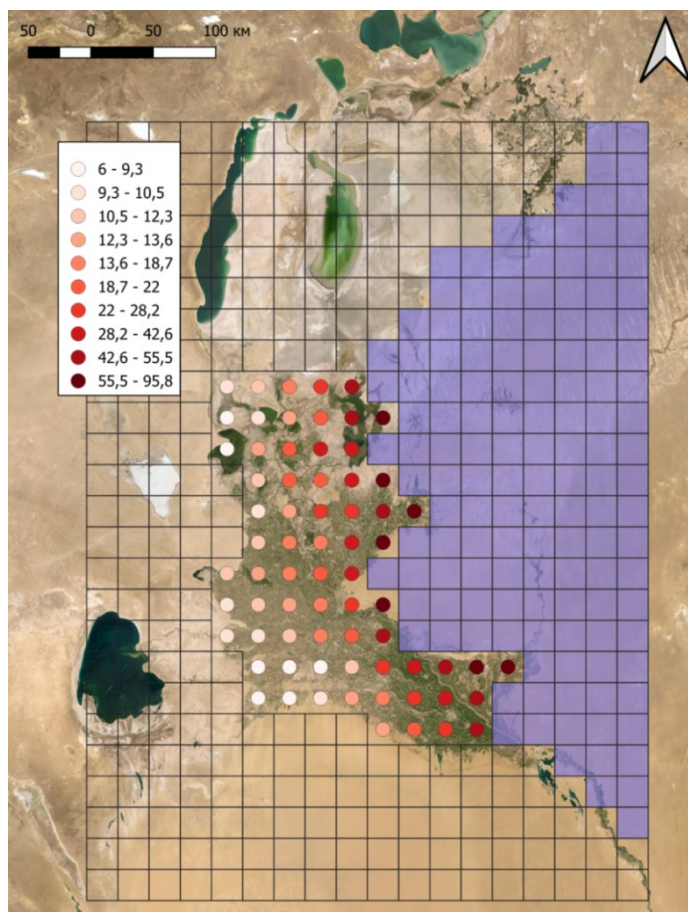
где  $C(x, y, z)$  – концентрация ( $\text{г/м}^3$ ),  $Q$  – интенсивность выноса ( $\text{г/м}\cdot\text{с}$ ) (Lu, Shao, 2001),  $u$  – скорость ветра ( $\text{м/с}$ ),  $\sigma_y$  – коэффициент горизонтальной

дисперсии (м),  $\sigma_z$  – коэффициент вертикальной дисперсии (м),  $V_1$  – скорость сухого осаждения частицы (м/с),  $V_\varepsilon$  – скорость гравитационного осаждения частицы (м/с),  $K$  – коэффициент турбулентной диффузии (м<sup>2</sup>/с) (Meister et al., 2000; Droppo, 2006; Venkatram, 1980).

По формуле (1) вычисляется пространственное распределение концентрации пыли  $C_j(x, y, z, S_i)$  с каждой элементарной площадки  $j$ -го подмассива-источника. Таким образом, определяется концентрация пыли в элементах  $M_B$  от данной элементарной площадки в конкретном месяце года с заданным для него ветровым режимом. Общая концентрация пыли от  $j$ -го источника в элементе  $(x, y)$  массива  $M_B$  определяется суммированием:

$$C_{Tj}(x, y, z, M_j) = \sum C_j(x, y, z, S_i)$$

**Результаты и обсуждение.** Модельные расчеты для апреля месяца показали, что при любой скорости ветра пыль с Кызылкумов покрывает весь Нижнеамударьинский оазис (рис.2).



*Рис. 2. Среднемесячная концентрация (мкг/м<sup>3</sup>) пыли за апрель 2023г. в зоне оазиса.*

В периоде наибольшей дефляции Кызылкума (апрель-октябрь) преобладают восточное (20%) и северо-восточное направления (19%) ветра. Наибольшая запыленность атмосферы в восточной части Нижнеамударьинского оазиса, наименьшая – в западной части. В зависимости от скорости ветра за апрель месяц запыленность атмосферы восточной части НО возрастает от 5,6 до 88,9 мкг/м<sup>3</sup>, запыленность атмосферы северо-восточной части НО – от 0,4 до 6,9 мкг/м<sup>3</sup> при среднемесячной ПДК пыли 100 мкг/м<sup>3</sup> (Гигиенические нормативы, СанПиН РУз, №0293-11). Южная часть Нижнеамударьинского оазиса подвержена большей запыленности с Кызылкума, чем северная ввиду преобладания северо-восточного направления.

**Заключение.** Запыленность атмосферы Нижнеамударьинского оазиса, где проживает большая часть населения Каракалпакстана, Хорезма

и Ташаузской области Туркменистана, определяет актуальность исследований, направленных на количественную оценку пространственно-временной динамики концентраций пыли, источниками которого являются обширные пустынные территории, окружающие оазис. По модельным расчетам выявлено, что вклад только Кызылкумов за апрель месяц составляет в среднем для Нижнеамударьинского оазиса 95,8 мкг/м<sup>3</sup>. Построена карта запыленности атмосферы Нижнеамударьинского оазиса Кызылкумами.

#### **Использованные источники:**

1. Amgalan G. et al. Correlation between dust events in Mongolia and surface wind and precipitation //ТАО: Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences. – 2017. – Т. 28. – №. 1. – С. 2.
2. Checa-Garcia R. et al. Evaluation of natural aerosols in CRESCENDO Earth system models (ESMs): mineral dust //Atmospheric Chemistry and Physics. – 2021. – Т. 21. – №. 13. – С. 10295-10335.
3. Droppo J. G. Improved formulations for air-surface exchanges related to National Security Needs: dry deposition models. – Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States), 2006. – №. PNNL-15876.
4. Ermak D. L. An analytical model for air pollutant transport and deposition from a point source //Atmospheric Environment (1967). – 1977. – Т. 11. – №. 3. – С. 231-237.
5. Lu H., Shao Y. Toward quantitative prediction of dust storms: an integrated wind erosion modelling system and its applications //Environmental Modelling & Software. – 2001. – Т. 16. – №. 3. – С. 233-249.
6. Meister M. T. Air dispersion modeling of particulate matter from ground-level area sources : дис. – Texas A&M University, 2000.

7. Shao Y. et al. Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science // *Aeolian Research*. – 2011. – Т. 2. – №. 4. – С. 181-204.
8. Sorek-Hamer M. et al. Classification of dust days by satellite remotely sensed aerosol products // *International journal of remote sensing*. – 2013. – Т. 34. – №. 8. – С. 2672-2688.
9. Venkatram A. Estimating the Monin-Obukhov length in the stable boundary layer for dispersion calculations // *Boundary-Layer Meteorology*. – 1980. – Т. 19. – №. 4. – С. 481-485.
10. Гигиенические нормативы, СанПиН РУз, №0293-11.