ISSN 2709-6238

Научный журнал

основан В 2016 году

В Е С Т Н И К
ФИЛИАЛА МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА В Г. ДУШАНБЕ

СЕРИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

П А Ё М И
ФИЛИАЛИ ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ МОСКВА БА НОМИ М.В. ЛОМОНОСОВ ДАР Ш. ДУШАНБЕ

БАХШИ ИЛМҲОИ ТАБИӢ

BULLETIN
of LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY IN DUSHANBE

THE SERIES OF NATURAL SCIENCES

3 (15) 2020

ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА В Г. ДУШАНБЕ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 2016 ГОДУ.

ФИЛИАЛИ ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ МОСКВА БА НОМИ
М.В. ЛОМОНОСОВ ДАР Ш. ДУШАНБЕ
МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ СОЛИ 2016 ТАЪСИС ЁФТААСТ.

LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY IN DUSHANBE
ACADEMIC JOURNAL FOUNDED IN 2016.

В журнале статьи печатаются на русском, таджикском и английском языках.
Дар маҷалла мақолаҳо бо забонҳои русӣ, тоҷикӣ ва англисӣ нашр мешаванд.

СОДЕРЖАНИЕ - МУНДАРИЧА

УДК 519.8

СОПРОТИВЛЕНИЕ ОДНОРОДНОГО ФИЛЬТРА С ДЕФОРМИРОВАННЫМИ ВОЛОКНАМИ

Ашуров М., Ашуров Х.
Таджикский национальный университет

Аннотация. *Методами гидродинамической теории смазки при малых числах Рейнольдса по ширине зазора между равномерно расположенными деформированными волокнами аэрозольного фильтра определяется продольная составляющая скорости. Также приводятся вычисляемые формулы для расхода жидкости и перепада давления в каналах аэрозольного фильтра.*
Ключевые слова: *гидродинамическая теория смазки, числа Рейнольдса, деформированные волокна аэрозольного фильтра, перепад давления, каналы аэрозольного фильтра.*

В работе [1] методами гидродинамической теории смазки определено поле скоростей вязкой несжимаемой жидкости в бесконечной системе параллельных цилиндров, оси которых нормальны к невозмущённому потоку и расположены равномерно. Также в работе [2, 3] рассмотрен случай неравномерного расположения волокон аэрозольного фильтра, состоящих из круговых цилиндров, соответствующих сжатию или растяжению в направлении потока исходной однородной системы, в которой цилиндры располагались в шахматном порядке. Определялось сопротивление продольно неоднородной системы в зависимости от концентрации цилиндрических волокон.

В предлагаемой работе рассматривается определение поля скоростей вязкой несжимаемой жидкости и сопротивление в однородном фильтре в случае, когда его волокна после незначительного сжатия примут форму эллиптического цилиндра. Исследуется влияние малых деформаций поперечного сечения волокон, когда они имеют форму эллиптических цилиндров. Результаты обобщают полученные ранее данные о поле скоростей и сопротивлении однородной системы параллельных круговых цилиндров [1-3], дают возможность сделать ряд качественных выводов о влиянии незначительного их сжатия на течение в пористой среде и могут служить основой расчёта однородного волокнистого фильтра.

Постановка задачи. В работах [1-3] рассмотрена бесконечно двоякопериодическая система параллельных цилиндров в потоке вязкой несжимаемой жидкости, ориентированных по нормали к потоку, невозмущённая скорость которого постоянна и равна U_∞.

Цилиндры в системе расположены таким образом, что плоскость течения оказывается разбитой на одинаковые шестиугольники (рис. 1), сжатые или растянутые в направлении невозмущенного потока, причем ось каждого цилиндра проходит через центр такого шестиугольника. Для этого случая также найдены распределение продольной составляющей скорости течения, расход жидкости и средний по толщине фильтра градиент давления в предположении, что расстояния между поверхности ближайших соседних волокон малы по сравнению с их диаметром, т.е. $a/b << 1$ при малых числах Рейнольдса по ширине зазора $(b-a)\mathrm{U}_\infty/\nu << 1$ внутри горизонтальных каналов в виде соответствующих формул вида:

$$\vartheta_x = -(2\mu)^{-1}(h^2(x) - y^2)\frac{dp}{dx} \qquad (1)$$

$$q = -\frac{2}{3\mu}h^3(x)\frac{dp}{dx} \qquad (2)$$

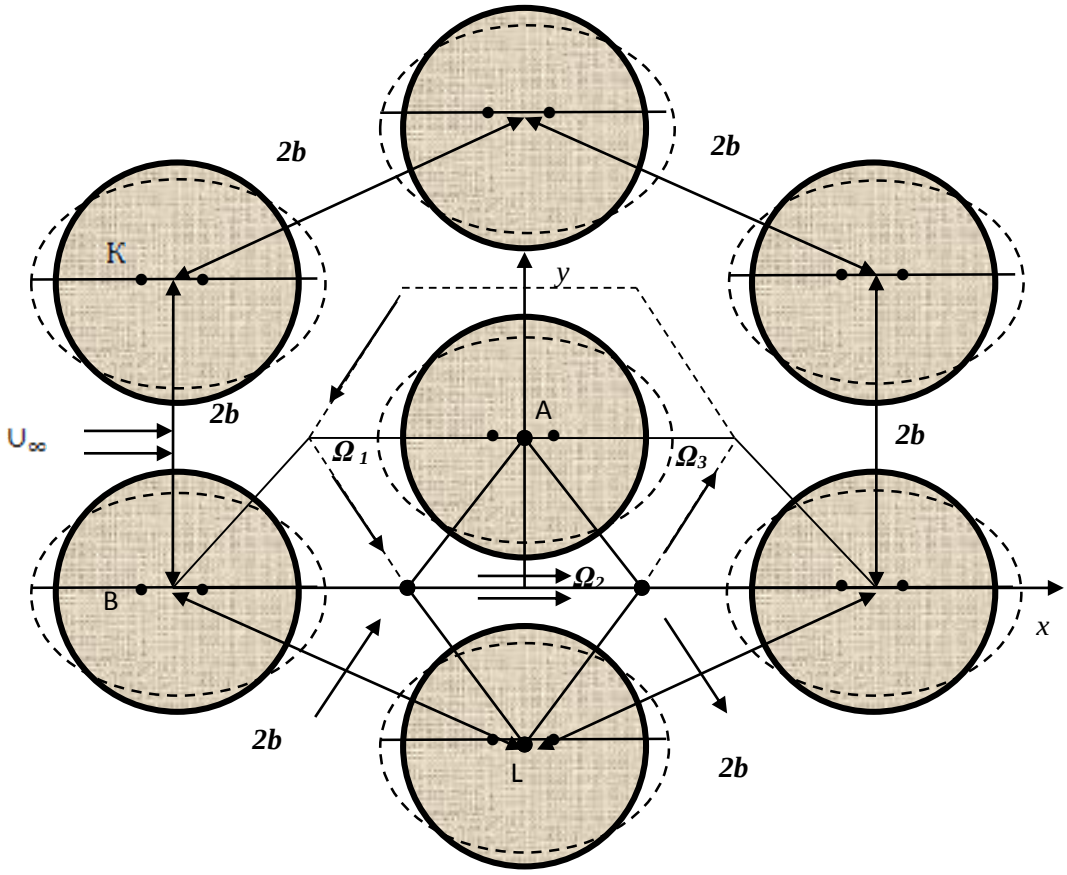
$$\Delta p = \frac{3}{2}\mu q \int_{x_1}^{x_2} h^{-3}(x)dx \qquad (3)$$

где 2b-расстояние между осями цилиндров, μ- коэффициент кинематической вязкости, $h(x) = b - \sqrt{a^2 - x^2}$ - локальная полуширина зазора каналов фильтра, $\frac{dp}{dx}$ - продольная составляющая градиента давления, зависящая только от *x*, μ- коэффициент динамической вязкости q- расход жидкости на единицу длины цилиндра в зазоре для соответствующих областей, Ω_2 и Ω_3 где $q_{\Omega_1} = q_{\Omega_3} = \frac{1}{2}q_{\Omega_2}$ Δp – перепад давления между сечениями абсциссы точек $x = x_1$ и $x = x_2$ (внутри зазора) границ каналов.

Используя выше приведенную модель в [1], предположим, что все круговые цилиндрические волокна одинакового радиуса *a*, однородные фильтры деформированы так, что сечение каждого цилиндра представляет собой эллипс, уравнение которого записывается в виде:

$$\frac{x^2}{[a(1+\varepsilon)]^2} + \frac{y^2}{[a(1-\varepsilon)]^2} = 1,$$

где ε (малая величина) - степень деформации волокна.



Так как волокна фильтра деформированы незначительно, то локальная полуширина горизонтальных каналов выражается в виде:

$$h = b - \sqrt{a^2 - x^2} + \varepsilon \frac{a^2 - 2x^2}{\sqrt{a^2 - x^2}},$$

и скорость течения жидкости внутри наклонных каналов равна

$$\vartheta_x = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} [y^2 - (h^+ + h^-)y + h^+ - h^-],$$

где h^+ и h^- локальные расстояния от осевой линии канала до поверхности цилиндра:

$$h^{\pm} = \pm b \mp \sqrt{a^2 - x^2} \left(1 \pm \frac{a\sqrt{\varepsilon} x}{a^2 - x^2}\right).$$

Отсюда для локальной полуширины наклонных каналов получим $h^+ - h^- = 2\left(b - \sqrt{a^2 - x^2}\right)$, а расход жидкости и перепад давления в наклонных каналах определяются выражениями

$$q_1 = q_3 = -\frac{1}{12\mu} \frac{dp}{dx} (h^+ - h^-)^{-3}$$

$$\Delta p_1 = \Delta p_3 = 12\mu q_1 \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{(h^+ - h^-)^3} \quad (4)$$

Пределы интегрирования x_1 и x_2 для областей Ω_1 и Ω_3 соответственно равны

$$x_1 = \frac{a}{2}\left[1 + \left(\sqrt{3\sigma} - 2\right)\sqrt{\varepsilon}\right], \quad x_2 = \frac{a}{2}\left(1 - \frac{\sqrt{3\sigma}}{2}\right) + a\sqrt{\varepsilon}$$

Для области Ω_2 они определяются в виде:

$$x_1 = -\frac{a}{2}\left(1 - \frac{\sqrt{3\sigma}}{2}\right), \quad x_2 = \frac{a}{2}\left(1 - \frac{\sqrt{3\sigma}}{2}\right).$$

Используя выражения (3) и (4), определим суммарный перепад давления в каналах Ω_1, Ω_2, Ω_3 по формуле:

$$\Delta p_\Sigma = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3$$

В данном случае имеем:

$$\Delta p_2 = 3\mu q F_1(0, \xi, 0)$$

$$\Delta p_1 = \Delta p_3 = \frac{3}{4}\mu q F_1(\xi_1, \xi + a\sqrt{\varepsilon}, \eta)$$

$$F_1(\alpha, \beta, \gamma) = \int_\alpha^\beta \frac{dx}{(b - \sqrt{a^2 - x^2} + \gamma)^3}$$

$$\xi = \frac{1}{2}a\left(1 - \frac{1}{2}\sqrt{3\sigma\varepsilon}\right), \qquad \xi_1 = -\frac{1}{2}a\left(1 + (\sqrt{3\sigma} - 2)\sqrt{\varepsilon}\right)$$

$$\eta = \frac{\varepsilon(a^2 - 2x^2)}{\sqrt{a^2 - x^2}}.$$

Разделим суммарный перепад давления Δp_Σ на удвоенное расстояние между вертикальными рядами цилиндров и, произведя вычисления, определим выражения для среднего градиента давления по толщине однородного фильтра волокна которого незначительно деформированы.

$$\frac{\overline{dp}}{dx} = \sqrt{3}\mu \frac{U_\infty \sigma^{\frac{3}{2}}}{a^2(1-\sigma)^2}\left\{\Delta p_0 - \frac{3}{4}\left[\frac{(1-\sigma)(2\sqrt{3}-5\sqrt{\sigma})}{(2-\sqrt{3\sigma})^3} + \frac{(1+2\sigma)(\sqrt{3}-2\sqrt{\sigma})}{3(2-\sqrt{3\sigma})^2} + \frac{2\sqrt{\sigma}(2-\sqrt{3})}{1-\sqrt{\sigma}}\right]\sqrt{\sigma\varepsilon} - \right.$$

$$\left.\left[\frac{4(1-\sigma)(2-\sigma)}{\sigma(2-\sqrt{3\sigma})^3} + \frac{3}{(2-\sqrt{3\sigma})^2} + \frac{3}{2(1-\sigma)}\left(\frac{3}{(2-\sqrt{3\sigma})} + \frac{(1+\sigma)(2-\sqrt{3})}{\sqrt{\sigma}(1-\sqrt{\sigma})}\right) + \frac{2\sigma-1}{\sigma(1-\sigma)}\Delta p_0\right]\sigma\varepsilon\right\}$$

где

$$\Delta p_0 = \frac{2(1-\sigma)}{(2-\sqrt{3\sigma})^2} + \frac{1+2\sigma}{2-\sqrt{3\sigma}} + \frac{6\sqrt{\sigma}}{\sqrt{1-\sigma}}\operatorname{arctg}\frac{\sqrt{1-\sigma}(2-\sqrt{3})}{1-\sqrt{\sigma}}$$

На рис. 2 приведена зависимость $\overline{\frac{dp}{dx}}a^2(\mu U_\infty)^{-1}$ от концентрации волокон φ $(\varphi = 0{,}907\ \sigma)$ при фиксированных значениях степени деформации ε. Видно, что незначительное сжатие ($0 < \varepsilon \leq 0{,}05$, кривая 2; $\varepsilon = 0{,}05$) волокон фильтра почти не влияет на его сопротивление, а при сжатии в пределах $0{,}05 < \varepsilon \leq 0{,}1$ сопротивление заметно уменьшается (кривая 3; $\varphi = 0{,}1$).

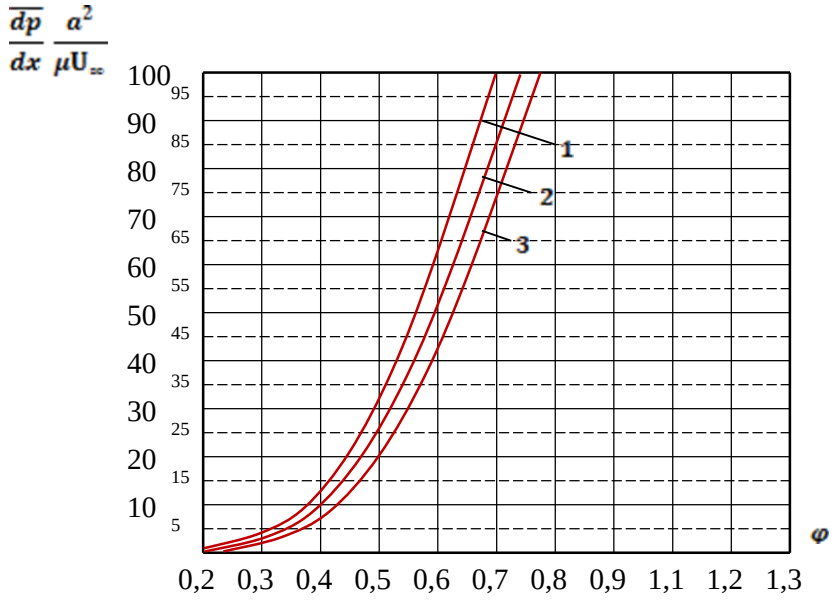


Рисунок 2 – Зависимость сопротивления фильтра от концентрации .

На рисунке 3 приведена зависимость сопротивления фильтра от степени сжатия его волокон ε, при фиксированных значениях φ. При $\varphi \leq 0{,}1$ (кривые 1-3 соответствует $\varphi = 0{,}03;\ 0{,}05;\ 0{,}1$) с ростом сжатия ε сопротивление не изменяется, а при $\varphi \geq 0{,}1$ (кривые 4-6 соответствуют $\varphi = 0{,}3;\ 0{,}5;\ 0{,}6$) заметно снижается. Это показывает, что при значениях φ, близких к единице сжатие волокон фильтра вдоль направления потока приводит к уменьшению сопротивления.

Обозначения:

a	радиус сечения цилиндрического волокна,
$2b$	расстояние между осями цилиндров
$\overline{\frac{dp}{dx}}$	средний по толщине фильтра градиент давления,
$h(x)$	локальное полуширина зазора,
h^+, h^-	локальные расстояния от осевой линии канала до поверхности цилиндра,
q_1, q_2, q_3	расход жидкости в соответствующих каналах,

Re	число Рейнольдса,
U_∞	скорость потока перед фильтром
V_x	продольная составляющая скорости по направлению оси,
$\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$	перепад давления в соответствующих областях,
ε	степень деформации волокон,
μ	коэффициент динамической вязкости,
$\sigma = a^2/b^2$	числовой параметр,
φ	коэффициент заполнения пространства цилиндрическими волокнами.

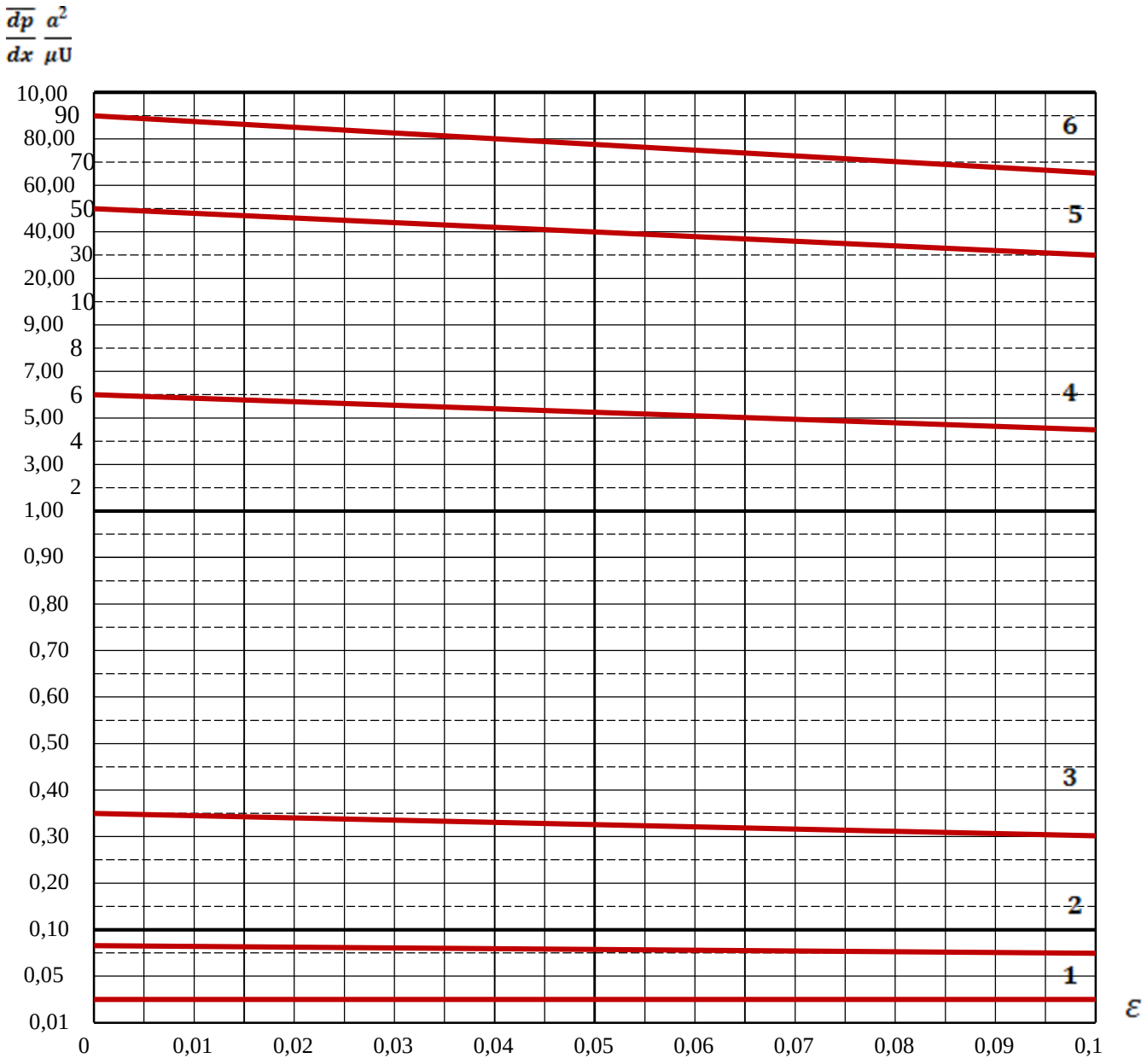


Рисунок 3 – Зависимость сопротивления фильтра от степени сжатия .

Литература

1. Гупало Ю.П. К теории фильтрации аэрозолей / Ю.П. Гупало// ДАН СССР. - 1965. -т.164. -№6. -С.1339-1342.
2. Ашуров М. Сопротивление аэрозольного фильтра при незначительных сжатиях его волокон / М. Ашуров // Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по теории и приложениям функционально-дифференциальных уравнений. –Душанбе, 1987. - С.40-41.
3. Ашуров М. Математическое моделирование процесса движения аэрозольных частиц в зазорах между волокнами фильтра / М. Ашуров, Х.М. Ашуров // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. №1. Душанбе: «Маркази табъу нашр, баргардон ва тарҷума». –Душанбе, 2019. -С. 57-64.
4. Happel J. Viscous flow relative to arrays of cylinders / J. Happel // Am.Inst. Chem. Eng. Journal. – 1959. -v.5. -№ 2. -P.197-205.
5. Kuwabara S. The forces experienced by randomly distributed parallel cylinders of spheres In a viscous flow at small Reynolds numbers / S. Kuwabara // J. Phys. Soc., Japan. - 1959. -v.14. -No4. -P.527-532.
6. Хаппель Дж. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса / Дж. Хаппель, Г. Бреннер. -М.: Мир, 1976. -758 с.
7. Кирш А.А. Исследования в области волокнистых аэрозольных фильтров / А.А. Кирш, Н.А. Фукс // Коллоидный журнал. - 1967. -т.29. -№5. -С.682-686.

МУҚОВИМАТИ ФИЛТРИ АЭРОЗОЛИИ ТОРҲОЯШ ДЕФОРМАТСИЯШУДАИ МУНТАЗАМ ҶОЙГИРШУДА

Ашӯров М. Ашӯров Х.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Анотатсия. *Дар вақти хурд будани ададиРейнолдс бо бари ковокии байни торҳои деформатсияшудаи мунтазам ҷойгиршудаи филтири аэрозолӣ, ташкилдиҳандаи суръат бо қади ҳаракати моеъ бо назарияи молиданҳои гидродинамикӣ муайян карда мешавад. Инчунин формулаҳои ҳисобкунӣ барои миқдори моеъи ҷоришаванда ва пастшавии фишор дар каналҳои филтири аэрозолӣ оварда мешавад.*

Калидвожаҳо: *назарияи моеъҳои молидании гидродинамикӣ, адади Рейнолдс, торҳои деформатсия кардашудаи филтирҳои аэрозолӣ, пастшавии фишор, каналҳои филтири аэрозолӣ.*

RESISTANCE OF A HOMOGENEOUS FILTER WITH A DEFORMED FIBER

Ashurov M. Ashurov Kh.
Tajik national university

Annotation. *Using the methods of the hydrodynamic theory of lubrication at low Reynolds numbers, the longitudinal component of the velocity is determined along the width of the gap between the uniformly spaced deformed fibers of the aerosol filter. The calculated formulas for fluid flow and pressure drop in the channels of the aerosol filter are also given.*

Keywords: *hydrodynamic theory of lubrication, Reynolds numbers, deformed aerosol filter fibers, differential pressure, aerosol filter channels.*

Сведения об авторах: **Ашуров Мирумар** – к. т. н., доцент кафедры вычислительной математики и механики. Таджикский национальный университет. Тел.: (+992) 93-574-91-91.
Ашуров Хуршед Мирумарович – к.э.н., доцент кафедры информационной и коммуникационной технологии. Таджикский национальный университет. Тел.: (+992) 93-412-33-33**.**

УДК 517.55

ОБЩАЯ ГРАНИЧНАЯ ЗАДАЧА ЛИНЕЙНОГО СОПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУПЛОСКОСТИ С НУЛЯМИ И ПОЛЮСАМИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ВИДА НА ГРАНИЦЕ

Кабиров А.Т.
Таджикский государственный финансово-экономический университет

Аннотация. *В статье изучается общая граничная задача линейного сопряжения для полуплоскости с нулями и полюсами аналитического вида на границе.*
Доказана теорема определяющая числа линейно-независимых решений и условия разрешимости задачи для полуплоскости. Установлено, что число решений задачи в классе функций, ограниченных на контуре, не изменяется от наличия нулей у коэффициентов задачи и уменьшается на суммарный порядок всех полюсов.
Ключевые слова: *действительная ось, полуплоскость, граничная задача, полюс, нуль, аналитическая функция, линейный оператор, интеграл типа Коши, интерполяционный многочлен, индекс задача.*

Постановка задачи. Пусть Γ есть действительная ось. Задача заключается в том, чтобы найти две ограниченные аналитические, соответственно, в верхней и нижней полуплоскостях функции $\varphi^+(z)$ и $\varphi^-(z)$ (кусочно аналитическую функцию $\varphi(z)$), предельные значения которых на контуре удовлетворяют условию

$$\varphi^+(t)=\frac{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}\cdot a_1(t)\cdot\varphi^-(t)+\frac{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}\cdot b_1(t)\cdot\overline{\varphi^-(t)}+c(t), \qquad (A_1)$$

$$-\infty<t<+\infty,\ \varphi^+(\infty)=\varphi^-(\infty)=c(\infty)=0,$$

где функции $a_1(t), b_1(t), c(t)\in \mathrm{H}(\Gamma)$, $\eta_r\ (r=1,2,\ldots,R)$, $\xi_m\ (m=1,2,\ldots,M)$ - некоторые различные точки контура, k_r, q_m - натуральные числа, причём поиск этих функций проводится в ограниченных областях $\overline{D^+}$ и $\overline{D^-}$.

Введем обозначения $\sum_{r=1}^{R}k_r=k$, $\sum_{m=1}^{M}q_m=q$.

Переходим непосредственно к исследованию задачи (A_1). Предположим что функция $c(t)$ в окрестности точек $t=\eta_r$, имеет производные порядков k_r-1, удовлетворяющие условию Гельдера. Построим интерполяционный многочлен $\mathrm{T}(t)$ степени $k-1$ так, чтобы он удовлетворял следующим условиям:

$$c^{(\nu)}(\eta_r)=\mathrm{T}^{(\nu)}(\eta_r),\ (\nu=0,1,2,\ldots,k_r-1;\ r=1,2,\ldots,R). \qquad (1)$$

Такой многочлен определяется единственным образом и в дальнейшем понадобится для приведения (A_1) к задаче, коэффициенты которой не обращаются в нуль.

Вычитываем из обеих частей (A_1) полином $\mathrm{T}(t)$:

$$\varphi^+(t)-\mathrm{T}(t)=\frac{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}a_1(t)\cdot\varphi^-(t)+\frac{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}b_1(t)\cdot\overline{\varphi^-(t)}+c(t)-\mathrm{T}(t). \qquad (2)$$

В силу (1) имеем

$$\varphi^+(t)-\mathrm{T}(t)=\frac{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}a_1(t)\cdot\varphi^-(t)+\frac{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}b_1(t)\cdot\overline{\varphi^-(t)}+\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}\cdot c_1(t). \qquad (3)$$

Разделив краевое условие (3) на $\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}$, получим

$$\varphi_1^+(t)=\frac{a_1(t)}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}\cdot\varphi^-(t)+\frac{b_1(t)}{\prod_{m=1}^{M}(t-\xi_m)^{q_m}}\cdot\overline{\varphi^-(t)}+c_1(t), \qquad (A_2)$$

где $\varphi_1^+(t)=\dfrac{\varphi^+(t)-\mathrm{T}(t)}{\prod_{r=1}^{R}(t-\eta_r)^{k_r}}$.

Полагая в (A_2)

$$\varphi^-(z)=\prod_{m=1}^{M}(z-\xi_m)^{q_m}\cdot z^{-q}\cdot\varphi_1^-(z),$$

$$\overline{\varphi^-(z)}=\prod_{m=1}^{M}\overline{(z-\xi_m)}^{\,q_m}\cdot\overline{z^{-q}}\cdot\overline{\varphi_1^-(z)}=\prod_{m=1}^{M}(z-\xi_m)^{q_m}\cdot e^{2i\sum_{m=1}^{M}\theta_m^{(2)}\cdot q_m}\cdot\overline{z^{-q}}\cdot\overline{\varphi_1^-(t)},$$

преобразуем краевое условие (A_2) в виде

$$\varphi_1^+(t)=a_1(t)\cdot t^{-q}\cdot\varphi_1^-(t)+b_1(t)\cdot e^{2i\sum_{m=1}^{M}\theta_m^{(2)}\cdot q_m}\cdot\overline{t^{-q}}\cdot\overline{\varphi_1^-(t)}+c_1(t)\cdot \qquad (A_3)$$

Назовём краевую задачу с коэффициентами $t^{-q}\cdot a_1(t)$ приведённой задачей. Индекс приведённой задачи назовём, вместе с тем, и индексом данной задачи:

$$Ind_\Gamma\, t^{-q}\cdot a_1(t)=Ind_\Gamma\, a_1(t)+Ind_\Gamma\, t^{-q}=(æ+q-k)-q=æ+q-k-q=æ-k.$$

Для удобства, задачу (A_2) запишем в следующем виде:

$$\varphi_1^+(t) = a_1(t)\cdot t^{-q}\cdot\varphi_1^-(t) + b_1(t)\cdot\varphi_1^-(t) + c_1(t), \qquad (A_4),$$

где

$$b_2(t) = b_1(t)\cdot e^{2i\sum_{m=1}^{M}\theta_m^{(2)}\cdot q_m}\cdot\overline{t^{-q}}.$$

Пусть в задаче (A_4) $æ - q \geq 0$.

Положим $\varphi^+(z) = \left(\frac{z-i}{z+i}\right)^{-(æ-k)}\cdot\left[\varphi_1^+(z) - \mathrm{P}_{æ-k-1}\left(\frac{z-i}{z+i}\right)\right]$, где полином $\mathrm{P}_{æ-k-1}\left(\frac{z-i}{z+i}\right)$ подобран так, чтобы функция $\psi^+(z)$ не имела полюса в точке $z = i$.

Задачу (A_4) можно записать в следующем виде:

$$\psi^+(t) = a_2(t)\cdot t^{-q}\cdot\psi^-(t) + b_2(t)\cdot\psi^-(t) + c_2(t), \qquad (A_5)$$

где $a_2(t) = \left(\frac{z-i}{z+i}\right)^{-(æ-k)}\cdot a_1(t)$, $b_2(t) = \left(\frac{z-i}{z+i}\right)^{-(æ-q)}\cdot b_1(t)$,

$$c_2(t) = \left(\frac{z-i}{z+i}\right)^{-(æ-k)}\cdot\left[c_1(t) - \mathrm{P}_{æ-k-1}\left(\frac{z-i}{z+i}\right)\right].$$

Так как $Ind_\Gamma\, t^{-q}\cdot a_2(t) = 0$, то $t^{-q}\cdot a_2(t)$ можно представить в виде

$$a_2(t)\cdot t^{-q} = \frac{\chi^+(t)}{\chi^-(t)},\ \text{где}\ \chi^+(z) = e^{F(z)},\ \chi^-(z) = \left(\frac{z-i}{z+i}\right)^{-(æ-k)}\cdot e^{F(z)},$$

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty}^{+\infty}\ln\left[\left(\frac{t_1-i}{t_1+i}\right)^{-(æ-k)}\cdot a_2(t_1)\right]\frac{dt_1}{t_1-z},\ [1].$$

Подставляя выражение $t^{-q}\cdot a_2(t)$ в (A_5), получим:

$$\Psi^+(z) - \Psi^-(z) = \frac{b_3(t)}{a_3(t)}\cdot\frac{\overline{\chi^-(t)}}{\chi^-(t)}\cdot\overline{\psi^-(t)} + \frac{c_2(t)}{\chi^+(t)}, \qquad (A_6)$$

где

$$\Psi^+(z) = \frac{\psi^+(t)}{\chi^+(t)},\quad \Psi^-(z) = \frac{\psi^-(t)}{\chi^-(t)}.$$

Решение задачи (A_6) будем искать в виде

$$\Psi^-(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\mu(t_1)}{t_1-z}dt_1.$$

Теперь, вставляя формулу Сохоцкого-Племеля [1;3] в (A_6), получим интегральное уравнение

$$\mu(t)=\frac{1}{2}\cdot\frac{b_2(t)}{a_2(t)}\cdot\frac{\overline{\chi^-(t)}}{\chi^-(t)}\cdot\overline{(-\mu+S\mu)}+\left[c_2(t)-\mathrm{P}_{æ-k-1}\left(\frac{t-i}{t+i}\right)\right]\cdot\left(\frac{t-i}{t+i}\right)^{-(æ-k)}\cdot\frac{1}{\chi^+(t)},\ (A_7)$$

которое эквивалентно краевой задаче (A_1).

Пусть $\sup\limits_{-\infty<t<+\infty}\left|\frac{b_2(t)}{a_2(t)}\right|<1\left(\sup\limits_{-\infty<t<+\infty}\left|\frac{b_1(t)}{a_1(t)}\right|<1\right)$, тогда по принципу сжатых отображений уравнение (A_7) имеет единственное решение при каждом свободном члене. *Sp* – норма оператора $S\mu=\frac{1}{\pi i}\int\limits_{-\infty}^{+\infty}\frac{\mu(t_1)}{t_1-t}dt_1$ в $L_2(-\infty,+\infty)$.

Поэтому, полагая $c(t)$ и $\mathrm{P}_{æ-q-1}(t)$ равными последовательно

$$1,\ i,\left(\frac{t-i}{t+i}\right),\ i\left(\frac{t-i}{t+i}\right),\ldots,\left(\frac{t-i}{t+i}\right)^{æ-1},\ i\left(\frac{t-i}{t+i}\right)^{æ-1},$$

получим серию задач (A_5), из которых находим линейно независимые решения однородной задачи (A_1) для полуплоскости.

Пологая $\mathrm{P}_{æ-q-1}(t)\equiv 0$ и $c_2(t)\neq 0$, получим частное решение неоднородной задачи.

Пусть $æ-q<0$.

В этом случае $\varphi^+(z)=\left(\frac{z-i}{z+i}\right)^{æ-q}\cdot\psi^+(z)+\mathrm{P}_{æ-q-1}\left(\frac{t-i}{t+i}\right)$ будет иметь полюс в точке $z=i$. Для его анулирования необходимо и достаточно выполнение дополнительных условий, чтобы $\psi(t)$ имела нуль порядка $|æ-q|$,

при $z=i$, что и приводит к условию разрешимости

$$\int\limits_{-\infty}^{+\infty}(t-i)^{-n}Q[c_2(t)]dt=0,\quad n=1,2,\ldots,|æ-q|,$$

где *Q* – линейный оператор.

Итак, доказана следующая теорема.

Теорема. *Пусть* $a_1(t)\in\mathrm{H}(-\infty;+\infty)$, $a_1(t)\neq 0$, $b_1(t)$, $c(t)\in\mathrm{H}(\Gamma)$, $c(t)$ - *дифференцируема в окрестности точки* $t=\eta_r$, *имеет производные порядка* k_r-1, $æ=Ind_{\Gamma}a_1(t)=\frac{1}{2\pi i}\{\ln a_1(t)\}_{-\infty}^{+\infty}$. *Рассматриваются решения представимые интегралом типа Коши.*

Пусть $\sup\limits_{-\infty<t<+\infty}\left|\frac{b_2(t)}{a_2(t)}\right|<1\left(\sup\limits_{-\infty<t<+\infty}\left|\frac{b_1(t)}{a_1(t)}\right|<1\right)$. *Тогда*

1) *при* $æ-q\geq 0$, $l=2æ$ *и* $p=0$;

2) *при* $æ - q < 0$, $l = 0$ *и* $p = 2|æ - q|$.

Необходимое и достаточное число условий разрешимости неоднородной задачи имеет следующий вид:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} (t-i)^{-n} Q[c(t)]dt = 0, \quad n = 1,2,\ldots,|æ - q|, \qquad (5)$$

где Q – линейный оператор.

Отсюда следует, что число решений задачи в классе функций, ограниченных на контуре, не изменяется от наличия нулей у коэффициентов задачи и уменьшается на суммарный порядок всех полюсов.

Литература

1. Гахов Ф. Д. Краевые задачи. М.: Наука. 1977. - 640 с.
2. Маркушевич А.И. Об одной граничной задаче аналитических функций //Учёные зап. Московского университета. Т.100. – 1946. - С.20 – 30.
3. Михайлов Л. Г. Новый класс особых интегральных уравнений и его применения к дифференциальным уравнениям с сингулярными коэффициентами // Душанбе. Из - во Дониш. 1963. 183 с.
4. Михайлов Л.Г. Точные теоремы о разрешимости задач сопряжения с производными //Сборник «Исследования по краевым задачам теории функций и дифференциальных уравнений» //Академии наук Таджикской ССР. Физико-технический институт, Душанбе. 1964. - С.7 – 26.
5. Усмонов Н. Сингулярные случаи общей граничной задачи линейного сопряжения //Мат. заметки. Якутск, 2001, т.8, выпуск 2, - с.104 –108.
6. Юханонов Н.Н. Общая граничная задача линейного сопряжения с разрывными коэффициентами и её исключительные случаи //Сборник аспирантских работ //ТГУ, серия естественных наук. Душанбе. «Ирфон». 1965. - С.112–120.
7. Кабиров А.Т. Сингулярные случаи общей граничной задачи линейного сопряжения на полуплоскости с коэффициентами из более общих классов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2017. – №1/3, – с.78 – 83.

МАСЪАЛАИ КАНОРИИ УМУМИИ ХАТТИИ ҲАМРОҲШУДА БАРОИ НИМҲАМВОРИЕ, КИ ДАР САРҲАД СИФРҲО ВА ҚУТБӢ НАМУДИ АНАЛИТИКӢ ДОРАД

Анотатсия. *Дар мақола масъалаи канонии умумии хаттии ҳамроҳшуда барои ҳамвории дар сарҳад сифрҳо ва қутбти намуди аналитикидошта омӯхта шудааст.*

Теоремае, ки миқдори ҳалҳои хаттии новобаста ва шарти ҳалшавандагии масъаларо муайян менамояд, исбот шудааст.

Муайян шудаст, ки миқдори ҳалҳои масъалаи мазкур дар синфи функсияҳое, ки дар контур маҳдуд мебошанд, аз нулҳои дар коэффисиентҳои масъала буда тағйир намеёбад ва ҳамаи қутбҳо бо тартиби умумӣ кам мешаванд.

Калидвожаҳо: *тири ҳақиқӣ, нимҳамворӣ, масъалаи канорӣ, қутб, сифр, функсияи аналитикӣ, оператори хаттӣ, интеграли намуди Коши, бисёраъзогии интерполятсионӣ, индекси масъала.*

Сведения об авторе: **Кабиров Абубакр Тиллоевич** - соискатель кафедры высшей математики. Таджикский государственный финансово-экономический университет. Kabirov@fit.tj. Телефон: 777 07 19 05.

УДК 517.55

СИНГУЛЯРНАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ЛИНЕЙНОГО СОПРЯЖЕНИЯ СО СДВИГОМ В ПАРАБОЛИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ

Усмонов Н., Шадманов М.У.

Таджикский государственный финансово - экономический университет

Аннотация. *В работе изучаются сингулярная краевая задача линейного сопряжения в параболическом случае. Основная цель настоящего исследования заключается в решении вопроса, как меняются, число линейного независимых решений и число условий разрешимости от наличий нулей и полюсов коэффициента.*

Ключевые слова: *аналитическая функция – функция сдвига – разрыв первого рода – интерполяционный полином.*

Пусть простой гладкий замкнутый контур - L, разграничивает плоскость комплексного переменного на внутреннюю область D^+ и внешнюю область D^-. А также, на контуре L заданы функции точек контура $a_1(t), b_1(t) \in \mathrm{H}(L)$ и $|a_1(t)| \equiv |b_1(t)|$, удовлетворяющие условие Гёльдера.

Найти две аналитические функции $\varphi^+[\alpha(t)]$ - в областях D^+ и D^-, включая бесконечно удалённую точку $z = \infty$, предельные значения которых на контуре удовлетворяют граничному условию:

$$\varphi^+[\alpha(t)] = \frac{\prod_{j=1}^{I}(t-\tau_j)^{d_j}}{\prod_{k=1}^{N}(t-\xi_n)^{s_n}} a_1(t)\varphi^-(t) + \frac{\prod_{j=1}^{I}(t-\tau_j)^{d_j}}{\prod_{k=1}^{N}(t-\xi_n)^{s_n}} b_1(t)\overline{\varphi^-(t)} + c(t), \quad (1)$$

где τ_j, ξ_n - некоторые различные точки контура; d_j, s_n - натуральные числа, $a_1(t), b_1(t) \in \mathrm{H}(L)$. Решение данной задачи проводится в классе функций, ограниченных, на контуре.

Предположим, что функция $c(t)$ в окрестности $t = \tau_j$ имеет производные порядка $d_j - 1$, которые удовлетворяют условию Гельдера. Построим интерполяционную многочлен $T(t)$ степени $d_j - 1$ так, чтобы он удовлетворял условиям:

$$c^{(u)}(t_j) = T^{(u)}(t_j) \quad (u = 0,1,2,...,d_j - 1;\ j = 0,1,2,...,J). \qquad (2)$$

При использования известного метода, мы получим две связанные задачи: полагая в краевом условии (1)

$$\varphi^-(z) = \prod_{n=1}^{N}(z-\xi_n)^{S_n} z^{-s}\varphi_1^-(z)$$

$$\overline{\varphi^-(z)} = \overline{\prod_{n=1}^{N}(z-\xi_n)^{S_n} z^{-s}\varphi_1^-(z)} = \prod_{n=1}^{N}(z-\xi_n)^{S_n}\,\overline{z^{-s}}\cdot\exp\left(-2i\sum_{n=1}^{N}\theta_n S_n\right)\overline{\varphi_1^-(z)} \quad ,$$

получим

$$\varphi^+[\alpha(t)] = \prod_{j=1}^{J}(t-\tau_j)^{d_j} t^{-s}a_1(t)\varphi_1^-(t) + \prod_{j=1}^{J}(t-\tau_j)^{d_j}\,\overline{t^{-s}}\times$$
$$\times\exp\left(-2i\sum_{n=1}^{N}\theta_n S_n\right)b_1(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c(t). \qquad (3)$$

При помощи равенства (2), краевое условие (3), можно записать в виде:

$$\varphi^+[\alpha(t)] - T(t) = \prod_{j=1}^{J}(t-\tau_j)^{d_j} t^{-s}a_1(t)\varphi_1^-(t) + \prod_{j=1}^{J}(t-\tau_j)^{d_j}\,\overline{t^{-s}}\times$$
$$\times\exp\left(-2i\sum_{n=1}^{N}\theta_n S_n\right)b_1(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c(t) - T(t). \qquad (4)$$

или

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = a_2(t)\varphi_1^-(t) + b_2(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c_1(t), \qquad (5)$$

где

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = \frac{\varphi^+[\alpha(t)] - T(t)}{\prod_{j=1}^{J}(t-\tau_j)^{d_j}},$$

$$a_2(t) = t^{-s}a_1(t), \quad b_2(t) = \overline{t^{-s}}\exp\left(-2i\sum_{n=1}^{N}\theta_n S_n\right)b_1(t).$$

При комплексной сопряжения, получим:

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = a_2(t)\varphi_1^-(t) + b_2(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c_1(t), \mid \overline{a_2}(t)$$
$$\overline{\varphi_1^+[\alpha(t)]} = \overline{a_2(t)}\,\overline{\varphi_1^-(t)} + \overline{b_2(t)}\varphi_1^-(t) + \overline{c_1(t)}, \mid b_2(t)$$
$$\overline{a_2(t)}\varphi_1^+[\alpha(t)] = \mid a_2(t)\mid \varphi_1^-(t) + \overline{a_2(t)}b_2(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + \overline{a_2}(t)c_1(t),$$
$$b_2(t)\overline{\varphi_1^+[\alpha(t)]} = \overline{a_2(t)}b_2(t)\varphi_1^-(t) + \mid b_2(t)\mid \varphi_1^-(t) + \overline{c_1}(t), b_2(t)$$
$$\overline{a_2}\varphi_1^+[t] = b_2(t)\overline{\varphi_1^-[\alpha(t)]} = a_2(t)c_1(t) - \overline{c_1}(t)b_2(t)$$

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = \frac{b_2(t)}{a_2(t)}\overline{\varphi_1^-[\alpha(t)]} + c_1(t) - \overline{c_1}\frac{b_2(t)}{a_2(t)} \qquad (6)$$

$$\overline{\varphi_1^+(t)} = \frac{a_2(t)}{b_2(t)}\varphi_1^-(t) + \frac{\varphi_1^+[\alpha(t)] - c_1(t)}{\overline{b_2}(t)}.$$

Отметим что здесь $\left|\dfrac{a_2(t)}{b_2(t)}\right| \equiv 1.$

Находя функцию φ^+ из равенства (6) и подставляя её в равенство (5), получим

внешнюю задачу.

Теорема.

Пусть в задаче (1)

$$|a_2(t)| \equiv |b_2(t)| \quad \left(a_2(t) = t^{-s} a_1(t),\ a_2(t) = \overline{t^{-s}} \exp\left(-2i \sum_{n=1}^{N} \theta_k s_k \right) b_1(t),\ \theta_k = \arg(t - \tau_k) \right),$$

$a_2(t), b_2(t), c_2(t)$ - *удовлетворяют условию Гельдера;*

$$\lambda = Ind_L a_2(t) + Ind_L b_2(t),\ \mu = Ind_L a_2(t) - Ind_L b_2(t),\ æ = \mathrm{Ind}_L a_2(t),\quad \lambda + \mu = 2æ,$$

где l - *число решений однородной задачи и* p - *число условий разрешимости неоднородной задачи.*

Тогда для решений в классе функций, ограниченных на бесконечности, получим следующие результаты:

при $\lambda < 0,\ \mu < 0,$ *получим* $l = 0,\quad p = 2|æ| - 2;$

при $\lambda < 0,\ \mu \geq 0,$ *получим* $l = \mu + 1,\ p = |\lambda| - 1;$

при $\lambda \geq 0,\ \mu \geq 0,$ *получим* $l = 2æ + 2,\ p = 0;$

при $\lambda \geq 0,\ \mu < 0,$ *получим*

а) $æ \geq -1,$ *тогда* $p = 0,\ l = 2(æ + 1),$

б) $æ < -1,$ *тогда* $l = 0,\ p = -2æ - 2.$

Замечание. *Если ищется решение задачи с* $\varphi^-(\infty) = 0,$ *то всюду нужно* μ *заменить на* $\mu - 1.$

Будем предполагать, что коэффициенты имеют нули или особенности нецелого порядка.

$$\varphi^+[\alpha(t)] = \frac{\prod_{r=1}^{J} |t - \tau_r|^{dr}}{\prod_{n=1}^{N} |t - \xi_n|^{S_n}} a_1(t) \varphi^-(t) + \frac{\prod_{r=1}^{J} |t - \tau_r|^{dr}}{\prod_{n=1}^{N} |t - \xi_n|^{S_n}} b_1(t) \overline{\varphi^-(t)} + c(t). \qquad (7)$$

Так как

$$\prod_{r=1}^{J} |t - \tau_r|^{dr} = \prod_{r=1}^{J} (t - \tau_r)^{dr} \exp\left(-i \sum_{r=1}^{J} \theta_r^{(1)} dr \right),$$

$$\prod_{n=1}^{N} |t - \xi_n|^{S_n} = \prod_{n=1}^{N} (t - \xi_n)^{S_n} \exp\left(-i \sum_{n=1}^{N} \theta_n^{(2)} S_n \right), \qquad (8)$$

где $\theta_r^{(1)} = arg(t - \tau_r),\ \theta_n^{(2)} = arg(t - \xi_n).$ Поэтому при помощью равенства (8) краевое условие (7), запишется в виде

$$\varphi^+[\alpha(t)] = \frac{\prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}}{\prod_{n=1}^{N}(t-\xi_n)^{q_n^{(2)}}} \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^{N}(t-\xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \times$$

$$\times \exp\left(i\sum_{n=1}^{N}\theta_n^{(2)} S_n - i\sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)} dr \right) \cdot a_1(t)\varphi^-(t) + \frac{\prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}}{\prod_{n=1}^{N}(t-\xi_n)^{q_n^{(2)}}} \times \qquad (9)$$

$$\times \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^{N}(t-\xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \exp\left(i\sum_{n=1}^{N}\theta_n^{(2)} S_n - i\sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)} dr \right) \times$$

$$\times b_1(t)\overline{\varphi^-(t)} + c(t)$$

Полагая в (9)

$$\varphi^-(z) = \prod_{n=1}^{N}(z-\xi_n)^{q_n^{(2)}} \cdot z^{-q_n^{(2)}} \varphi_1^-(z),$$

$$\overline{\varphi^-(z)} = \overline{\prod_{n=1}^{N}(z-\xi_n)^{q_n^{(2)}} \cdot z^{-q_n^{(2)}} \varphi_1^-(z)} = \prod_{n=1}^{N}(z-\xi_n)^{q_n^{(2)}} \cdot \overline{z^{-q_n^{(2)}}} \times$$

$$\times \exp\left(-2i\sum_{n=1}^{N}\theta_n^{(2)} q_2^{(2)} \right) \overline{\varphi_1^-(z)},$$

получим

$$\varphi^+[\alpha(t)] = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}} a_2(t)\varphi_1^-(t) + \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}} \times \qquad (10)$$

$$\times b_2(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c(t),$$

где

$$a_2(t) = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^{N}(t-\xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \exp\left(i\sum_{n=1}^{N}\theta_n^{(2)} S_n - i\sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)} dr \right) t^{-q_r^{(2)}} a_1(t)$$

$$b_2(t) = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{\zeta_r^{(1)}} \prod_{n=1}^{N}(t-\xi_n)^{-\zeta_n^{(2)}} \exp\left(i\sum_{n=1}^{N}\theta_n^{(2)} S_n - \sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)} dr \right) \exp\left(-2i\sum_{n=1}^{N}\theta_n^{(2)} q_n^{(2)} \overline{tq_n^{(2)}} b_1(t) \right).$$

Пусть функция $c(t)$ в точках $t = \tau_r$ была дифференцируема достаточное число раз. Запишем многочлен $T(t)$ так, чтобы он удовлетворял следующим условиям:

$$c^{(u)}(\tau_r) = T^{(u)}(\tau_r) \quad (u = 0,1,...,q_{r-1}^{(1)}, r = 0,1,...,J). \quad (11)$$

При помощи равенства (11), будем иметь:

$$\varphi^+[\alpha(t)] - T(t) = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}} a_2(t)\phi_1^-(t) + \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}} b_2(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c(t) - T(t).$$

Отсюда

$$\varphi_2^+[\alpha(t)] = a_2(t)\varphi_1^-(t) + b_2(t)\overline{\varphi_1^-(t)} + c(t).$$

где

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = \frac{\varphi^+[\alpha(t)]}{\prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}}.$$

Отметим, что функции $a_2(t)$ и $b_2(t)$ в точках $\tau_1,\tau_2,...,\tau_j$, $\xi_1,\xi_2,...,\xi_N$ имеют разрыв первого рода.

Введём новые функции

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}\varphi_2^{(+)}[\alpha(t)],$$

$$\varphi_1^-(z) = \prod_{k=1}^{J}\left(\frac{z-\tau_r}{z-z_0}\right)^{q_r^{(1)}}\varphi_r^{(1)}(z)$$

Имеем следующее равенство

$$\prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}\varphi_2^+[\alpha(t)] = \prod_{k=1}^{J}\left(\frac{t-\tau_r}{t-z_0}\right)^{q_r^{(1)}}a_2(t)\varphi_2^-(t) + \overline{\prod_{k=1}^{J}\left(\frac{t-\tau_r}{t-z_0}\right)^{q_r^{(1)}}}\,b_2(t)\overline{\varphi_2^-(t)} + c(t).$$

Очевидны следующие равенства

$$\overline{\prod_{k=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}} = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}\exp\left(-2i\sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)}q_r^{(1)}\right)$$

$$\overline{\prod_{r=1}^{J}(t-z_0)^{q_r^{(1)}}} = \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}\exp\left(-2i\sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)}q_r^{(1)}, \theta = arg(t-z_0)\right).$$

Перепишем краевое условие в виде:

$$\prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{q_r^{(1)}}\varphi_2^+[\alpha(t)] = \prod_{k=1}^{J}\left(\frac{t-z_0}{t-z_0}\right)^{q_r^{(1)}}a_2(t)\varphi_2^-(t) +$$

$$+\prod_{k=1}^{J}\left(\frac{t-\tau_0}{t-z_0}\right)^{q_r^{(1)}}\exp\left(2i\sum_{r=1}^{J}\theta_r q_r^{(1)} - 2i\sum_{r=1}^{J}\theta_r^{(1)}q_r^{(1)}\right)b_2(t)\overline{\varphi_2^-(t)} + c(t).$$

или обозначая

$$b_3(t) = \exp\left(2i\sum_{r=1}^{J}(\theta_r - \theta_r^{(1)})q_r^{(1)}\right)b_2(t),$$

имеем

$$\varphi_2^+[\alpha(t)] = \prod_{r=1}^{J}(t-z_0)^{-q_r^{(1)}}a_2(t)\varphi_2^-(t) + \prod_{r=1}^{J}(t-z_0)^{-q_r^{(1)}}b_3(t)\overline{\varphi_2^-(t)} + \prod_{r=1}^{J}(t-\tau_r)^{-q_r^{(1)}}c(t).$$

Итак, мы получили регулярную задачу со сдвигом, для неё справедлива вишеизложенная теорема.

Литература

1. Михайлов Л.Г. - Новый класс особых интегральных уравнения и его применения к дифференциальным уравнениям с сингулярными коэффициентами.// Изд-во АН Тадж. ССР, Душанбе, 1963, - с. 183.
2. Михайлов Л.Г. Усмонов Н. – Сингулярные случай общей граничной задачи линейного сопряжения. Доклады РАН, 2002, Т.387,№3, - с. 309-313.
2. Литвинчук Г.С. – Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со

сдвигом. Москва, 1977, - с. 448.

МАСЪАЛАИ ҲАМРОҲШУДАИ СИНГУЛЯРИИ ХАТТӢ ДАР ҲОЛАТИ ПАРАБОЛӢ

Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисоди Тоҷикистон

Аннотатсия. *Дар мақола масъалаи ҳамрохшудаи сингуляриии хаттӣ дар ҳолати параболии канорӣ дар контури суфтаи сарбаст бо коэффисиентҳои канишдор омӯхта мешавад. Масъалаи асосии тадқиқот аз он иборат аст, ки ҳангоми ҳалли масъалаи мазкур чӣ тавр ҳалли масъалаи якҷинса l ва шарти ҳалшавандагии масъалаи гайриякҷинса p аз шумораи сифрҳо ва қутбҳои функсия тағйир меёбанд.*

Каливоджахо: *функсияи аналитикӣ, каниши навъи якум, контури суфтаи сарбаст, қутб, бисёразогии интерполятсионӣ.*

SINGULAR BOUNDARY-VALUE PROBLEM OF LINEAR CONJUGATION WITH SHEAR IN THE PARABOLIC CASE

N. Usmonov, M.U. Shadmanov

Tajik State University of Finance and Economics

Annotation. *A singular boundary value problem of linear conjugation in the parabolic case is studied. The main goal of this study is to solve the question of how the number of linear independent solutions and the number of solvability conditions from the presence of zeros and poles of the coefficient change.*

Keywords: *analytic function - shift function - discontinuity of the first kind - interpolation polynomial.*

Сведения об авторах: **Усманов Нурулло** — д.ф-м.н., профессор кафедры математики Таджикского финансово-экономического университета.

Шадманов Мирали Уракбайевич - к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры высшей математики, Таджикский государственный финансово-экономический университет. Телефон: 777 07 18 65.

УДК 517.956

ОБ ОДНОЙ ПЕРЕОПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА С ОДНОЙ СИНГУЛЯРНОЙ ЛИНИЕЙ

Шоймкулов Б.М.

Таджикский национальный университет

Аннотация. *В настоящей работе исследована переопределённая система дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка с одной сингулярной линией с двумя неизвестными функциями. При выполнении условий совместности общее решение найдено в явном виде через одну произвольную постоянную. Используя полученные решения, поставлена задача с начальными данными (задачи типа Коши).*

Ключевые слова: *система дифференциальных уравнений, сингулярная линия, переопределенная система.*

Пусть D - треугольная область ограниченная отрезками $\Gamma_1 = \{0 < x < a_0, y = 0\}, \Gamma_2 = \{0 < x < a_0, y = x\}, \Gamma_1 = \{x = 0, 0 < y < a_0\}$.

В области D расмотрим переопределённую систему

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial x} = \dfrac{a_1(x,y)}{x-y}u + \dfrac{f_1(x,y)}{x-y}, \\ \dfrac{\partial u}{\partial y} = \dfrac{a_2(x,y)}{x-y}u + \dfrac{f_2(x,y)}{x-y}, \\ \dfrac{\partial v}{\partial y} = \dfrac{a_3(x,y)}{x-y}u + \dfrac{b(x,y)}{x-y}v + \dfrac{f_3(x,y)}{x-y}. \end{cases} \tag{1}$$

где, $a_i(x,y), b(x,y), f_i(x,y)(1 \le i \le 3)-$ известные функции, $u(x,y), v(x,y) \in C^2(D)$ неизвестные функции.

Для нахождения многообразия решений системы (1), считая основным второе уравнение, соответствующее однородное уравнение запищем в виде

$$\frac{\partial \ln u}{\partial y} = \frac{a_2(x,y)}{x-y} \tag{2}$$

Известно, что выражение $\dfrac{a_2(x,y)}{x-y}$ в окрестности точек линии $y = x$ неинтегрируемо, поэтому преобразуя это выражение к виду $\dfrac{a_2(x,y) - a_2(0,0)}{x-y} + \dfrac{a_2(0,0)}{x-y}$, проинтегрируем по переменной y

$$\ln u(x,y) = \int_0^y \frac{a_2(x,\tau) - a_2(0,0)}{x-\tau} d\tau - a_2(0,0)\ln(x-y) + \psi(x). \tag{3}$$

Отсюда

$$u(x,y) = \exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}\psi(x), \tag{4}$$

где, $\omega_1(x,y)=\int_0^y \frac{a_2(x,\tau)-a_2(0,0)}{x-\tau}d\tau$, $\psi(x)-$ произвольная непрерывно-дифференцируемая функция переменной x.

В равенстве (4) считая, что $\psi(x)-$зависит от переменной y, произведем дифференцирование:

$$\frac{\partial u}{\partial y}=\exp(\omega_1(x,y))\frac{a_2(x,y)-a_2(0,0)}{x-y}(x-y)^{-a_2(0,0)}\psi(x)+$$

$$+\exp(\omega_1(x,y))(-a_2(0,0))(x-y)^{-a_2(0,0)-1}(-1)\psi(x)+ \qquad (5)$$

$$+\exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}\psi'(x).$$

Подставляем во второе уравнение системы (1)

$$\frac{\partial u}{\partial y}=\exp(\omega_1(x,y))\frac{a_2(x,y)-a_2(0,0)}{x-y}(x-y)^{-a_2(0,0)}\psi(x)+$$

$$+\exp(\omega_1(x,y))(-a_2(0,0))(x-y)^{-a_2(0,0)-1}(-1)\psi(x)+$$

$$+\exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}\psi'(x)=$$
$$=\frac{a_2(x,y)}{x-y}\exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}\psi(x)+\frac{f_2(x,y)}{x-y}.$$

Для нахождения произвольной функции $\psi(x)$ получим дифференциальное уравнение

$$\psi'(x)=\frac{f_2(x,y)}{(x-y)^{1-a_2(0,0)}}\exp(-\omega_1(x,y)).$$

После интегрирования имеем

$$\psi(x)=\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\cdot\exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau+\psi_1(x) \qquad (6)$$

где, $\psi_1(x)$ - произвольная непрерывно-дифференцируемая функция переменной x.

Подставляя в (4) значение $\psi(x)$, находим общее решение второго уравнения системы (1) в виде

$$u(x,y)=\exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}[\psi_1(x)+$$
$$+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\cdot\exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau]. \qquad (7)$$

Пусть функции $a_2(x,y)$ и $f_2(x,y)$ удовлетворяют условиям:

1). Функция $a_2(x,y)$ в окрестности точек линии $y=x$ удовлетвояет условии типа Гельдера

$$\left|a_2(x,y)-a_2(0,0)\right| \le H_1[(x-y)^{\gamma_1}], H_1 = const > 0, \gamma_1 > 0, \tag{8}$$

2). Функция $f_2(x,y)$ в окрестности точек линии $y=x$ удовлетворяет асимптотической формуле

$$f_2(x,y) = o[(x-y)^{\gamma_2}], \gamma_2 > -a_2(0,0). \tag{9}$$

3). $a_2(0,0) < 0$.

Тогда интегралы в (7) сходятся.

В этом случае, равенство (7) дифференцируем по переменной x:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \exp(\omega_1(x,y))\frac{\partial \omega_1(x,y)}{\partial x}(x-y)^{-a_2(0,0)}[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau] - \exp(\omega_1(x,y))\frac{a_2(0,0)}{(x-y)^{a_2(0,0)}}[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau] + \exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}[\psi'(x)+$$

$$+\int_0^y \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\right)d\tau].$$

Значение $\frac{\partial u}{\partial x}$ подставляем в первое уравнение системы (1)

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \exp(\omega_1(x,y))\frac{\partial \omega_1(x,y)}{\partial x}(x-y)^{-a_2(0,0)}[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau] - \exp(\omega_1(x,y))\frac{a_2(0,0)}{(x-y)^{1+a_2(0,0)}}[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau] + \exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}[\psi'(x)+ \tag{10}$$

$$+\int_0^y \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\right)d\tau] = \frac{a_1(x,y)}{x-y}\frac{\exp(\omega_1(x,y))}{(x-y)^{a_2(0,0)}}[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau] + \frac{f_1(x,y)}{x-y}.$$

После сокращения на $\exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}$ получим

$$\psi'(x)=(\frac{a_1(x,y)}{x-y}-\frac{\partial\omega_1(x,y)}{\partial x}+\frac{a_2(0,0)}{x-y})[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau]+\frac{f_1(x,y)}{(x-y)^{1-a_2(0,0)}}\exp(-\omega_1(x,y))- \qquad (11)$$

$$-\int_0^y\frac{\partial}{\partial x}(\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}})d\tau.$$

Так как в равенстве (11) левая часть зависит от переменной x, а правая часть зависит от переменных x и y, поэтому

$$\frac{\partial}{\partial y}\{(\frac{a_1(x,y)}{x-y}-\frac{\partial\omega_1(x,y)}{\partial x}+\frac{a_2(0,0)}{x-y})[\psi_1(x)+$$

$$+\int_0^y\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau]+\frac{f_1(x,y)}{(x-y)^{1-a_2(0,0)}}\exp(-\omega_1(x,y))-$$

$$-\int_0^y\frac{\partial}{\partial x}(\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}})d\tau\}=0.$$

Отсюда получим условие

$$\frac{\partial}{\partial x}[\frac{f_2(x,y)\exp(-\omega_1(x,y))}{(x-y)^{1-a_2(0,0)}}]=\frac{\partial}{\partial y}\{(\frac{a_1(x,y)}{x-y}-\frac{\partial\omega_1(x,y)}{\partial x}+$$
$$+\frac{a_2(0,0)}{x-y})[\psi_1(x)+\int_0^y\frac{f_2(x,\tau)\exp(-\omega_1(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}d\tau]+ \qquad (12)$$
$$+\frac{f_1(x,y)}{(x-y)^{1-a_2(0,0)}}\exp(-\omega_1(x,y))\}.$$

Используя условие (12) для нахождения $\psi_1(x)$ получим дифференциальное уравнение

$$\frac{d\psi_1(x)}{dx}=(\frac{a_1(x,0)}{x}+\frac{a_2(0,0)}{x})\psi_1(x)+\frac{f_1(x,0)}{x^{1-a_2(0,0)}}. \qquad (13)$$

Однородное уравнение запишем в виде

$$\frac{d\ln\psi_1(x)}{dx}=\frac{a_1(x,0)}{x}+\frac{a_2(0,0)}{x}.$$

Интегрируя по переменной x

$$\ln \psi_1(x) = \int_0^x \frac{a_1(t,0) - a_1(0,0)}{t} dt + [a_1(0,0) + a_2(0,0)] \ln x + c$$

имеем

$$\psi_1(x) = \exp(\omega_2(x,0)) x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)} c, \tag{14}$$

где $\omega_2(x,0) = \int_0^x \frac{a_1(t,0) - a_1(0,0)}{t} dt$, c - произвольная постоянная.

Равенство (4) дифференцируем по переменной x

$$\frac{d\psi_1(x)}{dx} = \exp(\omega_2(x,0)) \frac{a_1(x,0) - a_1(0,0)}{x} x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)} c +$$

$$+ \exp(\omega_2(x,0))(a_1(0,0) + a_2(0,0)) x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)-1} c +$$

$$+ \exp(\omega_2(x,0)) x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)} c'.$$

Поставляем в (13) $\frac{d\psi_1(x)}{dx}$

$$\frac{d\psi_1(x)}{dx} = \exp(\omega_2(x,0)) \frac{a_1(x,0) - a_1(0,0)}{x} x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)} c +$$

$$+ \exp(\omega_2(x,0))(a_1(0,0) + a_2(0,0)) x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)-1} c +$$

$$+ \exp(\omega_2(x,0)) x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)} c' =$$

$$= \left(\frac{a_1(x,0)}{x} + \frac{a_2(0,0)}{x}\right) \exp(\omega_2(x,0)) x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)} c + \frac{f_1(x,0)}{x^{1-a_2(0,0)}}.$$

Отсюда для нахождения произвольной постянной получим дифференциальное уравнение

$$c' = \frac{f_1(x,0)}{x^{1+a_1(0,0)}} \exp(-\omega_2(x,0)). \tag{15}$$

Интегрируя

$$c = \int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}} \exp(-\omega_2(t,0)) dt + c_1. \tag{16}$$

Значение c подставляя в (14) получим

$$\psi_1(x) = \exp(\omega_2(x,0))x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}[c_1 + \int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}} \exp(-\omega_2(t,0))dt]. \quad (17)$$

Используя (17), функцию $u(x,y)$ находим в виде

$$u(x,y) = \exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}[\exp(\omega_2(x,0)) \cdot$$

$$\cdot x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}(c_1 + \int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}} \exp(-\omega_2(t,0))dt) + \quad (18)$$

$$+ \int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}} \cdot \exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau].$$

Пусть функции $a_1(x,y)$ и $f_1(x,y)$ удовлетворяют условиям:

1). Функция $a_1(x,0)$ в окрестности точки $x=0$ удовлетворяет условию типа Гельдера

$$|a_1(x,0) - a_1(0,0)| \le H_2(x^{\gamma_3}), H_2 = const > 0, \gamma_3 > 0, \quad (19)$$

2). Функция $f_1(x,0)$ в окрестности точек $x=0$ удовлетворяет асимптотической формуле

$$f_1(x,0) = o[(x)^{\gamma_4}], \gamma_4 > a_1(0,0). \quad (20)$$

3). $a_1(0,0) + a_2(0,0) > 0$.

Тогда интегралы равенства (18) сходятся.

Далее от функции $u(x,y)$ потребуем, чтобы она удовлетворяла третьему уравнению системы (1), для этого имеем

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \frac{b(x,y)}{x-y}v + \frac{f_3(x,y)}{x-y} + \frac{a_3(x,y)}{x-y}\{\exp(\omega_1(x,y)) \cdot$$

$$\cdot (x-y)^{-a_2(0,0)}[\exp(\omega_2(x,0)) \cdot x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}(c_1 + \quad (21)$$

$$+ \int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}} \exp(-\omega_2(t,0))dt) + \int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}} \cdot \exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau]\}.$$

Однородное уравнение имеет вид

$$\frac{\partial \ln v}{\partial y} = \frac{b(x,y)}{x-y}.$$

После интегрирования имеем

$$\ln v(x,y) = \int_0^y \frac{b(x,\tau) - b(0,0)}{x-\tau} d\tau - b(0,0)\ln(x-y) + \varphi(x).$$

Отсюда

$$v(x,y)=\exp(\omega_3(x,y))(x-y)^{-b(0,0)}\varphi(x), \tag{22}$$

где $\omega_3(x,y)=\int_0^y \frac{b(x,\tau)-b(0,0)}{x-\tau}d\tau$, $\varphi(x)$ - произвольная дифференцируемая функция переменной x.

Равенство (22) дифференцируем по переменной y

$$\frac{\partial v(x,y)}{\partial y}=\exp(\omega_3(x,y))\frac{b(x,y)-b(0,0)}{x-y}(x-y)^{-b(0,0)}\varphi(x)+$$

$$+\exp(\omega_3(x,y))b(0,0)(x-y)^{-b(0,0)-1}\varphi(x)+$$

$$+\exp(\omega_3(x,y))x^{-b(0,0)}\varphi'(x).$$

Подставляя в (21) имеем:

$$\exp(\omega_3(x,y))\frac{b(x,y)-b(0,0)}{x-y}(x-y)^{-b(0,0)}\varphi(x)+$$
$$+\exp(\omega_3(x,y))b(0,0)(x-y)^{-b(0,0)-1}\varphi(x)+$$
$$+\exp(\omega_3(x,y))(x-y)^{-b(0,0)}\varphi'(x)=$$
$$=\frac{b(x,y)}{x-y}\exp(\omega_3(x,y))(x-y)^{-b(0,0)}\varphi(x)+$$
$$+\frac{f_3(x,y)}{x-y}+\frac{a_3(x,y)}{x-y}\{\exp(\omega_1(x,y))\cdot$$

$$\cdot(x-y)^{-a_2(0,0)}[\exp(\omega_2(x,0))\cdot x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}(c_1+$$
$$+\int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}}\exp(-\omega_2(t,0))dt)+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\cdot\exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau]\}$$

После сокращения на выражение $\exp(\omega_3(x,y))x^{-b(0,0)}$ имеем

$$\varphi'(x)=\frac{f_3(x,y)}{(x-y)^{1-b(0,0)}}\exp(-\omega_3(x,y))+\frac{a_3(x,y)}{(x-y)^{1-b(0,0)}}\exp(-\omega_3(x,y))\cdot$$
$$\cdot\{\exp(\omega_1(x,y))(x-y)^{-a_2(0,0)}[\exp(\omega_2(x,0))\cdot x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}(c_1+ \tag{23}$$
$$+\int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}}\exp(-\omega_2(t,0))dt)+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\cdot\exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau]\}.$$

Интегрируя (23) функцию $\varphi(x)$ находим в виде

$$\varphi(x)=\int_0^y \frac{f_3(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-b(0,0)}}\exp(-\omega_3(x,\tau))d\tau+\int_0^y \frac{a_3(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-b(0,0)}}\exp(-\omega_3(x,\tau))\cdot$$

$$\cdot\{\exp(\omega_1(x,\tau))(x-\tau)^{-a_2(0,0)}[\exp(\omega_2(x,0))\cdot x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}(c_1+ \tag{24}$$

$$+\int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}}\exp(-\omega_2(t,0))dt)+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\cdot\exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau]\}d\tau.$$

Таким образом $v(x,y)$ имеет вид

$$\begin{aligned} v(x,y)&=\exp(\omega_3(x,y))(x-y)^{-b(0,0)}\varphi(x)\cdot\{\int_0^y \frac{f_3(x,\tau)\exp(-\omega_3(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-b(0,0)}}d\tau+\\ &+\int_0^y \frac{a_3(x,\tau)\exp(-\omega_3(x,\tau))}{(x-\tau)^{1-b(0,0)}}[\exp(\omega_1(x,\tau))(x-\tau)^{-a_2(0,0)}\cdot\\ &\cdot(\exp(\omega_2(x,0))x^{a_1(0,0)+a_2(0,0)}(c_1+\int_0^x \frac{f_1(t,0)}{t^{1+a_1(0,0)}}\exp(-\omega_2(t,0))dt)+\\ &+\int_0^y \frac{f_2(x,\tau)}{(x-\tau)^{1-a_2(0,0)}}\cdot\exp(-\omega_1(x,\tau))d\tau)]d\tau\}. \end{aligned} \tag{25}$$

Теорема. Пусть выполнены условия (8), (9), (12), (19), (20) и $a_2(0,0)<0$ при (4); $a_1(0,0)+a_2(0,0)>0$, при (14); $b(0,0)<0$ при (22), кроме того

$$\frac{\partial}{\partial x}[\frac{a_2(x,y)}{x-y}]=\frac{\partial}{\partial y}[\frac{a_1(x,y)}{x-y}], \tag{26}$$

$$\begin{aligned} &(x-y)^2\frac{\partial}{\partial x}[\frac{f_2(x,y)}{x-y}]+a_2(x,y)f_1(x,y)=\\ &=(x-y)^2\frac{\partial}{\partial y}[\frac{f_1(x,y)}{x-y}]+a_1(x,y)f_2(x,y). \end{aligned} \tag{27}$$

Тогда общее решение системы (1) представимо в виде (18) и (25), где $\varphi(x)$ *- произвольная функция,* c *- произвольная постоянная.*

Заметим, что при выполнении условии теоремы, решения в виде (18) и (25) в окрестности ограниченно.

В частности можем рассмотреть систему

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial x}=\dfrac{u}{x-y}, \\ \dfrac{\partial u}{\partial y}=-\dfrac{u}{x-y}, \\ \dfrac{\partial v}{\partial y}=\dfrac{u}{x-y}+\dfrac{v}{x-y}, \end{cases} \tag{28}$$

которая удовлетворяет условиям теоремы.

Однородное уравнение второе уравнение системы (28) запищем в виде

$$\frac{\partial \ln u}{\partial y} = -\frac{1}{x-y}.$$

Интегрируя по переменной y получим

$$u(x,y) = (x-y)\cdot\psi_1(x)\ , \tag{29}$$

где $\psi_1(x)$ - произвольная дифференцируемая функция переменной x.

Подставляя в (28), для нахождения $\psi_1(x)$ получим дифференциальное уоравнение

$$\psi'_1(x) = 0,$$

решение которого имеет вид:

$$\psi_1(x) = c. \tag{30}$$

Отсюда функцию $u(x,y)$ находим в виде

$$u(x,y) = (x-y)\cdot c. \tag{31}$$

Значение $u(x,y)$ подставляя в третую уравнению системы (28) имеем

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \frac{v}{x-y} + c \tag{32}$$

Однородное уравнение запищем в виде

$$\frac{\partial \ln v}{\partial y} = \frac{1}{x-y}.$$

Интегрируя по переменной y

$$\ln v = -\ln(x-y) + \varphi_1(x).$$

или

$$v(x,y) = \frac{\varphi_1(x)}{x-y}. \tag{33}$$

Дифференцируя (33) по переменной y после подставляя (32) находим

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\varphi'_1(x)(x-y)+\varphi_1(x)}{(x-y)^2} = \frac{\varphi_1(x)}{(x-y)^2} + c.$$

или

$$\varphi'_1(x) = c(x-y).$$

Тогда

$$\varphi_1(x) = \varphi(x) - \frac{c}{2}(x-y)^2. \tag{34}$$

Значение $\varphi_1(x)$ подставляя в (33) функцию $v(x,y)$ находим в явном виде

$$v(x,y)=\frac{1}{x-y}\cdot[\varphi(x)-\frac{c}{2}(x-y)^2]. \tag{35}$$

Таким образом, общее решение системы (28) найдено в явном виде (31) и (35), где c - произвольная постоянная, $\varphi(x)$ - произвольная функция переменной x.

Используя полученные решения поставлены и решены задачи с начальными данными (задачи типа Коши).

Задача А.

Найти общее решение системы (1) из класса функций $C^1(D)$ удовлетворяющее условиям:

$$\{u(x,y)(x-y)^{a_2(0,0)}x^{-[a_1(0,0)+a_2(0,0)]}\}\Big|_{\substack{x=0\\y=0}}=h, \tag{36}$$

$$\{v(x,y)\}\Big|_{y=0}=\xi(x), \tag{37}$$

где h - произвольная постоянная и $\xi(x)$ - произвольная функция.

Решение задачи А.

Используя общее решение системы (1) и условии задачи А, находим произвольную постоянную и $\xi(x)$ - произвольную функцию в виде $c_1=h$ ва $\varphi(x)=\xi(x)$.

Таким образом, для решения задачи А имеет место теорема:

Теорема: *Пусть коэффициенты системы (1) удовлетворяют условиям указанной теоремы и* h *- произвольная постоянная и* $\xi(x)$ *- произвольная функция.*

Тогда единственное решение задачи даётся по формулам (18) (25), где h *- произвольная постоянная и* $\xi(x)$ *- произвольная функция определяются по формулам (36) и (37).*

Литература

1. W.M.Seiler, Involution. The Formal Theory of Differential Equations and its Applications in Computer Algebra, Springer, 2010.
2. Wilczynski, E.J.Projective Differential Geometry of Curves and Ruled Surfaces [Текст] / E.J. Wilczynski. – Leipzig:B.G. Teubner, 1906. – 324 p.
3. Begehr, H. Transformations, transmutations and kernel functions – V.2. – Harlow: Longman, 1993. – 268p.
4. Пиров Р. Исследование некоторых нелинейных систем уравнений в частных производных второго порядка с одной неизвестной функцией на плоскости // Крайові задачі для диференціалних рівнянь. – Чернівці: Прут, 2006. – Вып. 14. – С. 313–320.

5. Шоймкулов Б.М. Интегральные представления многообразия решений некоторых переопределенных систем трех уравнений в частных производных второго порядка с сингулярными точками в полярных координатах // Дифференциальные и интегральные уравнения и их приложения (сборник научных статей), ТГПУ, вып.8, Душанбе-1999. - С.105-108.
6. Шоймкулов Б.М. Интегральные представление многообразия решений некоторых переопределенных систем трех уравнений в частных производных второго порядка с сингулярными точками на плоскости // Дифференциальные и интегральные уравнения и их приложения (сборник научных статей), ТГПУ, вып.8, Душанбе-1999. - С.109-111.
7. Шоймкулов Б.М. Интегральные представления многообразия решений некоторых переопределенных систем двух уравнений в частных производных второго порядка с сингулярными точками на плоскости // Дифференциальные и интегральные уравнения и их приложения (сборник научных статей), ТГПУ, вып.8, Душанбе-1999. - С.112-114.
8. Шоймкулов Б.М. Линейные неоднородные переопределенные системы трех уравнений в частных производных второго порядка с одной сингулярной точкой // Вестник Национального Университета, (серия естественных наук), №4(18), ТГНУ, Душанбе, «Сино»-2003. - С. 8-12.
9. Шоймкулов Б.М. Линейная переопределенная система второго порядка с одной сингулярной точкой // Вестник Национального Университета (серия естественных наук), №3(26), Душанбе, ТГНУ, «Сино» - 2005. - С.3-10.
10. Шоймкулов Б.М. О некоторых переопределенных системах дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с одной сверх - сингулярной линией в общем случае // Вестник Таджикского национального университета (серия естественных наук), ТНУ, №1/2. Душанбе – 2017. - С.46-52.
11. Шоймкулов Б.М. К теории переопределенных систем дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с одной сингулярной линией и двумя сверхсингулярными линиями // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, №3, Душанбе - 2018. - С.32-43.

ON ONE OVER DETERMINED SYSTEM OF FIRST-ORDER PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH ONE SINGULAR LINE

Shoimkulov B. M.
Tajik National University

Annotation. *In this paper, we study a redefined system of first-order partial differential equations with a single singular line with two unknown functions. When the compatibility conditions are met, the solution manifolds are found explicitly, in terms of one arbitrary constant y and one arbitrary function. Using the found solution, problems with initial data(Cauchy-type problems) are set and solved.*

Keywords: *arbitrary constant, arbitrary function, compatibility condition, first-order partial derivatives, redefined, singular line, asymptotic formulas.*

ОИД БА ЯК СИСТЕМАИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ФАРОМУАЙЯН БО ҲОСИЛАҲОИ ХУСУСИИ ТАРТИБИ ЯКУМ ВА БО ЯК ХАТТИ СИНГУЛЯРӢ

Шоймкулов Б. М.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Аннотатсия. *Дар мақолаи мазкур системаи муодилаҳои дифференсиалии барзиёдмуайяншуда бо ҳосилаҳои хусусии тартиби якум бо як хати сингулярӣ бо ду функсияи ноъмалум омӯхта шуда, ки ҳангоми иҷро шудани шартҳои ҳамҷоягӣ ҳалли умумии ин система дар намуди ошкор ёфта шудааст, ки ҳалли ёфта шуда як доимии ихтиёри ва як функсияи ихтиёриро дарбар мегирад. Ҳалли умумии ёфташударо истифода бурда масъалаи шартҳои аввала (масъалаи намуди Коши) гузошта ҳал карда шудааст.*

Калидвожаҳо: *шарти ҳамҷоягӣ, ҳосилаҳои хусусии тартиби якум, фаромуайян, хати сингулярӣ, формулаҳои асимптотӣ.*

Сведения об авторе. **Б.М. Шоймкулов** – доцент кафедры математического анализа и теории функций ТНУ. Телефон: (+992) 919-43-11-84. E-mail: boitura@mail.ru

УДК 54.544.3

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПРОЦЕССА СЕРНОКИСЛОТНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ

Курбонов Ш.А.[1], Самихов Ш.Р.[2], Обидов Б.А.[2], Сафаров С.Ш.[1]
***Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ*[1]**
***Таджикский национальный университет*[2]**

Аннотация. *В работе приведены результаты лабораторных исследований и расчёта значений термодинамических функций процесса сернокислотного разложения фосфоритного концентрата месторождения Риват. Установлен минералогический состав концентрата рентгенофазовым анализом. Показано, что основной составной частью концентрата является карбонат – фторапатит.*

Ключевые слова: *фосфоритный концентрат, рентгенофазовый анализ, минеральный состав, сернокислотное разложение, удобрение, термодинамическая вероятность, метод Темкина-Шварцмана.*

Фосфатное сырье является основой развития промышленности фосфорных, сложных удобрений и фосфорсодержащих продуктов, играющих важную роль в народном хозяйстве, являясь сырьевой базой для получения минеральных удобрений – главного источника повышения эффективности сельского хозяйства в конечном итоге экономики страны.

Данное исследование посвящено изучению процесса сернокислотного разложения фосфоритного концентрата месторождения Риват [1, 2]. В качестве объекта исследований был использован концентрат, полученный методом флотационного обогащения. Содержание оксида фосфора в концентрате составляет 26%. Результаты рентгенофазового анализа концентрата на приборе ДРОН-3 указывают на наличие минерала карбонат-фторапатита ($Ca_{9.55}(PO_4)_{4.96}F_{1.96}(CO_3)_{1.283}$. В виде примесных минералов также присутствуют: кварц (SiO_2), гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), бассанит ($CaSO_4 \cdot 0.67H_2O$) и кальцит ($CaCO_3$), что подтверждается основными базальными рефлексами на рентгенограммах (рисунок 1).

В основе процесса сернокислотного разложения концентрата лежат следующие реакции:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2H_3(PO_4)_2 + 3CaSO_4 \quad (1.1)$$

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3(PO_4)_2 + 3H_2O \rightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \quad (1.2)$$

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2\uparrow + H_2O \quad (1.3)$$

$$CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2HF \quad (1.4)$$

$$4HF + SiO_2 \rightarrow 2H_2O + SiF_4 \quad (1.5)$$

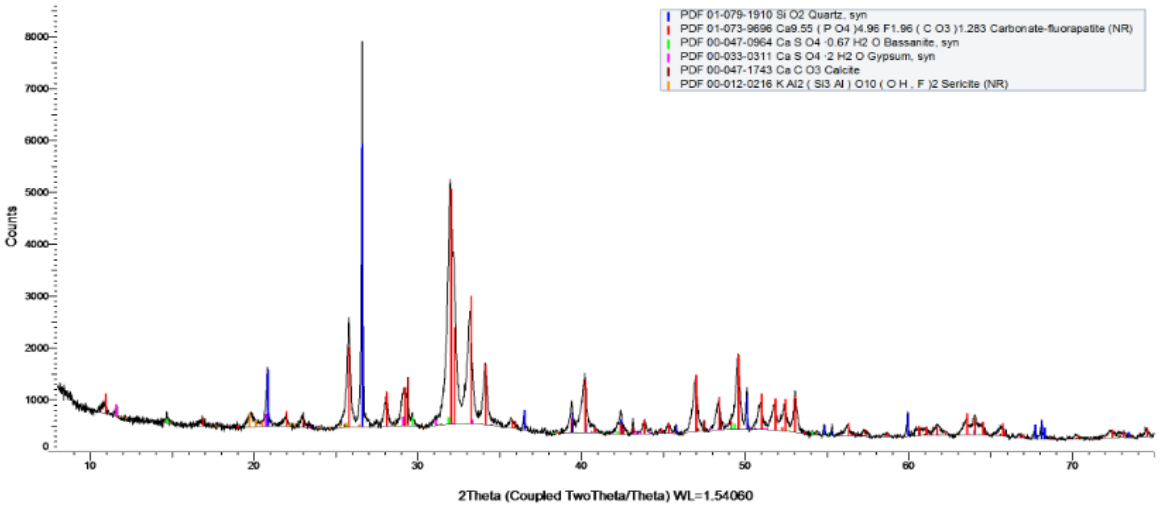


Рисунок 1. Дифрактограмма концентрата руды месторождения Риват

Для определения возможности протекания представленных реакций был проведен расчёт термодинамических функций процесса сернокислотного разложения концентрата. В таблице 1 приведены исходные значения термодинамических функций для компонентов, участвующих в реакциях (1.1-1.5) [3].

Таблица 1. Значения термодинамических функций исходных веществ и продуктов реакции

Вещество	$-\Delta H_f°$, Дж/моль	$\Delta S_f°$, Дж/(моль·К)	$C_p = f(T)$		
			a	$b \cdot 10^3$	$c' \cdot 10^{-5}$
$Ca_3(PO_4)_2$	4125000	240.9	201.8	166	-20.92
H_2SO_4	811300	156.90	-	-	-
$H_3(PO_4)_2$	1271940	200.83	-	-	-
$CaSO_4$	1424000	106.7	70.21	98.74	-
H_2O	285840	69.96	-	-	-
$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	3418000	259.8	-	-	-
$CaCO_3$	1206830	91.71	104.52	21.92	-25.94
CO_2	393510	213.66	44.14	9.04	-8.54
CaF_2	1214000	68.87	59.83	30.46	1.96
HF	268610	173.51	27.7	2.93	-
SiO_2	859300	42.09	46.94	34.31	-11.3
SiF_4	1548000	281.6	91.46	13.26	-19.66

Результаты расчёта термодинамических функций для процесса серно-кислотного разложения фосфоритного концентрата приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения термодинамических функций

1. $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2H_3(PO_4)_2 + 3CaSO_4$				
T, K	298	323	343	363
$-\Delta H_r$, Дж/моль	256980	255205.07	253783.54	252351.96
ΔS_r, Дж/(моль·K)	10.16	15.88	20.15	24.21
$-\Delta G_r$, кДж	260.01	260.33	260.69	261.14
$\ln K_p$	104.99	96.99	91.46	86.57
K_p	$3.97 \cdot 10^{45}$	$1.33 \cdot 10^{42}$	$5.26 \cdot 10^{39}$	$3.95 \cdot 10^{37}$
2. $Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3(PO_4)_2 + 3H_2O \rightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$				
T, K	298	323	343	363
$-\Delta H_r$, Дж/моль	183720	189510.22	194274.13	199146.05
ΔS_r, Дж/(моль·K)	- 474.7	- 493.35	- 507.66	-521.47
$-\Delta G_r$, кДж	42.26	30.16	20.15	9.85
$\ln K_p$	17.065	11.2352	7.07	3.27
K_p	$2.5 \cdot 10^{7}$	$7.57 \cdot 10^{4}$	$1.18 \cdot 10^{3}$	$2.63 \cdot 10^{1}$
3. $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$				
T, K	298	323	343	363
$-\Delta H_r$, Дж/моль	85220	83855.83	82773.29	81691.02
ΔS_r, Дж/(моль·K)	141.71	146.11	149.36	152.42
$-\Delta G_r$, кДж	127.45	131.05	134.00	137.02
$\ln K_p$	51.47	48.83	47.02	45.43
K_p	$2.25 \cdot 10^{22}$	$1.61 \cdot 10^{21}$	$2.63 \cdot 10^{20}$	$5.37 \cdot 10^{19}$
4. $CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2HF$				
T, K	298	323	343	363
$-\Delta H_r$, Дж/моль	-64080	-66249.10	-68023.09	-69830.64
ΔS_r, Дж/(моль·K)	227.95	234.94	240.27	245.88
$-\Delta G_r$, кДж	3.85	9.64	14.39	19.25
$\ln K_p$	1.55	3.59	5.05	6.38
K_p	4.71	36.23	156.02	589.93
5. $4HF+SiO_2 \rightarrow 2H_2O + SiF_4$				
T, K	298	323	343	363
$-\Delta H_r$, Дж/моль	185940	188068.51	189763.28	191454.52
ΔS_r, Дж/(моль·K)	-315.15	-322.01	-327.09	-331.89
$-\Delta G_r$, кДж	92.03	84.06	77.57	70.99
$\ln K_p$	37.16	31.32	27.21	23.53
K_p	$1.37 \cdot 10^{16}$	$4 \cdot 10^{13}$	$6.56 \cdot 10^{11}$	$1.66 \cdot 10^{10}$

Согласно термодинамическим расчётам, проведенным с использованием метода Темкина-Шварцмана [4], все компоненты взаимодействуют с H_2SO_4 уже при комнатной температуре. В результате взаимодействия компонентов концентрата с серной кислотой сначала образуется свободная фосфорная

кислота и другие побочные продукты, после этого происходит разложение фосфата накопившейся фосфорной кислотой, что способствует образованию целевого продукта.

Как показывают проведенные расчёты, все реакции протекают необратимо. Оптимальная температура проведения процесса является 298 К. В совокупности процесс сернокислотного разложения концентрата, является экзотермическим.

Процесс взаимодействия компонентов концентрата с серной кислотой является самопроизвольным (рис. 2 и 3), но при этом повышение температуры по-разному действует на отдельные реакции. С повышением температуры, первая стадия – взаимодействие серной кислоты с фосфатом кальция, энергия Гиббса уменьшается незначительно, но при этом энергия Гиббса второй стадии – взаимодействие ортофосфорной кислоты с фосфатом кальция увеличивается. Увеличение температуры также благоприятно действует на побочные реакции (первая и вторая реакции), что увеличивает полноту разложения этих компонентов. С другой стороны, увеличение температуры неблагоприятно действует на процесс сернокислотного разложения в целом.

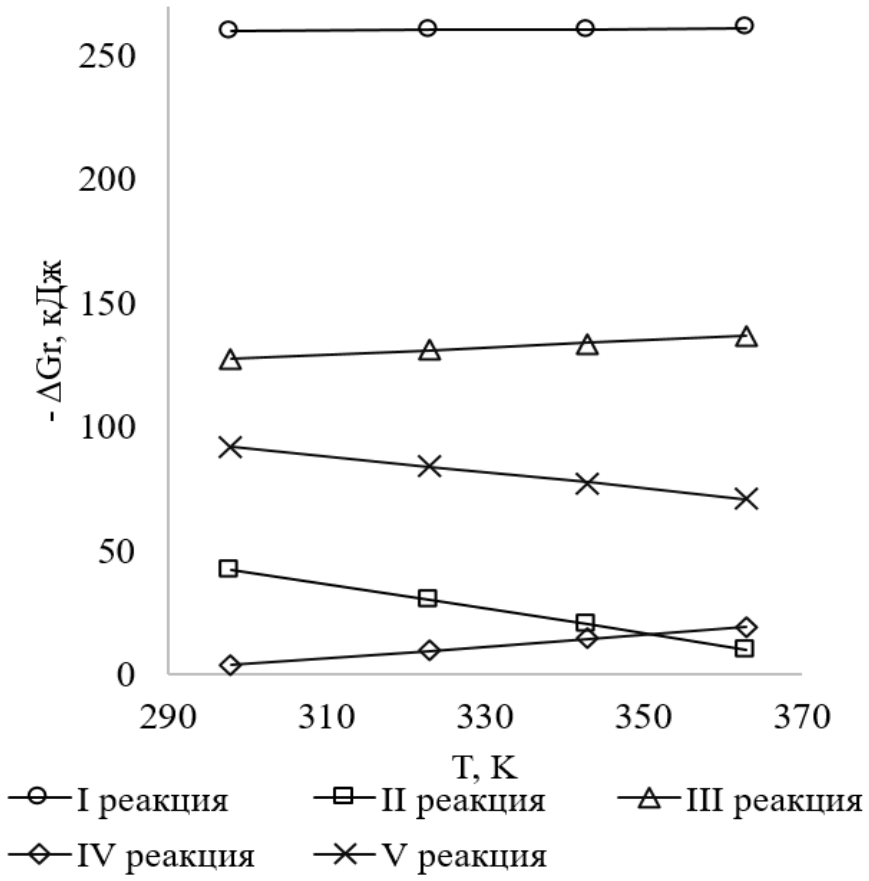


Рисунок 2. Зависимость энергии Гиббса от температуры

Таким образом, согласно термодинамическому расчёту, разложение компонентов концентрата серной кислотой протекает самопроизвольно без предварительных термических или химических активаций.

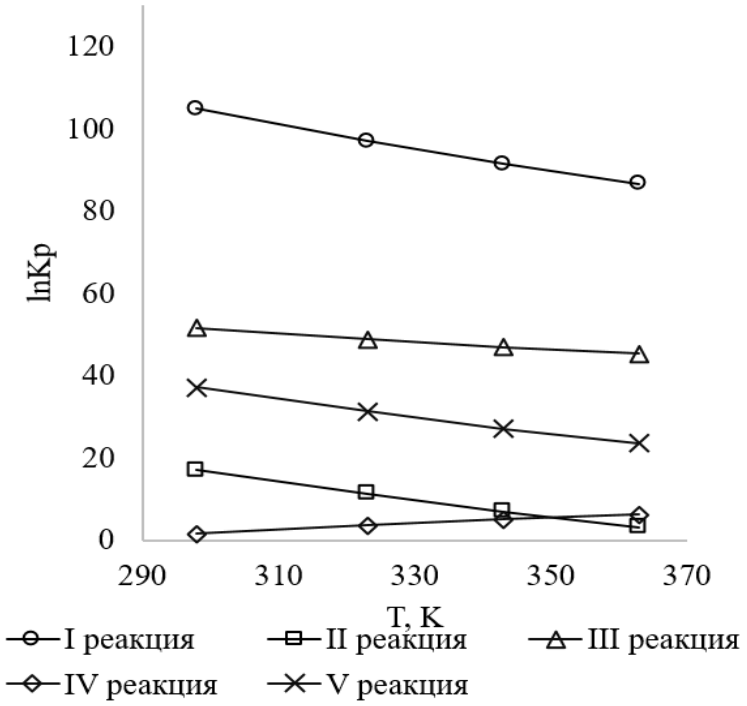


Рисунок 3. Зависимость константы равновесия от температуры

Для подтверждения проведенных термодинамических расчётов было проведено экспериментальное исследование по влиянию температуры на процесс сернокислотного разложения и количества оставшего оксида фосфора (V) в интервале 298-343 K. Как показывают расчёты, с увеличением температуры от 323 K до 343 K, содержание оставшего оксида фосфора (V) в фильтре после сернокислотного разложения уменьшается от 9.74 % до 5.84%. При температуре 298 K этот показатель составляет 3.80%, что также свидетельствует о нецелесообразности проведения процесса при более высоких температурах.

Таким образом, определен минералогический состав концентрата фосфоритовой муки с применением рентгенофазового анализа. Проведен расчёт термодинамических функций процесса сернокислотного разложения фосфоритовой муки. Установлено, что повышение температуры не является целесообразным, т.к. все реакции при нормальных условиях, протекают самопроизвольно.

Литература

1. Тошов Ф.М. Кислотное разложение природных фосфоритов с получением фосфорных удобрений / Ф.М.Тошов, Ш.Р.Самихов, С.А.Алифшоева, Ш.А.

Курбонов // Вестник ТТУ. Серия Инженерные исследования. – 2019. - №3 (47). - С. 91-95.
2. Самихов Ш.Р. Изучение обогащения фосфатной руды месторождения Риват. Ш.Р.Самихов, З.А.Зинченко, Ш.А.Курбонов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2018. - Т.61. - № 2. - С. 190-193.
3. Термические константы веществ. Выпуск 4. Часть 1 / Под ред. В.П. Глушко. – М.: «ВИНИТИ», 1970. – 510 с.
4. Надточий А.А. Термодинамическое моделирование в сложных оксидных системах, эквивалентных фосфоритовым рудам / А.А.Надточий, Н.М.Великонская, Е.Д.Карягин // Modern problems of Metallurgy. – 2018. - № 21. - С. 36-42.

ОМӮЗИШИ ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ РАВАНДИ ТАҶЗИЯИ ОРДИ ФОСФОРДОР

Қурбонов Ш.А.[1], Самиҳов Ш.Р.[2], Обидов Б.А.[2], Сафаров С.Ш.[1]
Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон[1]
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон[2]

Аннотатсия. *Натиҷаҳои таҳқиқоти лабораторӣ ва ҳисоби қиматҳои функсияҳои термодинамикии раванди таҷзияи консентрати фосфордори кони Риват бо кислотаи сулфат оварда шудааст. Таркиби минералогии консентрат бо таҳлили рентгенофазовӣ муайян карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки қисми асосии таркиби консентрат аз карбонат-фторапатит иборат мебошад.*
Калидвожаҳо: *консентрати фосфордор, таҳлили рентгенофазавӣ, таркиби минерологӣ, таҷзия бо кислотаи сулфат, нурӣ, эҳтимолияти термодинамакии усули Темкин-Шварсман.*

STUDY OF THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF THE PROCESS OF SULFURIC ACID DECOMPOSITION OF PHOSPHORITE FLOUR

Kurbonov S.A.[1], Samikhov S.R.[2], Obibov B.A.[2], Safarov S.S.[1]
Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin National Tajikistan[1]
Tajik National University[2]

Annotation. *The results of laboratory studies and calculation of the values of thermodynamic functions of the process of sulfuric acid decomposition of the Rivath phosphorite concentrate are given. The mineralogic composition of the concentrate by X-ray analysis has been established. It is shown that the main component of the concentrate is carbonate - fluorapatitis.*
Keywords: *phosphorite concentrate, X-ray analysis, mineral composition, sulfuric acid decomposition, fertilizer, thermodynamic probability, Temkin-Schwarzman method.*

***Сведения об авторах*.** **Курбонов Шодком Ахмадбоевич** – старший научный сотрудник лаборатории обогащении руд Института химии имени В.И. Никитина НАНТ. E-mail: Shodkom__1990@mail.ru**.**
Самихов Шонавруз Рахимович – д.т.н., профессор кафедры технологии химического производства Таджикского национального университета. E-mail: samikhov72@mail.ru.
Обидов Бехзод Аминович – докторант Ph.D Таджикский национальный университет. E-mail: Behzod_0699@mail.ru.

Сафаров Сайфидин Шахобидинович – к.х.н., заведующий лабораторией обогащения руд Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. E-mail: cafi@mail.ru.

УДК 54.056

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОКЛАВНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ИЗ КОНЦЕНТРАТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИККИЖЕЛОН

Махмудов Х.А.[1], Самихов Ш.Р.[2]
Горно-металлургический институт Таджикистана[1]
Таджикский национальный университет[2]

Аннотация. *На основании опытных данных, разработана математическая модель процесса тиокарбамидного выщелачивания золота из кека автоклавного окисления. Показано, что, указанная математическая модель адекватно описывает закономерность изменения степени извлечения золота и серебра из кека автоклавного окисления в зависимости от продолжительности и температуры процесса, а также от расхода тиокарбамида на базе универсальной регрессионной модели.*
Ключевые слова: *автоклавные процессы, золотосодержащий концентрат, месторождение, математическая модель, регрессия, степень извлечения.*

Одним из перспективных методов вскрытия ассоциированного с сульфидами тонкодисперсного золота является метод автоклавного окислительного выщелачивания. Основой метода является способность сульфидов разлагаться под действием кислорода при повышенной температуре и давлении, превосходящем упругость пара раствора [1, 2].

Автоклавному выщелачиванию подвергали флотоконцентрат исходной крупности 90 % - 0.074 мм. Опыты по автоклавному окислению проводили на концентрате, полученном в процессе флотационного обогащения руды месторождения Иккижелон (Согдийская обл., Таджикистан) с содержанием золота 47 г/т.

Первая серия опытов была поставлена в следующих условиях: исходная концентрация серной кислоты 15 г/л, соотношение Ж:Т = 3:1, при температуре проведения процесса 180, 200 и 220^{o}С, продолжительность процесса от 1 до 3 часов и давление кислорода 1.8 – 3.0 Мпа, соответственно, с различной продолжительностью процесса. Продукты автоклавного окисления подвергали тиомочевинному выщелачиванию при условии: навеска концентрата 50 г, соотношение Ж:Т = 3:1, температура проведения процесса 20^{0}С с содержанием в нём Au - 49 г/т, Ag - 320 г/т и Cu и 0.4 % [3, 4].

В данной работе предпринята попытка на основании опытных данных представить математическую модель процесса тиомочевинного выщелачивания флотационного концентрата месторождения Иккижелон.

Актуальным является вопрос исследования зависимости степени извлечения золота и серебра ε от различных факторов для оптимизации процесса тиокарбамидного выщелачивания. В данной работе приведены результаты обработки фактических значений извлечения золота и серебра в процессе тиокарбамидного выщелачивания из концентрата в зависимости от продолжительности и температуры процесса, а также от расхода тиокарбамида в растворе $CS(NH_2)_2$ на базе универсальной регрессионной модели, согласно которой, степень извлечения ε можно описать следующим образом [5]:

$\varepsilon = D * Y = D * \int_0^t \frac{1}{\Gamma(n+1)} (\frac{t}{\tau})^n e^{\frac{t}{\tau}}$ dt =D*ГАММАРАСП(t/τ; n; 1; 1) ;

Здесь:

$Y = \int_0^t \frac{1}{\Gamma(n+1)} (\frac{t}{\tau})^n e^{\frac{t}{\tau}}$ - интегральная функция распределения Эрланга;

$\Gamma(n+1) = \frac{1}{\tau} \int_0^{\infty} (\frac{t}{\tau})^n e^{-\frac{t}{\tau}} dt$ - Гамма-функция Эйлера;

ГАММАРАСП (t/τ; n; 1; 1) – неполное Гамма – распределение в интерпретации Microsoft Office Excel;

n – порядок процесса;

τ - постоянная, указывающая на состояние процесса;

t= 1, 2, 3, ……, k - натуральный ряд количества данных;

D – виртуальный потенциал системы в единицах измерения исследуемого параметра, в частности, при исследовании степени извлечения полезного компонента ε, это в %. В табл. 1– 2 и на рис. 1 – 3 приведены результаты обработки фактических данных с помощью приведенной математической модели.

Таблица 1. Степень извлечения золота и серебра из концентрата ε (%), в зависимости от продолжительности выщелачивания τ (час.).

τ, ч	pH кон.	Загрузка реагентов, г/дм^3			Концентрация в растворе, мг/дм^3		Степень извлечения, ε, %			
		$CS(NH_2)_2$	$Fe_2(SO_4)_3$	H_2SO_4	Au	Ag	Au,		Ag	
							Факт	Расч.	Факт	Расч.
2	1.3	16	8	14	10.829	61.440	66.3	66.3	57.6	57.6
4	1.4				12.920	74.987	79.1	77.9	70.3	69.2
6	1.2				14.733	84.373	90.2	87.5	79.1	78.9

8	1.2				14.440	85.760	88.4	90.5	80.4	81.0
10	1.3				14,.37	85.547	89.0	91.2	80.2	81.3
Суммы							413	413.4	367.6	368

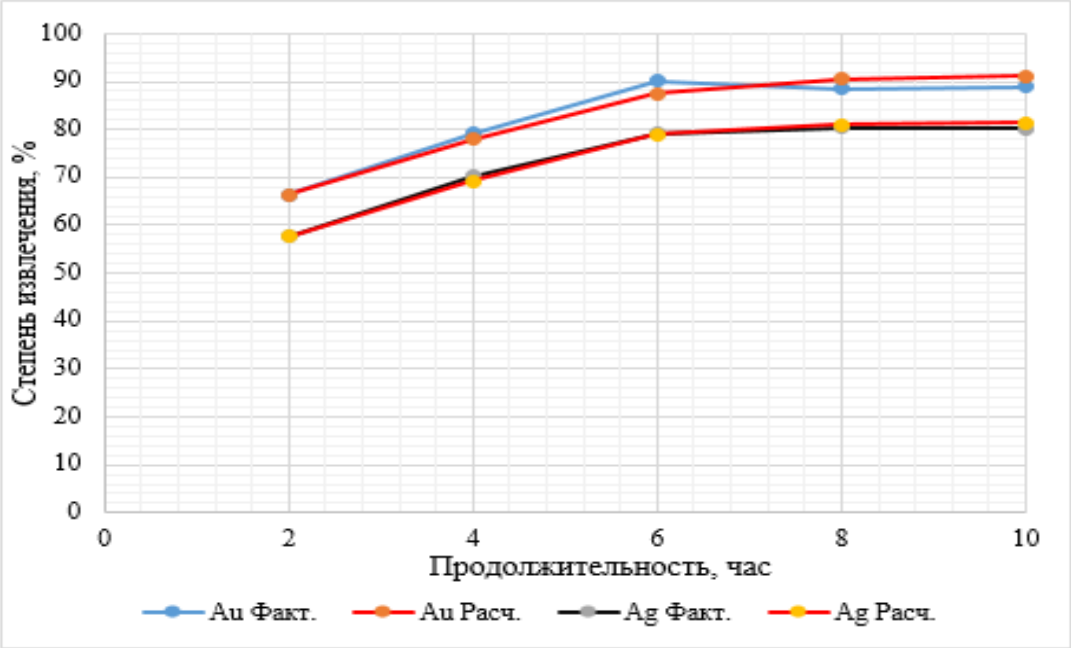


Рисунок 1. Зависимость степени извлечения золота и серебра от продолжительности выщелачивания.

Формула расчёта:

ГАММАРАСП(t/T;n;1;1)*D=ГАММАРАСП(t/0.36; 2.08;.1;.1)*20.5

Относительная ошибка 1.05 %

Таблица 2. Зависимость растворения золота и серебра от расхода тиокарбамида в растворе $CS(NH_2)_2$

№ опыта	τ, ч	pH кон.	Загрузка реагентов, г/дм^3			Концентрация в растворе, мг/дм^3		Степень извлечения, %			
			$CS(NH_2)_2$	$Fe_2(SO_4)_3$	H_2SO_4	Au	Ag	Au,		Ag	
								Факт	Расч.	Факт	Расч.
1	6	1.8	8	8	14	12.136	63.573	74,3	74.3	59.6	59.6
2		1.5	12			13.998	71.893	85,7	81.0	67.4	66.6
3		1.3	16			14.569	82.773	89,2	89.0	77.6	75.0
4		1.2	20			14.488	82.133	88,7	91.7	77.0	79.6
5		1.6	24			14.618	85.547	89.5	92.3	80.2	81.4
Суммы								427.4	428.2	361.8	362.3

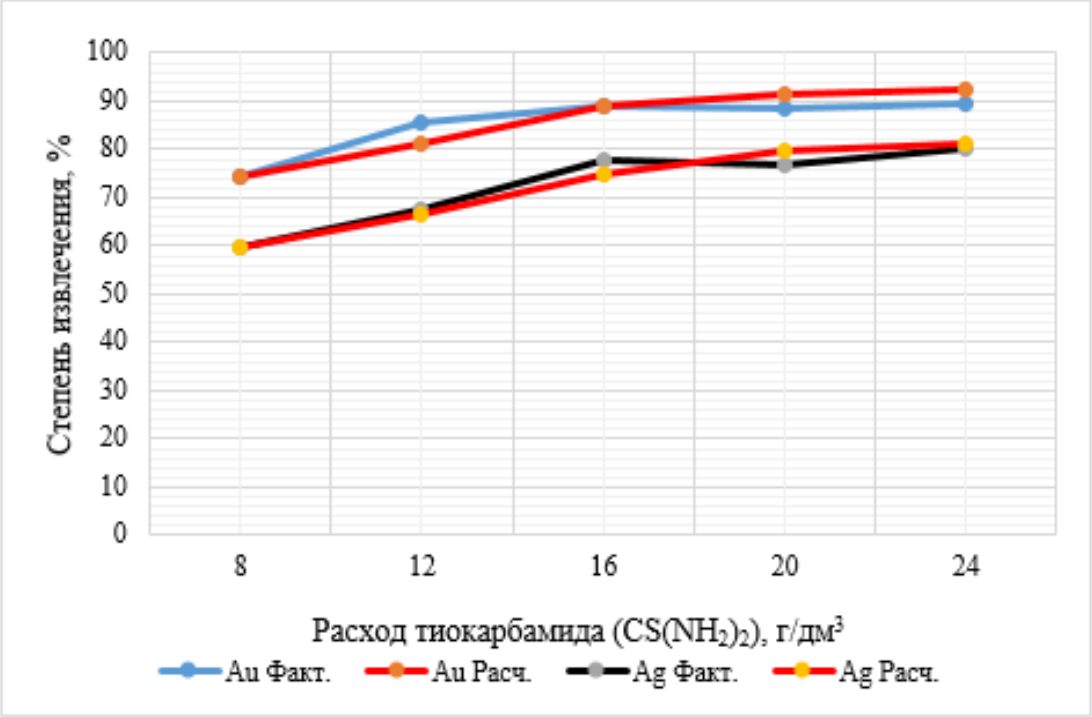


Рисунок 2. Зависимость извлечения золота и серебра от расхода тиокарбамида

Формула расчета:

ГАММАРАСП(t/T;n;1;1)*D=ГАММАРАСП(t/0,5;1,62;1;1)*12.2

Относительная ошибка 3.35 %

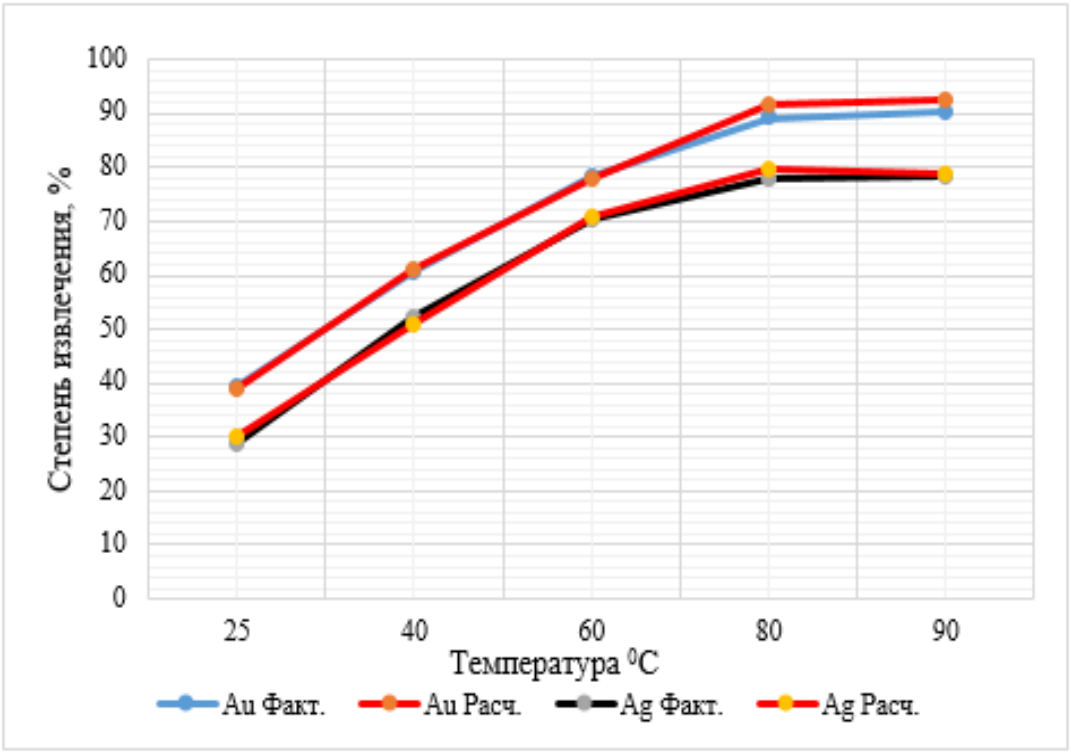


Рисунок 3. Зависимость степени извлечения золота ε (%) от температуры t (^{0}C)

Формула расчёта:

ε =ГАММАРАСП(t/τ;n;1;1)*D=ГАММАРАСП(t/0.49; 1.5; 1;1)*24.8

Относительная ошибка 2.33 %

Выводы

Таким образом, предложена математическая модель для описания процесса тиокарбамидного выщелачивания золота и серебра из концентрата в зависимости от продолжительности и температуры процесса, а также от расхода тиокарбамида в растворе $CS(NH_2)_2$ на базе универсальной регрессионной модели. Показано, что, указанная математическая модель адекватно описывает закономерность изменения степени извлечения золота и серебра из кека автоклавного окисления в зависимости от продолжительности и температуры процесса, а также от расхода тиокарбамида в растворе $CS(NH_2)_2$.

Литература

1. Самихов Ш.Р. Автоклавные процессы переработки упорных золотосодержащих концентратов / Ш.Р. Самихов, Х.А. Махмудов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2019. – Т.61. - № 6. - С. 578-582.
2. Лапин А.Ю. Автоклавно-гидрометаллургическая переработка упорных золотосодержащих сульфидных материалов при пониженных температурах / А.Ю. Лапин, Г.А. Битков, Я.М. Шнеерсон // Цветные металлы. – 2011. - № 12. - С. 39-44.
3. Самихов Ш.Р. Разработка технологии тиомочевинного выщелачивания золота и серебра из концентратов месторождения Чоре / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, О.М. Бобомуродов // Цветные металлы. – 2014. - № 2. - С. 62-66.
4. Самихов Ш.Р. Способ извлечения золота из сульфидного флотоконцентрата / Ш.Р. Самихов, Х.А. Махмудов / Малый патент Республики Таджикистан // № TJ 955. № 1801209; заявл. 02.07.18; опубл. 19.11.2018 г.
5. Махмудов Х.А. Математическая модель процесса автоклавного выщелачивания золота и серебра из концентрата в зависимости от различных факторов / Х.А. Махмудов, Ш.Р. Самихов**,** С. Султонов // Материалы международной научно- практической конференции “Проблемы разработки месторождения полезных ископаемых”. г. Бустон, 30 мая 2019 г. - С. 45-47.

АМСИЛАСОЗИИ РАВАНДИ ИШҚОРОНИИ АВТОКЛАВИИ ТИЛЛО ВА НУҚРА АЗ КОНСЕНТРАТИ КОНИ ИККИҶЕЛОН

Маҳмудов Х.А.[1], Самиҳов Ш.Р.[2]

Донишкадаи кӯҳӣ-металлургии Тоҷикистон[1]

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон[2]

Аннотатсия. *Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ, амсиласозии математикии раванди ишқорониитиокарбамидии тилло аз кеки оксидкунии автоклавӣ коркард шудааст. Инчунин маълумот дар бораи амсиласозии математикии нишондодашуда ба қадри кофӣ қонуниятҳои тағйирёбии дараҷаи ҷудошавии тилло ва нуқра аз кеки оксидкунии автоклавӣ*

дар вобастагӣ аз давомнокӣ ва ҳарорати раванд, инчунин аз харољоти тиокарбамид дар базаи универсалии модели регрессионӣ таҳия шудааст.
Калидвожаҳо: *раванди автоклавӣ, консентрати тиллодор, кон, амсиласозии математикӣ, регрессия, дараҷаи ҷудошавӣ.*

MODELING OF THE PROCESS OF AUTOCLAVE LEACHING OF GOLD AND SILVER FROM THE CONCENTRATES OF THE IKKIZHELON DEPOSIT

Makhmudov Kh. A.[1], Samikhov Sh. R.[2]
Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan[1]
Tajik National University[2]

Annotation. *Based on experimental data, a mathematical model of the process of thiocarbamide leaching of gold from the autoclave oxidation cake was developed. It is shown that this mathematical model adequately describes the regularity of changes in the degrees of extraction of gold and silver from the autoclave oxidation cake depending on the duration and temperature of the process, as well as on the consumption of thiocarbamide on the basis of a universal regression model.*
Keywords: *autoclave processes, gold-containing concentrate, deposit, mathematical model, regression, recovery rate.*

***Сведения об авторах*.** **Махмудов Хасанбой Ахматджонович -** кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», ГМИТ. e-mail: obogatitel_0903@mail.ru
Самихов Шонавруз Рахимович – д.т.н., профессор кафедры технологии химического производства Таджикского национального университета, E-mail: samikhov72@mail.ru

УДК 547

СИНТЕЗ И ИНГИБИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОТИАЗОЛО[3,2-а]ПИРИМИДИН-4-ОНА

Холов М.Ш. [1], Джафари Б. [2], Халикова М.Дж. [1], Карамбахшов Х.З.[1], Самихов Ш.Р. [3], Лангер П. [2], Сафаров С.Ш. [1]

Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ[1]

Институт органической химии университета Росток, Германия[2]

Таджикский национальный университет[3]

Аннотация. *Исходное соединение 8-хлоро-бензотиазоло[3,2-а]пиримидин-4-она был синтезирован конденсацией коммерчески доступного 2-амино-6-хлорбензотиазола с ацетоуксусным эфиром. Вовлечение продукта циклоконденсации в реакции палладия, катализируемого кросс-сочетании Бухвальд-Хартвига, Соногаширы и Сузуки, привело к множеству 8-функционализированных бензотиазоло[3,2-а]пиридимидин-4-онов с хорошими и превосходными выходами. Антипролиферативный потенциал синтетических соединений оценивали на клетках аденокарциномы человека (HeLa) и нормальных фибробластах хомяков (BHK-21). Три из тестируемых производных проявили самую сильную цитотоксичность в клетках HeLa со средней ингибирующей концентрацией (IC_{50}) 0.93, 1.55 и 1.84 мкМ соответственно. Более того, их анти-пролиферативный эффект был в три раза меньше в нормальных фибробластах, подтверждая их возможный противораковый потенциал.*

Ключевые слова: *8-замещенные-бензотиазоло[3,2-а]пиримидин-4-она, реакции палладий кросс-сочетания Бухвальд-Хартвига, Соногаширы и Сузуки, противораковое свойство.*

Введение

В целом, антимикробные агенты оказывают своё цитолитическое действие, нацеливаясь на биомолекулы, которые относятся исключительно к микробам. Например, противогрибковый препарат амфотерицин В, нацеленный на эргостеролы в мембранах грибковых клеток [1]. Поскольку эргостеролы и пептидогликаны отсутствуют на плазматической мембране человека, лекарства, избирательно нацеленные на эти биомолекулы, не оказывают потенциальной токсичности на нормальные клетки человека. Опухоли не отличаются от тканевидных бактерий в том смысле, что оба они действуют как оппортунистические обитатели живых тканей [2]. Однако врачам никогда не было так легко бороться с раковыми клетками. Последствия использования цитотоксических препаратов в химиотерапии рака, могут быть гораздо более опасными из-за того, что эти аберрантные раковые клетки сами получены из нормальных человеческих клеток. Нацеливание на горстку отвратительных трансформированных клеток, замаскированных миллиардами совершенно нормальных человеческих клеток, действительно представляет собой чрезвычайно сложное положение с крайне узкими вариантами лечения [3]. При нормальных физиологических условиях, клетки подвергаются временной остановке клеточного цикла, если им не предоставляется растущее пространство,

питательные вещества и факторы роста. Однако трансформированные раковые клетки учатся выживать в крайне неблагоприятных условиях. Во-первых, неконтролируемое деление клеток в этих клетках провоцирует гипоксические и ишемические состояния в микроокружении опухоли, которые дополнительно индуцируют ангиогенез опухоли и аутофагию для поддержания выживания раковых клеток [4, 5]. Во-вторых, истощение питательных веществ, таких как глюкоза из внеклеточной жидкости, (ишемия), далее калечит механизм ремонта ДНК в раковых клетках [6]. Следовательно, экстенсивно делящиеся клетки, которые уже уязвимы для повреждения ДНК, постепенно приобретают способность освобождаться от встроенных апоптотических регуляторов. Аномальный ангиогенез и аутофагия вместе с нарушенной ДНК в совокупности укрепляют среду опухоли и выживаемость раковых клеток.

Интересно, что механизм выживания клеток в этих аберрантных клетках может эффективно противодействовать блокированию ангиогенеза опухоли и аутофагии [7, 8]. Альтернативно, эти самоинвазивные клетки могут избирательно замалчиваться путём стимуляции апоптоза в этих клетках. В течение многих лет сообщалось о более высоком и более большем количестве новых синтетических соединений с потенциальной цитотоксичностью против линий раковых клеток человека. Однако, клинический успех всех таких цитотоксических препаратов не может быть гарантирован из-за их узкого терапевтического окна. Среди всех таких лекарств, проапоптотические соединения играют особую роль из-за их способности избирательно индуцировать апоптоз в раковых клетках, не нанося вреда нормальной клетке.

Бензотиазолы, относятся к числу многих синтетических производных, которые, как сообщалось, обладают проапоптическими свойствами. Например, ранее сообщалось, что производные имидазоло[2,1-b] бензотиазола индуцируют апоптоз в раковых клетках путём модуляции функции p53 [9]. Кроме того, ранее сообщалось, что производные 2-ацетил-3- (6-метоксибензотиазо)-2-ил-аминоакрилонитрила индуцируют апоптоз в клетках лейкоза человека.

Среди множества различных серий бензотиазолов, бензотиазоло [3,2-a] пиримидин-4-оны, являются важными гетероциклическими структурами ядра с огромным фармакологическим потенциалом. Однако до настоящего времени сообщалось лишь о нескольких синтетических стратегиях синтеза и функционализации этих гетероциклических каркасов [10]. Кроме того, о цитотоксических и про-апоптотических эффектах этих производных до сих пор не сообщалось. Благодаря нашему интересу к функционализации гетероциклов катализируемых палладий реакциями перекрестного сочетания и широкому спектру фармацевтических свойств данного класса веществ, мы решили синтезировать новый 8-хлорзамещенный бензотиазоло[3,2-a] пиримидин-4-она

и изучили его применение в синтезе различных родственных производных с помощью катализируемых палладием реакций перекрестного соединения и соанализом их цитотоксического и про-апоптотического потенциала [11, 12].

Обсуждение результатов

В данной работе изучалась реакция Сузуки, Бухвальд-Хартвига и Соногаширы для 8-хлоро-2-метил-бензо[4,5]тиазоло[3,2-a]пиримидин-4-она (3). Исходное соединение (3) для синтеза было получено циклоконденсацией коммерчески доступных ацетоуксусного эфира(1) с 2-амино- 6 хлорбензотиазолом(2) при нагревании в среде полифосфорной кислоты. Далее 8-хлор-2-метил-бензо[4,5]тиазоло-[3,2-a]пиримидин-4-он был вовлечен в реакции палладий кросс-сочетания Сузуки, Бухвальд-Хартвига и Соногаширы, и как продукты кросс-сочетания были получены 8-арил-, 8-алкин, и 8-аминозамешенные 2-метил-бензо[4,5]тиазоло-[3,2- a]пиримидин-4-она (рис. 1) с умеренным и очень хорошим выходом (30-91%).

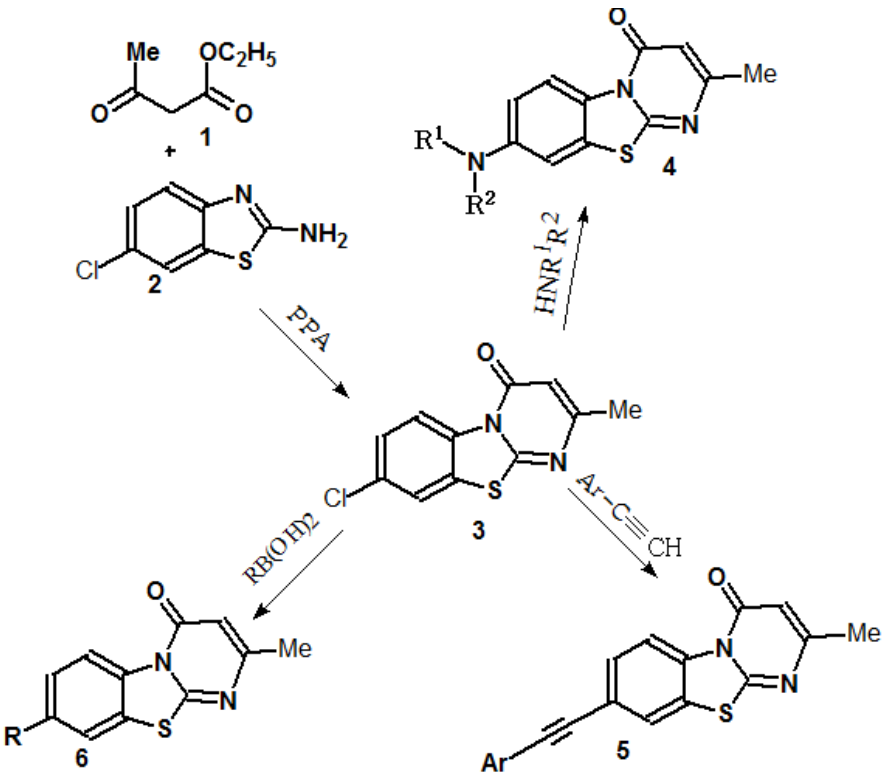


Рисунок 1. Схема получения 8-хлор-2-метил-бензо[4,5]тиазоло-[3,2- a]пиримидин-4-она(1+2→3) и вовлечение его в реакции кросс-сочетания Бухвальд-Хартвига(3→4), Соногаширы(3→5) и Сузуки(3→6). 4: a) R^1 = R^2= $O(CH_2CH_2)_2$; b) R^1 = Me, R^2 = C_6H_5; c) R^1 = H, R^2 = 4-FC_6H_4; d) R^1 = H, R^2 = 3-$F_3CC_6H_4$; e) R^1 = H, R^2 = 3.3-$(MeO)_2C_6H_3$. 5: R = a) C_6H_5 ;b) 4-MeC_6H_4; c) 2-MeC_6H_4; d) 2-MeC_6H_4; e) 3.3-$(Me)_2C_6H_3$; f) 4-FC_6H_4; g) 4-$F_3CC_6H_4$; h) хинолил-3; i) $H_5C_6C_6H_4$; j) 4-$MeOC_6H_4$; k) 2-MeO,3-FC_6H_3; l) 2-$OHCC_6H_4$; m) 2-$EtO_2CC_6H_4$; n) Me; o) тиенил-3. 6: Ar = a) R = C_6H_5, b) 4-MeC_6H_4; c) 2-MeC_6H_4; d) 2-MeC_6H_4; e) 3.3-$(Me)_2C_6H_3$; f) 4-FC_6H_4; g) 4-$F_3CC_6H_4$; h) quinolyl-3; i) $H_5C_6C_6H_4$; j) 4-$MeOC_6H_4$; k) 2-MeO,3-FC_6H_3; l) 2-$OHCC_6H_4$; m) 2-$EtO_2CC_6H_4$; n) Me; o) 3-thienyl.

Синтезированные соединения были протестированы на ингибирующую активность против клеток рака шейки матки (HeLa). Было найдено, что синтетические производные демонстрируют значительное ингибирование роста линий раковых клеток.

Тест MTT

Синтезированные соединения были первоначально проверены на оценку противораковых эффектов с использованием тест MTT против клеток рака шейки матки (HeLa). Все соединения были активны и показывают больше, чем 50%-е ингибирования роста при концентрациях 100 μM. Соединения были последовательно разбавлены, на 8 различных концентраций и были найдены концентрации ингибирования, с использованием призмы подушки графа (GraphPad Prism). Цитостатические эффекты всех производных дополнительно наблюдались против нормальных клеток почки детёныша хомяка (BHK–21). Полученные результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6. Противораковый потенциал синтезированных соединений и карбоплатина против клеток рака шейки матки (HeLa) и нормальных клеток почки детёныша хомяка (BHK–21).

Соединение	HeLa	BHK-21
	IC_{50} (μM) ± SEM / ингибирования в процентах	
4a	2.29 ± 0.09	30.8 ± 8.89
4b	HT	HT
4c	5.04 ± 0.11	39.4 ± 4.65
4d	2.65 ± 0.20	33.1 ± 1.41
4e	HT	HT
5a	2.85 ± 0.13	36.1 ± 7.64
5b	4.17 ± 0.25	26.7 ± 6.47
5c	4.25 ± 0.34	21.1 ± 7.64
5d	0.93 ± 0.01	25.5 ± 8.82
5e	49.7 ± 1.67	24.4 ± 1.17
6a	6.58 ± 0.23	40.1 ± 1.11
6b	1.84 ± 0.06	29.6 ± 3.33
6c	20.7 ± 0.15	38.8 ± 8.90
6d	3.30 ± 0.08	38.2 ± 3.53
6e	2.09 ± 0.13	36.2 ± 3.93
6f	3.40 ± 0.07	39.6 ± 6.67
6g	3.47 ± 0.08	36.6 ± 6.72

6h	9.87 ± 0.11	29.4 ± 4.74
6i	HT	HT
6j	43.3 ± 0.16	36.3 ± 3.33
6k	1.55 ± 0.08	24.5 ± 3.10
6l	19.4 ± 1.03	32.6 ± 4.79
6m	4.67 ± 0.41	40.5 ± 3.36
6n	8.80 ± 0.10	27.3 ± 5.23
6o	3.23 ± 0.25	36.7 ± 7.84
Карбоплатин	5.13 ± 0.45	19.3 ± 1.12
HT- тест не проводился		

Было найдено, что синтезированные производные демонстрируют значительное ингибирование роста линий раковых клеток. Среди всех производных соединений 5d, 6k и 6b были определены, как самые активные и привели к сокращению роста ячеек HeLa больше, чем на 70%. Также, подобные результаты были получены после разбавления и были найдены мощные потенциалы ингибирования. Точно так же, эти производные показывали цитостатические эффекты меньше, чем 30% против нормальных клеток.

Отношение активности структуры.

Как было определено, соединение 5d, являющееся самым мощным ингибитором среди трёх серий наших синтетических производных с оценкой IC_{50} 0.93±0.01 μM против клеточной линии HeLa. Также это производное показало ингибирование против BHK-2 на 125.5 ± 8.82%, клетки были использованы в качестве нормального контроля в испытании, где проверялась цитотоксичность синтезированных соединений. Среди 8-арил- 2-метил-бензо[4,5] тиазоло[3,2-a] пиримидин-4-онов (6a-o), самым активным соединением было 2-метокси-5-фторфенил производное (6k), с концентрацией ингибирования 1.55± 0.08 μM против клеточной линии HeLa. Другие производные, показывающие сильное ингибирование, были 6b (4-толил) и 6e (3,5- диметилфенил), с концентрацией ингибирования 1.84 ±0.06 и 2.09 ±0.13 μM, соответственно. Все другие комплексы показали ингибирование в пределах 3.23 - 20.7 μM. Однако соединение 6j (4-метоксифенил) показало самое низкое ингибирование с оценкой IC_{50} 43.3± 0.16 μM. Соединение 6b и 6e, содержавшие заместители метила, показывают более высокую активность, чем производные, которые имеют метокси заместители (6j). Было замечено, что присутствие группы фтора наряду с метокси заместителем, как в случае соединения 6k, приводят к значительному увеличению активности. Когда были изучены производные с аминозаместителями (4a-e), лучшее ингибирование наблюдалось

у 4d (содержащего 3-трифторметилфениламино группу) имеющую оценку IC_{50} 2.65 ±0.20 μM. Однако 4a (группа морфолина) и 4c (4-фторфениламино группу) также показали превосходные результаты IC_{50} 2.99± 0.09 и 5.04± 0.11 μM соответственно. В этом ряду прибавление заместителя-группы фтора привело к уменьшению активности, в то время, как присутствие 3-трифторметилфениламино группы вызывало сильное ингибирование клеточной линии HeLa. Однако значительное запрещение было замечено в присутствии группы морфолина, как заместителя. Среди алкиных производных 5a-e лучшая активность наблюдалась у соединения 5a, имеющего фенилэтинильные заместители (концентрация ингибирования - была найдена 2.95 ±0.13 μM). Уменьшение ингибирования было замечено для соединения 5b (4-толилэтинил производных) и 5c (4-*tert*-Бутил) фенилэтинильное производное) с оценкой IC_{50} 4.17± 0.25 и 4.25 ±0.34 μM, соответственно. Соединение 5e (4-фторфенилэтинил производное), имеющее оценки IC_{50} 49.7 ±1.67 μM, было наименее активным производным среди данного ряда.

Данные результаты указывают на то, что прибавление группы галогена может быть причиной уменьшения потенциала ингибирования этих производных. Однако 4-метокси заместитель 5d, показал замечательное ингибирование. Следовательно, это и использовалось для дальнейших исследований механизма ингибирования наряду с позитивным контролем (Карбоплатин) против клеточных линий HeLa.

Также, была исследована связующая способность мощного ингибитора (5d) к ДНК и его способность взаимодействовать с канавками ДНК. Для этого были выполнены состыковывающиеся исследования (докинг), с использованием белка E2 вируса папилломы человека (HPV 18).

Исследования стыковки ДНК и 5d.

Чтобы исследовать связующую способность мощного ингибитора (5d) к ДНК и её способность взаимодействовать с канавками ДНК, были выполнены исследования докинга с использованием белка E2 вируса папилломы человека (HPV 18). Результаты исследований по стыковке представлены на рисунке 2 (П5 a и b).

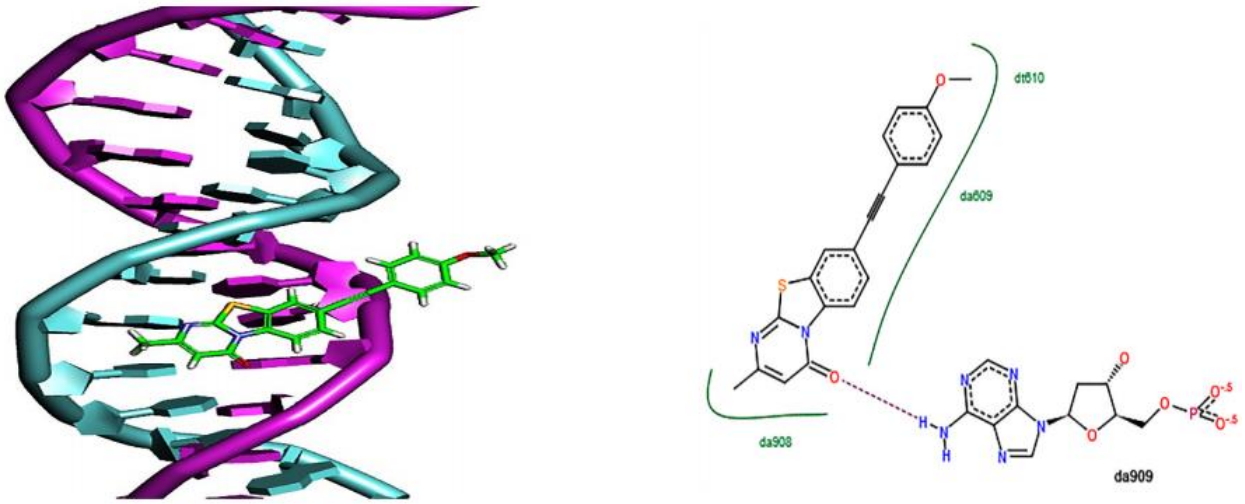


Рисунок 2. П5. 3D (слева) и 2D (справа) диаграмма взаимодействия мощного ингибитора (5d) в канавках ДНК.

Закрепление ингибитора в нити ДНК, было найдено стабильным из-за формирования водородных связей между составными и парами оснований ДНК. Можно отметить из рисунка 6a, что соединение связывается в главном канавками ДНК, представляя связанные H, а также гидрофобное взаимодействие (5b). 3D диаграмма взаимодействия показала, что 2-метил-4H-бензо[4,5]тиазоло[3,2-a]пиримидин-4-она было найдено снаружи главных канавок, проявляющее взаимодействие с основаниями- тимином и аденином. Однако, 8-((4-метоксифенил)этинил), половина была замечена на краях ДНК, представляющей гидрофобное взаимодействие с основаниями. Было показано 2D диаграммой взаимодействия, что атом кислорода от пиримидин-4-она был вовлечен в формирование стабильных водородных связей с группой NH аденина (da909). Кроме того, гидрофобное взаимодействие наблюдалось с аденином и тимином (da908, da609). Состыкованные конформации ясно указали на режим связывания с канавками соединения с ДНК. Было также отмечено, что 2-метил- 4H- бензо [4,5] тиазоло [3,2-a] пиримидин-4-она, часть мощного ингибитора предпочитает связываться в AT богатой области ДНК, которая видна на 2D диаграмме взаимодействия. Поэтому, предположено, что формирование с водородными связями между соединениями и парами оснований ДНК были вовлечены в стабилизацию взаимодействия связующих канавок.

Выводы

Циклоконденсация 2-амино-6-хлорбензотиазола с ацетоуксусным эфиром приводит к 8-хлор-бензотиазоло[3,2-a]пиримидин-4-ону, дальнейшее вовлечение его в реакции палладий катализируемым кросс-сочетания Бухвальд-Хартвига, Соногаширы и Сузуки, привело к образованию 8-амино-, 8-арил- и 8-

этинилзамешенных-бензотиазоло[3,2-a]пиридимидин-4-онов с хорошими и превосходными выходами. Среди всех полученных производных, 5d, 6d и 6k идентифицированны как самые активные и привели к сокращению роста ячеек HeLa больше, чем на 70%. Точно так же, эти производные показали цитостатические эффекты меньше, чем 30% против нормальных клеток почки детеныша хомяка (BHK–21). Изучение стыковки (докинга) позволило установить понимание возможного отношения режима связывания 5d, на активных сайтах фермента.

Литература

1. K. C. Gray, D. S. Palacios, I. Dailey, M. M. Endo, B. E. Uno, B. C. Wilcock, M. D. Burke. Amphotericin primarily kills yeast by simply binding ergosterol /Proc. Natl. Acad. Sci. U S A 2012, V. 109, pp. 2234–2239.
2. J. Cummins, M. Tangney, Bacteria and tumours: causative agents or opportunistic inhabitants?/ Infect. Agent Cancer 2013, V. 8, pp.11.
3. W.G. Kaelin Jr.,/The concept of synthetic lethality in the context of anticancer therapy/ Nat. Rev. Cancer 2005, V. 5, pp. 689–698.
4. Zhu C.C., Chen C., Xu Z.Q., Zhao J.K., Ou B. C., Sun J., Zheng M.H., Zong Y.P., Lu A.G. CCR6 promotes tumor angiogenesis via the AKT/NF-κB/VEGF pathway in colorectal cancer// Biochim. Biophys. Acta, Mol. Basis Dis. 2018, V. 1864, - pp. 387–397.
5. M. Russo, G. L. Russo, / Autophagy inducers in cancer //Biochem. Pharmacol. 2018, V. 153, pp. 51–61.
6. R. Ampferl, H. P. Rodemann, C. Mayer, T. T. A. Höfling, K. Dittmann,/ Glucose starvation impairs DNA repair in tumour cells selectively by blocking histone acetylation//Radiother. Oncol. 2018, V. 126, pp. 465–470.
7. E.C. Hayden,/ Cutting off cancer's supply lines // Nature 2009, V. 458, pp. 686–687.
8. A. Thorburn, D. H. Thamm, D. L. Gustafson, / Autophagy and Cancer Therapy//Mol. Pharmacol. 2014, V. 85, pp. 830–838.
9. M. S. Christodoulou, F. Colombo, D. Passarella, G. Ieronimo, V. Zuco, M. De Cesare, F. Zunino, /Synthesis and biological evaluation of imidazolo[2,1-b]benzothiazole derivatives, as potential p53 inhibitors// Bioorg. Med. Chem. 2011, V. 19 ,pp. 1649–1657.
10. H. T. Abdel-Mohsen, J. Conrad, U. Beifuss,/ Laccase-Catalyzed Domino Reaction between Catechols and 6-Substituted 1,2,3,4-Tetrahydro-4-oxo-2-thioxo-5-pyrimidinecarbonitriles for the Synthesis of Pyrimidobenzothiazole Derivatives // J. Org. Chem. 2013, V. 78, pp. 7986– 8003.
11. B. Jafari, S. Jalil, S. Zaib, S. Safarov, M. Khalikova, M. Ospanov, N. Yelibayeva, Zh. A. Abilov, M. Z. Turmukhanova, S. N. Kalugin, P. Ehlers, J. Iqbal, P. Langer/Synthesis and Inhibitory Activity towards Monoamine Oxidase A and B of 8-Functionalized 3-Fluoro-2-methyl-benzo[4,5]thiazolo[3,2-a]pyrimidin-4-ones//ChemistrySelect. 2019, V. 4, pp. 7284 –7291.

12. B. Jafari, F. Rashid, S. Safarov, M. Ospanov, N. Yelibayeva, Zh. A. Abilov, M. Z. Turmukhanova, S. N. Kalugin, P. Ehlers, M. I. Umar, S. Zaib, J. Iqbal, P. Langer,/ Synthesis of Novel Benzothiazolo[3,2-a]pyridimidin-4-ones with Potential Cytotoxic and Pro-Apoptotic Potential// ChemistrySelect. 2018, V. 3, - pp. 12213-12218.

СИНТЕЗ ВА ХУСУСИЯТҲОИ МАНЪКУНАНДА, ҲОСИЛА-ҲОИ НАВИ БЕНЗОТИАЗОЛО[3,2- а]ПИРИМИДИН-4-ОН

Холов М. Ш., Ҷафари Б., Халиқова М.Дж., Карамбахшов Х.З., Самиҳов Ш.Р., Лангер П., Сафаров С. Ш.
Институти химияи ба номи V.I. Никитин[1]
Институти химияи органикии донишгохи Росток, Олмон[2]
Донишгоҳи Миллии Тоҷикистон[3]

Аннотатсия. *Маводи аввалаи 8- хлоро-бензотиазоло [3,2-а] пиримидин-4-он ба воситаи конденсасияи 2-амино-6-хлорбензотиазол бо эфири атсетосирко синтез карда шудааст. Маҳсулоти сиклоконденсатсия вориди реаксияи палладий каталитикии кросс-омезиши Бухвалд-Хартвига, Соногаширӣ ва Сузуки карда шуда, ба ҳосилшавии 8-функсионализатсияи бензотиазоло [3,2-а] пиридимидин-4-он бо баромади хеле хуб оварда расонидааст. Потенсиали анти-пролиферативии пайвастҳои синтезшуда дар ҳуҷайраи аденокарсиномаи гарданаи бачадони одам (HeLa) ва фибробластаи хомякҳо (BHK-21) санҷда шудааст. Аз маводҳои тадқиқшуда сетои онҳо аз ҳама зиёд ситозаҳрнок дар ҳуҷайраи HeLa бо консентратсияи (IC_{50}) 0.93, 1.55 и 1.84 мкМ миёнаи боздоранда ба таври мувофиқ нишон додааст. Ба ғайр аз ин самаранокии анти-пролифератиаш се маротиба камтар дар фибробласти нормалӣ, эҳтимолияти потенсиали зиддисаратонии онро дорад.*
Калидвожаҳо: *8- ҳосилаҳои-бензотиазоло [3,2-а] пиримидин-4-он, реаксияи палладий кросс-омезишии Бухвалд-Хартвига, Соногаширӣ ва Сузуки, хосиятҳои зиддисаратонӣ.*

SYNTHESIS AND INHIBITORY PROPERTY OF NOVEL BENZOTHIAZOLO [3,2- a] PYRIMIDINE-4-ONES

Kholov M. Sh., Jafary B., Khalikova M. J., Karambakhshov H. Z., Saidov A. A., Samikhov Sh. R., Langer P., Safarov S.Sh.
Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina NAST[1]
Institute of Organic Chemistry of the Rosrock University, Germany[2]
Tajik National University[3]

Annotation. *The starting compound 8- chloro-benzothiazolo [3,2-a] pyrimidin-4-one was synthesized by condensation of commercially available 2-amino-6-chlorobenzothiazole with ethyl acetoacetate. The involvement of the cyclocondensation product in the palladium reaction catalyzed by the Buchwald-Hartwig, Sonogashira and Suzuki cross-coupling resulted in a plurality of 8-functionalized benzothiazolo [3,2-a] pyridimidin-4-ones with good and excellent yields. The anti-proliferative potential of synthetic compounds was evaluated in human cervical adenocarcinoma cells (HeLa) and normal hamster fibroblasts (BHK-21). Three of the test derivatives exhibited the strongest cytotoxicity in HeLa cells with an average inhibitory concentration (IC_{50}) of 0.93, 1.55 and 1.84 μM, respectively. Moreover, their anti-proliferative effect was three times less in normal fibroblasts, asserting their possible anticancer potential.*
Keywords: *8-substitueted-2-methyl-benzothiazolo [3.2-a]pyrimidine - 4 – ones, Suzuki, Buchwald-Hartwig and Sonogoshira palladium catalyzed cross-coupling reactions, anticancer property*

Сведения об авторах: ***Холов Муродали Шакаралиевич*** – докторант PhD Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. Адрес: 734063, г. Душанбе, РТ, Телефон: +992 907 00 7972. E-mail: murodalikholov07@gmail.ru
Бехзод Джафари – Институт органической химии университета Росток, Германия, докторант PhD. Адрес: 18059 Rostock, Albert-Einstein-Strasse 3a. Телефон: +49(0)381/498-6410. E-mail: behzadjafari961@gmail.com.
Халикова Муаттар Джурабаевна – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории фармакологии Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. Тел.: (+992) 937014477. E-mail: kh.muattar@rambler.ru.
Карамбахшов Хашим Заиршоевич – старший научный сотрудник лаборатории обогащение руд Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. Адрес: 734063, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ул. Айни, 299/2. Телефон: (+992) 933344691. E-mail: hoshim.9191@mail.ru.
Саидов Алиджан Аброрович - д.м.н., главный научный сотрудник лаборатории Фармакологии Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. Телефон: (+992) 935800482. . E-mail: alinarsai@gmail.ru
Самихов Шонавруз Рахимович – д.т.н., профессор кафедры технологии химических производств ТНУ Адрес: 734025, РТ, г. Душанбе, Телефон: (+992) 900 19 95 72. Email: samikhov72@mail.ru.
Петер Лангер – профессор, директор Института органической химии Университета Росток, Германия. Адрес: 18059 Rostock, Albert-Einstein-Strasse 3a. Телефон:+49(0)381/498-6410. E-mail: peter.langer@uni-rostock.de.
Сафаров Сайфидин Шахобидинович – к.х.н., зав. лаборатории обогащения руд Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. Адрес: 734063, г. Душанбе, РТ. Телефон: (+992) 900022442. E-mail: cafi@mail.ru.

УДК 54.064

СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРОПОСФЕРНОГО ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ ТАДЖИКИСТАНА ОСЕНЬЮ 2019 И 2020 ГОДА

Шодиев Ш.Ш. [1], Абдуллаев С.Ф. [2]
Худжанский государственный университет имени акад. Б. Гафурова[1]
Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ[2]

Аннотация. *В статье приведены результаты мониторинга парниковых газов в атмосфере шести разных климатических зон Таджикистана, включающих атмосферы: пустыни Айвадж, густонаселенного Душанбе, ледников Бобоиоб, Зарафшон, Медвежий и Грумм-Гржимайло. Сравнение полученных значений концентраций парниковых газов приведено для тропосферного озона, вклад которого имеет значение для парникового эффекта.*
Ключевые слова: *мониторинг, парниковые газы, парниковый эффект, тропосферный озон, сезонная вариация.*

К основным парниковым газам в атмосфере Таджикистана относятся водяной пар, озон, оксиды азота и углерода (Ⅱ и Ⅳ), серосодержащие молекулы, а также аэрозоли и пыли в свою очередь приносят определенный вклад в парниковый эффект [1, 2]. Мониторинг парниковых газов, нами проводится по атмосферам шести разных климатических зон Таджикистана, включая

атмосферы пустыни Айвадж, густонаселенного Душанбе, ледников Бобоиоб, Зарафшон, Медвежий и Грумм-Гржимайло. При мониторинге использованы данные ежечасно обновляемыми ресурсами сайта windy.com.

Сравнение полученных значений концентраций парниковых газов приводим для тропосферного озона, вклад которого более значим для парникового эффекта.

Данные таблицы 1 отражают статистический анализ содержания тропосферного озона по шести зонам Таджикистана. Все значения концентрации тропосферного озона в этой таблице, включая среднее (<C>), максимальное (C-max), минимальное (C-min), предельно-допустимое (C-pdk) и т.п. даны в ppm, равной числу молекул вещества в миллионе отобранных молекул. Например, среднее значение концентрации тропосферного озона в Айвадже (в 1 таблице, 2 стр., 2 ст.) равно 29.6 ppm≈30 ppm. Это означает, что из отобранных миллиона молекул воздуха, примерно 30 молекул озона [1].

Как видно из значений среднеарифметического отклонения, для разных местностей, это значение уменьшается по мере смещения в сторону ледников, т.е. в сторону местностей с большей высотой нахождения над уровнем моря.

Таблица 1. Статистический анализ содержания тропосферного озона в атмосфере Таджикистана из мониторинга, проведенного осенью 2019 г.

	Айвадж	Душанбе	Бобооб	Зарафшон	Медвежый	Грумм-Гржимайло
<C>	29.6	19.4	27.0	43.3	54.1	53.9
C-max	41.7	37.3	38.8	52.1	58.6	59.0
C-min	20.8	4.9	13.0	30.4	47.4	48.0
C-pdk	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
n	71	71	71	71	71	71
σ	4.9	7.1	5.4	5.1	2.6	2.6
tc	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
δ	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1
S	0.003	0.004	0.003	0.003	0.001	0.001
V	0.166	0.365	0.199	0.118	0.047	0.048
<C>+δ	29.77	19.66	27.20	43.46	54.16	54.01
<C>-δ	29.37	19.08	26.76	43.05	53.95	53.80
S2	0.007	0.015	0.008	0.005	0.002	0.002

Таблица 2. Статистический анализ содержания тропосферного озона в атмосфере Таджикистана из мониторинга, проведенного осенью 2020 г.

	Айвадж	Душанбе	Бобоиоб	Зарафшон	Медвежий	Грумм-Гржимайло
<C>	88.75	75.73	74.13	76.35	73.87	74.34
C-max	129.75	105.96	111.11	101.79	97.18	97.40
C-min	40.57	44.72	34.93	55.29	54.47	55.44
C-pdk	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
n	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
σ	16.29	12.54	18.21	9.65	9.24	9.81
tc	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
δ	0.89	0.69	1.00	0.53	0.51	0.54
S	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
V	0.18	0.17	0.25	0.13	0.13	0.13
<C>+δ	89.65	76.41	75.13	76.88	74.38	74.88
<C>-δ	87.86	75.04	73.13	75.82	73.36	73.80
S2	0.010	0.009	0.013	0.007	0.007	0.007

Для наглядного представления отклонения значений содержания тропосферного озона в одном и том же сезоне 2019 и 2020 годов приводим следующую диаграмму (см. рис.1).

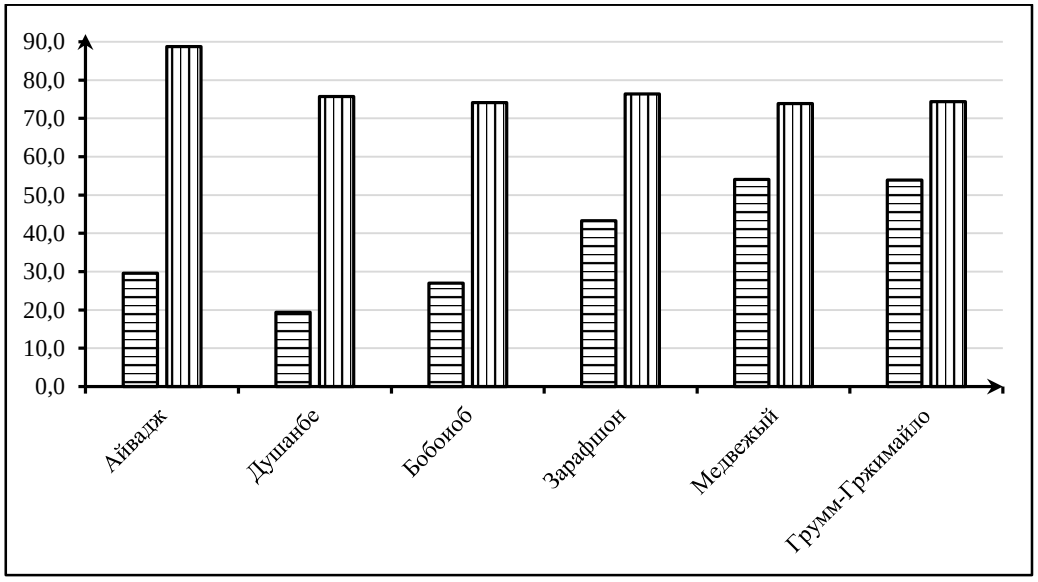


Рисунок 1. Сравнение средних значений концентрации молекул тропосферного озона в атмосфере Таджикистана осенью 2019 (горизонтальные линии) и 2020 гг. (вертикальные линии).

Это говорит о том, что чем выше находится зона над уровнем моря, тем слабее изменение содержания тропосферного озона в атмосфере в даной местности. Вышеуказанным следствиям не подчиняется лишь значение среднеквадратичного отклонения величины концентрации озона в атмосфере города Душанбе.

Из рисунка 1 видно, что большие и значимые отклонения между средними значениями концентрации тропосферного озона в двух периодах, наблюдаются у атмосферы пустыни Айвадж, самой высокотемпературной точке страны, и города Душанбе, густонаселенному пункту.

Из полученных значений и выполненных обработок содержания тропосферного озона в атмосфере Таджикистана, можно заметить, что средние значения концентраций молекул озона в сезоне 2020 года намного больше средних значений концентраций сезона 2019 года. А среднеквадратичные отклонения также велики и изменяются по тем же следствиям, которые нами были сделаны в примере 2019 года.

Литература

1. Шодиев Ш. Ш., Абдуллаев С. Ф., Маслов В. А. Мониторинг парниковых газов в атмосфере Таджикистана за месяц//Республиканская конференция ТТУ им. ак. М. Осими. Душанбе: 2019.
2. Тверской П.Н. Курс метеорологии (Физика атмосферы). Ленинград: Гидрометеоиздат,1962. - 700с.

МУҚОИСАИ МУНДАРИҶАИ ТРОПОСФЕРИИ ОЗОН ДАР АТМОСФЕРАИ ТОҶИКИСТОН ДАР ТИРАМОҲИ 2019 ВА 2020

Шодиев Ш.Ш. [1], Абдуллоев С.Ф. [2]
Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи ак. Б. Ғафурова[1]
Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ[2]

Аннотатсия. *Дар мақола натиҷаҳои мониторинги газҳои гулхонаӣ дар атмосфераи шаш минтақаи гуногуни иқлимии Тоҷикистон, ки атмосфераи: биёбони Айваж, Душанбеи сераҳолӣ, пиряхҳои Бобоиоб, Зарафшон, Хирсон ва Грумм-Гржимайло оварда шудаанд. Муқоисаи натиҷаҳои бадастомадаи консентратсияи газҳои гулхонаӣ барои озони тропосферӣ оварда шудааст, ки саҳми онҳо барои таъсири тамоюли гулхонаӣ муҳим аст.*

Калидвожаҳо: *мониторинг, газҳои гулхонаӣ, таъсири гулхонаӣ, озони тропосферӣ, тағйирёбии мавсимӣ.*

COMPARISON OF TROPOSPHERIC OZONE CONTENT IN THE ATMOSPHERE OF TAJIKISTAN IN AUTUMN 2019 AND 2020

Shodiev Sh.Sh. [1], Abdullaev S.F. [2]
Khudzhan State University named after ac. B. Gafurov[1]
Umarov Physical Technical Institute of NAST[2]

Annotation. *The article presents the results of monitoring greenhouse gases in the atmosphere of six different climatic zones of Tajikistan, which includes the atmospheres: the Ayvaj desert, densely populated Dushanbe, the Boboiob, Zarafshon, Medvezhiy and Grumm-Grzhimailo glaciers. Comparison of the obtained values of greenhouse gas concentrations is given for tropospheric ozone, the contribution of which is significant for the greenhouse effect.*
Keywords. *Monitoring, greenhouse gases, greenhouse effect, tropospheric ozone, seasonal variation.*

Сведения об авторах: **Шодиев Шохмурод Шодибекович**, кафедра общей физики и твердого тела ХГУ имени академика Б.Гафурова, (Таджикистан, г. Худжанд), Тел: (+992)927411098 E-mail: ibragimshodiev333@gmail.com
Абдуллаев Сабур Фузайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С. У. Умарова НАНТ (Таджикистан, г. Душанбе) Тел: (+992)934896014 E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

УДК 631.62(438.42)

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РЕК НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА

Кувватов Ф.М.
Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава

Аннотация. *В данной статье рассмотрено влияние гидрологических режимов рек на мелиоративное состояние орошаемых земель в условиях аридизации климата Республики Таджикистан. Отмечается, что к воздействующим факторам изменения климата Земли относятся: изменение и потепление климата, изменения солнечной оси, загрязнение океанов, вулканические извержения, которые приводят к усилению аридации климата и ухудшению условий водообеспеченности южных территорий. Исследования показали, что современное состояние оросительных и дренажных систем в республике остаётся неудовлетворительным. Данные системы требуют капитального ремонта или реконструкции. Для улучшения мелиоративного состояния земель южных территорий самым эффективным методом является внедрение капельного орошения. Установлено, что этот метод орошения сельскохозяйственных культур имеет ряд преимуществ в сравнении с традиционным поливом. Показано, что использование нетрадиционных методов может повлиять на гидрологический режим рек и мелиоративное состояние орошаемых земель в Республике Таджикистан.*

Ключевые слова: *гидрологические режимы, реки, мелиоративное состояние, орошаемые земли, условия, аридизация климата, факторы.*

Водные ресурсы являются ценным природным сырьём для любого государства для знания закономерностей их формирования, требующих бережное использование и строгий учёт в прогнозировании изменчивости аридных климатических зон.

Исследования показывают, что в результате воздействия различных факторов, климат Земли периодически меняется. Естественными факторами изменения климата Земли являются смещение орбиты и угла наклона Земли относительно оси, изменение солнечной активности, вулканические извержения и изменения в распределении атмосферных аэрозолей естественного происхождения [1].

Исследование закономерностей формирования, использования водных ресурсов и изменения температуры воздуха, количества атмосферных осадков и прогнозирование, является одной из актуальных задач современной гидрологии. Все эти изменения могут существенно повлиять на природную среду и на деятельность людей.

Целью данной работы является изучение влияния гидрологических режимов рек на мелиоративное состояние орошаемых земель в условиях аридизации климата Южных регионов Республики Таджикистан.

Пространственные и временные особенности изменчивости гидрологических режимов рек на её территории имеют большое значение не только для разработки региональных сценариев будущих изменений мелиоративных состояний орошаемых земель в условиях аридации климата, но также для решения ряда практических задач, связанных с оценкой рационального использования агропромышленных и водных ресурсов региона.

Потепление климата планеты, в том числе в Республике Таджикистан, привели к усилению аридации климата, ухудшению условий водообеспеченности Южных территорий. Исследования показали, что повышение среднесуточных температур выше 5ºС, ранней весной сопровождающиеся ритмично дующими ветрами, приводит к пересыханию поверхности почвы и снижению влажности приземного слоя воздуха, что способствует повышению испарения с поверхности почвы и служит одной из причин засоления почвенного покрова. Как известно, снижение влажности приземного слоя воздуха, меньшее количество осадков или их отсутствие вообще, особенно в жаркие периоды года, даже при не очень большой скорости ветра, способствуют ветровой эрозии почвы. Например, при высоких скоростях ветра, превышающих 10-15 м/с, возникают пыльные бури, что способствует образованию пыльной мглы и повышению запыленности воздуха. Выдувание мелкозёма (и с ним солей) приводит к засолению почвенного покрова, ухудшению мелиоративного состояния и снижению продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Установлено, что коэффициент увлажнения при потеплении снижается с 0.35-0.40 до 0.015-0.20, а это приводит к необходимости корректировки режима орошения. Благодаря тому, что по территории протекают пять крупнейших рек Центральной Азии, обеспеченность водными ресурсами не вызывает проблем. Однако в перспективе вопрос о водообеспеченности Таджикистана потребует серьезного рассмотрения.

Как показывают статистические данные, современное состояние оросительных и дренажных сетей в Республике Таджикистан остаётся неудовлетворительным, их изношенность по местам составляет от 30 до 100%. Практически все сооружения требуют капитального ремонта или реконструкции.

По сельскохозяйственным меркам, продуктивность земель определяется хозяйственными условиями и их мелиоративным состоянием. В Республике Таджикистан наблюдается значительное снижение среднемноголетней урожайности хлопчатника. Например, в Вахшской долине в период 1980-1995 гг. она составляла 3.12 т/га, в 2000-2005 гг. – 2.145 т/га, а в данное время еще ниже.

Фактически сложившийся водозабор в Таджикистане составляет около 17-20% от объёма формирующихся в стране и 9-12% от среднемноголетнего стока бассейна Аральского моря. Около 40% забранной из источников воды возвращается в водоприёмники в виде сбросных и коллекторно-дренажных вод. В среднем, на нужды всех отраслей экономики Таджикистана ежегодный объём водозабора на период наблюдений составляет примерно 10.0-14.5 км^3.

Методы орошения сельскохозяйственных культур остаются традиционными, поливы проводятся в подавляющем большинстве по бороздам. Примитивные методы орошения не только привели к перерасходу используемой воды, но и к расширению масштабов водной эрозии и заболачиванию земель. Воды используются в 1.5-2.0 раза больше по сравнению с научно-обоснованными нормами. Как известно, это приводит к фильтрации большого объёма воды в водоносные слои, подъёму грунтовых вод, ухудшению мелиоративного состояния земель и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Резкое снижение эксплуатационных затрат на очистку и ремонт, а также отсутствие соответствующего агротехнического подхода при использовании засоленных земель и нарушения режима полива, привели к тому, что на 01.01.2009г. по стране насчитывается 43.4 тыс.га мелиоративно-неблагополучных орошаемых земель [2]. В соответствии с утвержденной Правительственной программой улучшения мелиоративного состояния земель на период до 2009 года было улучшено мелиоративное состояние земель на площади 13 тыс. га [3]. В целом, по Республике общая площадь земель различной степени засоленности составляет около 98.7 тыс. га, из которых 23.2 тыс. га являются средне и сильно засоленными и нуждаются в специальной агротехнической и мелиоративной обработке.

Обработка и орошение земель с уклоном более 0.03 и при существующей технологии поливов способствуют эрозии плодородного слоя почвы и снижению продуктивности сельхоз земель. По данным исследований, при поливе таких земель по наибольшему уклону, ежегодно с одного гектара смывается 50-250 т/га почвенной массы [4], содержащих большую часть внесенных минеральных удобрений. Площадь таких земель в стране составляет более 100 тыс. га.

Для улучшения мелиоративного состояния сельхоз земель самым эффективным является внедрение капельного орошения. Установлено, что этот метод орошения сельскохозяйственных культур имеет ряд преимуществ от традиционного полива:

-низкий расход воды при орошении сельскохозяйственных культур;

-эффективность при нанесении органических и минеральных удобрений;

-не допускает смываний почвенной массы;

- возможность получения высокого урожая за счёт малого расхода;

- приводит к высокому экономическому эффекту и т.д.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что использование нетрадиционных методов орошения сельхозкультур может повлиять на гидрологический режим рек и на мелиоративное состояние орошаемых земель в условиях аридизации климата Южных регионов Республики Таджикистан.

Литература

1. Программа развития водного сектора Таджикистана на 2010-2025 (Проект заключительного отчёта) // ММиВР РТ, ОБСЕ, Душанбе, -2009. -127 с.
2. Мелиоративный кадастр «По поводу улучшения технического состояния ирригационных сетей и мелиоративное состояние поливных земель Республики Таджикистан» до 01.01.2009г.
3. Камолидинов А. Передвижная поливная сеть для полива склоновых земель в Гиссарской долине Таджикистана, Москва, МГМИ, - 1988.
4. Пятый национальный доклад по сохранению биоразнообразия // GEF, UNEP, 2014.

ТАЪСИРИ МЕЪЁРҲОИ ГИДРОЛОГИИ ДАРЁҲО БА ҲОЛАТИ МЕЛИОРАТИВИИ ЗАМИНҲОИ ОБЁРИШАВАНДА ДАР ШАРОИТИ АРИДИЗАТСИЯИ ИҚЛИМ

Кувватов Ф.М.
Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носир Хусрав

Аннотатсия. *Дар мақола таъсиррасонии ҳолати гидрологӣ нисбат ба заминҳои обёришаванда дар шароитҳои аридизатсияшавии иқлими ҶТ нишон дода шудааст. Кайд ва мушоҳидашавии омилҳои ивазшавии иқлими сайёраи замин: Тағйирёбӣ ва гармшавии иқлим, тағйирёбии мери офтобӣ, ифлосшавии уқёнусҳо, фаворазании вулканӣ, сабабгори тақвият додани тағйирёбии аридии иқлим ва бад гардидани шароитҳои обтаъминкунии қисми ҷанубии мамлакат гардидааст. Тадқиқотҳо нишон доданд, ки ҳолати имрӯзаи системаҳои иншоотҳои обёрикунӣ ва заҳкашҳо дар ҷумҳурӣ гайри қаноатбахш аст. Ин иншоотҳои обтаъминкунию обпартобҳо таъмири ҷиддиро талаб мекунанд. Беҳбудбахшии ҳолати мелиоративии заминҳои қисми ҷанубии кишвар, ин таъмин ва ҷорисозии технологияи қатравии обӣ мебошад. Исбот гардидааст, ки истифодаи усулҳои гайрианъанавӣ ба ҳолати гидрологии дарёҳо ва ҳолати мелиоративии заминҳои обёришавандаи Ҷумҳурии Тоҷикистон таъсири худро расонида метавонад.*

Калидвожаҳо: *шароитҳои гидрологӣ, дарёҳо, ҳолати мелиоративӣ, заминҳои обёришаванда, талабот, аридизасияи иқлим, омилҳо.*

THE IMPACT OF THE HYDROLOGIC REGIMES OF RIVERS ON MELIORATIVE CONDITIONS OF THE IRRIGATED LANDS IN CLIMATE ARIDIZATION CONDITIONS

Kuvvatov F.M.
Bokhtar State University named after Nosir Khusrav

Annotation. *This article considers the impact of the hydrologic regimes of rivers on meliorative conditions of the irrigated lodes in climate aridization conditions of the Republic of Tajikistan. It is noted, that the influencing factors of the earths changing climate are: changing end warming of the*

climate, changing of solar axis, oceans pollutions, volcanic eruption which lead to strengthening of climate aridization and degradation of water supply conditions of the southern regions. The research showed, that modern condition of irrigation end drainage system of the republic is unsatisfactory. These systems demand general maintenance or reconstruction. In order to improve the meliorative conditions of lands of the southern territories, the most effective way is the adaptation of the drip irrigation. It is found out, that this way of irrigation of the agricultural products has several advantages from the traditional. It is showed, that the use of non–traditional methods may influence on the hydrologic regimes of rivers and meliorative conditions of the irrigated lands in the republic of Tajikistan.
Keywords: *hydrologic regimes, rivers, meliorative condition, irrigated lands, conditions, aridization of the climate, factors.*

Сведения об авторе: **Kuvvatov Faiziddin** a Lecturer of the common ecology department of Bokhtar state university named after Nosir Khusrav, Phone: 918 17 63 12. Email: *Faiziddin10 @mail.ru*

УДК 624.131

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТОВ ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Магдиев М.М., Шарипов Р.Ш.[2]
Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе[1]
Министерство Транспорта Республики Таджикистан[2]

Аннотация. *В настоящей работе представлены результаты комплексного изучения состава, строения и свойств лессовых грунтов верхнечетвертичного комплекса в центральной части города Душанбе. Приводятся данные гранулометрического состава грунтов, полученные двумя методами (старый и новый) и их сравнение.*
Ключевые слова: *влажность, плотность, плотность твердых частиц, гранулометрический состав, фракция, ареометр, температура суспензии.*

Актуальность определения гранулометрического состава грунта обуславливается широким спектром работ, для которых необходимы сведения о размере и количественном соотношении слагающих грунтов, а именно: оценка пригодности грунтового состава для применения в качестве насыпных; сооружений для земляных плотин, дамб и дорог; вычисление степени водопроницаемости несвязанных и рыхлых смесей, оценка грунтов для возможности их использования как наполнителя при изготовлении цементно-бетонных смесей и строительных материалов, вычисление потенциально возможного проседания почвы в фильтрующих плотинах, выемках и котлованах.

В настоящей работе исследованы 6 образцов из верхнечетвертичного полигенетического Душанбинского комплекса лессов и лессовидных суглинков.

Отложения имеют пролювиальный генезис. Образцы для исследований отобраны из котлована основания многоэтажного жилого здания по улице Ф. Ниёзи города Душанбе с глубин 1 - 6 м в виде монолитов разного размера. Лабораторные исследования проводились по известной методике [3, 4] в лаборатории грунтоведения Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе.

Результаты исследований

Влажность исследуемых грунтов меняется в диапазоне от 14.0 до 18.3% и увеличивается с глубиной. Причиной этого, скорее всего, является отдаление от капиллярной каймы, что приводит к ухудшению испарения.

Влажность верхнего предела пластичности данных грунтов изменяется от 29.1 до 33.3 %, влажность нижнего предела пластичности от 21.6 до 23.7%. Число пластичности находится в интервале 7.0-9.9 % и по ГОСТ 25100-2011 грунт является суглинком лёгким песчанистым ($7 \leq Ip < 12$). Показатель консистенции колеблется от – 0.5 до -1.1 д.ед. и по ГОСТ 25100-2011 грунт твердый ($I_L < 0$). Естественная плотность изученных лёссовых грунтов колеблется от 1.57 до 1.72г/см^3.

В таблице 1 приведены значения плотности, из которой видно, что с глубиной плотность грунтов увеличивается от 1.57 до 1.72 г/см^3, что обусловленно закрытием пор, уменьшением пористости ввиду роста литостатического давления вышележащих грунтов, а также увеличения влажности. Плотность скелета изменяется от 1.32 до 1.48 г/см^3. Плотность твёрдых частиц исследованных лессовых грунтов верхнечетвертичного комплекса определялась пикнометрическим методом с использованием керосина. Плотность твёрдых частиц изученных лессовых грунтов колеблется от 2.67 до 2.70 г/см^3, среднее значение составляет 2.69 г/см^3.

Пористость грунта с глубиной изменяется незначительно и колеблется от 50.8 до 45.2%. Коэффициент пористости изменяется от 1.03 до 0.83. Данные о пористости также приведены в табл. 1. При этом, отмечается уменьшение коэффициента пористости с 1.03 до 0.83 с глубиной, в связи с увеличением литостатического давления от вышележащих пород.

Для определения гранулометрического состава лессовых грунтов ареометрическим методом было проведено два анализа: первый анализ с границей наименьшей фракции 0.005 мм (табл. 2) и повторным замером через 3 часа отстаивания суспензии. Второй анализ с границей наименьшей фракции 0.002 мм (табл. 3) и повторным замером через 11 часов отстаивания суспензии. По результатам выявлено, что преобладающей во всех образцах является песчаная фракция, размер частиц 2.0 - 0.05 мм, её содержание 40-70 %.

Таблица 1. Значения плотности и пористости исследуемых лессовых грунтов

Глубины, м	Естественная плотность, г/см^3	Плотность скелета грунта, г/см^3	Пористость грунта, %	Коэффициент пористости, д.ед
7.4	1.57	1.32	50.8	1.03
10.9	1.59	1.35	49.3	0.97
11.7	1.61	1.41	47.9	0.92
12.1	1.65	1.45	46.1	0.86
12.5	1.68	1.44	46.8	0.88
12.7	1.72	1.48	45.2	0.83

Содержание пылеватой фракции (0.05 – 0.002 мм) колеблется от 23.4 % до 42.5%. Глинистая фракция (<0.002 мм) колеблется в пределах от 8.0% до 12.8 %.

Таблица 2. Результаты гранулометрического состава лессовых грунтов по первому анализу

№ образца	Глубина отбора, м	Содержание частиц по фракциям (мм), %								Сумма, %
		>1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	
1	1	0	0.7	1.9	1.5	61.4	16.4	11.9	6.2	100
2	2	0	1.3	1.6	1.3	52.0	22.5	18.8	2.4	100
3	3	0	1.3	1.6	1.3	50.7	20.0	16.3	8.8	100
4	4	0	1.3	1.6	1.3	57.0	20.0	13.2	5.6	100
5	5	0	1.3	1.6	1.3	50.7	26.3	10.0	8.8	100
6	6	0	1.3	1.6	1.3	47.6	20.0	22.5	5.6	100

Таблица 3. Результаты гранулометрического состава лессовых грунтов по второму анализу

№ образца	Глубина отбора, м	Содержание частиц по фракциям (мм), %								Сумма, %
		>1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.002	<0.002	
1	1	0	0.7	1.9	1.5	50.7	20.5	15.3	9.4	100
2	2	0	1.5	2.1	1.8	39.2	24.3	18.2	12.8	100
3	3	0	1.4	1.5	2.0	53.0	16.0	17.1	9.1	100
4	4	0	0.8	2.3	1.6	52.7	18.1	14.4	10.1	100
5	5	0	1.5	1.8	2.5	62.8	14.9	8.5	8.0	100
6	6	0	1.3	1.6	1.3	47.8	21.3	16.0	10.7	100

При сравнении двух анализов, видно, что суммарное содержание песчаных частиц не сильно отличается. Значительный разброс значений наблюдается в содержании частиц размером <0.01 мм, т.е. содержание частиц данного размера чаще всего (во всех образцах, кроме пятого) по первому анализу больше, чем по второму. Это можно объяснить тем, что проведение первого анализа для большинства образцов проходило при высоких температурах суспензии (на 3 - 6 °С) (табл. 4), что позволило грунту лучше диспергировать. И лишь для пятого образца взятие замеров проходило при подобных температурах (разница 0 - 1 °С) и в старом (20-22.5 °С) и в новом (19-23 °С) анализах (табл. 4).

Таблица 4. Изменение температуры суспензии по первому и второму анализам

	время отстаивания	температура суспензии, ^{0}C					
		1 образец	2 образец	3 образец	4 образец	5 образец	6 образец
Первый анализ	1 мин	20,0	19,0	19,0	19,0	20,0	19,0
	30 мин	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,5
	3 часа	23,0	22,0	23,0	23,0	22,5	23,0
Второй анализ	1 мин	*24,0*	*25,0*	*24,0*	*24,5*	*19,0*	*24,5*
	30 мин	*24,0*	*25,0*	*24,0*	*25,0*	*20,0*	*24,5*
	11 часов	*26,0*	*27,0*	*26,5*	*27,0*	*23,0*	*26,5*

Методика ГОСТ 12536 – 2014 включает поправку на температуру суспензии, но, возможно, влияние температуры на диспергацию лессовых пород более существенно, чем учитывается в ГОСТе.

По полученным данным была составлена треугольная диаграмма Фере (рис. 1) и построены интегральные кривые гранулометрического состава для каждого образца (рис. 2).

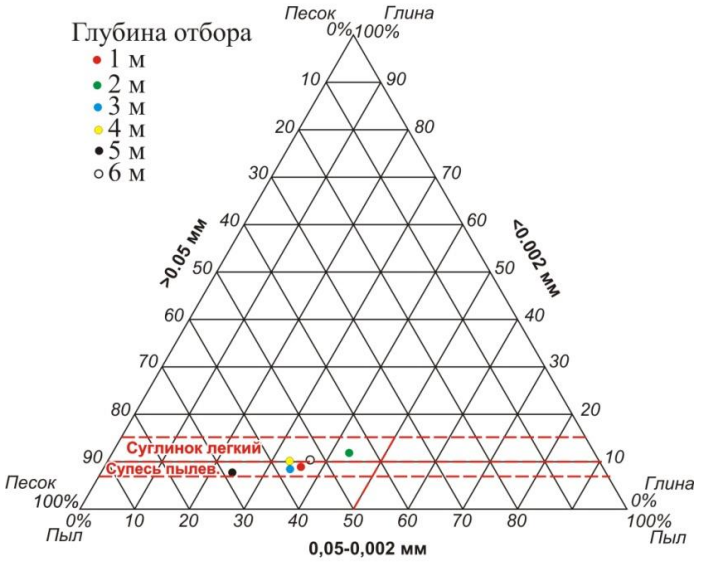


Рисунок 1. Треугольная диаграмма Фере для выражения гранулометрического состава для всех образцов (образцы № 1-6)

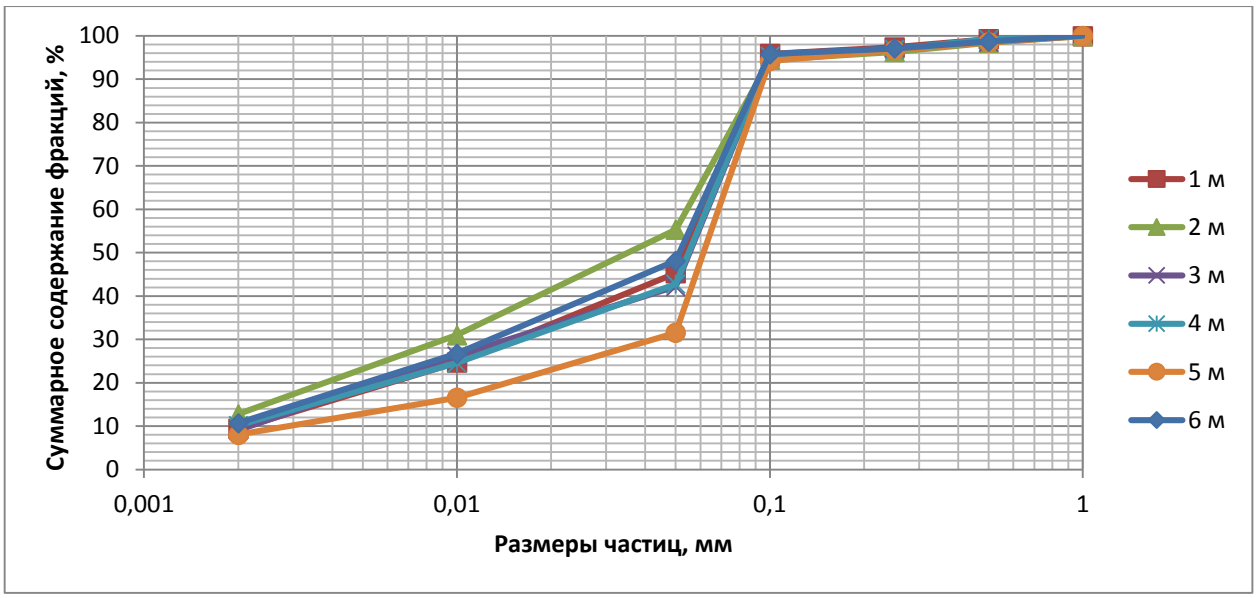


Рисунок 2. Интегральная кривая гранулометрического состава для всех образцов (1 - 6)

По результатам гранулометрического анализа, грунт - суглинок лёгкий песчанистый (по классификации ГОСТ 25100-2011), т.к. песчаная фракция (2.0-0.05 мм) ≥40%, а число пластичности находится в интервале $7 \leq I_p < 12$. По классификации В.В. Охотина, 1, 3 и 5 образцы - супесь тяжелая, так как содержание глинистой фракции 6-10%, а частиц песчаной фракции больше, чем пылеватых, 2, 4 и 6 образцы - суглинок легкий, так как содержание глинистой фракции 10-15%, а частиц песчаной фракции больше чем пылеватых (табл. 5).

Таблица 5. Классификация изученных лессовых грунтов по ГОСТ 25100-2011 и по В.В. Охотину

Глубина отбора, м	Число пластичности	Содержание фракции, %			Название грунта по ГОСТ 25100-2011 (с учетом числа пластичности)	Название грунта по В.В. Охотину
H	$I_P = W_L - W_p$	песчаная >0.05 мм	пылеватая 0.05-0.002 мм	глинистая <0.002 мм		
1	7.0	54.7	34.9	9.4	суглинок легкий песчанистый	супесь тяжелая
2	7.5	44.7	42.6	12.8	суглинок легкий песчанистый	суглинок легкий
3	9.6	57.8	33.1	9.1	суглинок легкий песчанистый	супесь тяжелая
4	7.5	57.3	32.6	10.2	суглинок легкий песчанистый	суглинок легкий
5	9.9	68.4	23.5	8.0	суглинок легкий песчанистый	супесь тяжелая
6	8.1	51.9	37.4	10.7	суглинок легкий песчанистый	суглинок легкий

Коэффициент неоднородности позволяет отнести все исследуемые образцы к неоднородным, т.к. коэффициент неоднородности >5. Наиболее высоким коэффициентом неоднородности обладает образец 1, значение которого достигает 28.2, наименее – образец 5, где коэффициент неоднородности равен 23.8 (табл. 6).

Таблица 6. Коэффициент неоднородности изученных лессовых грунтов

№ образца	Глубина образца в м	d60	d10	Коэффициент неоднородности, d60/d10	Классификация по коэффициенту неоднородности (<5 однородный, >5 неоднородный
1	1	0.062	0.0022	28.2	неоднородный
3	3	0.063	0.0023	27.4	неоднородный
5	5	0.069	0.0029	23.8	неоднородный

Литература

1. ГОСТ 12536 – 2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2015. - 18 с.
2. ГОСТ 25100 - 2011. Грунты. Классификация. М.: Издательство стандартов, 2012. - 42 с.
3. Лабораторный практикум по грунтоведению/ Под ред. В.А. Королева, В.Н. Широкова и В.В. Шаниной – Душанбе: Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г.Душанбе, 2019. - 240 с.
4. Практикум по грунтоведению / Трофимов В.Т., Королев В.А. М.: Изд-во МГУ, 1993. - 390 с.

GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SOILS OF THE UPPER QUATERNARY COMPLEX IN CENTRAL PART OF DUSHANBE

Magdiev M.M.[1], Sharipov R.Sh.[2]

Lomonosov Moscow State University in Dushanbe [1]

Ministry Transport of the Republic Tajikistan[2]

Annotation. *This work presents the results of a comprehensive study of the composition, structure and properties of loess soils of the Upper Quaternary complex in the central part of the city of Dushanbe. The data of granulometric composition of soils obtained by two methods (old and new) and their comparison are presented.*

Keywords: *humidity, density, solid particle density, particle size distribution, fraction, hydrometer, suspension temperature.*

***Сведения об авторах*. Магдиев Мухаммадамин Махмудович** – лаборант лаборатории геологии Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. E-mail: muhammadamin.magdiev2512@gmail.com
Шарипов Раджабали Шарофиддинович- главный специалист отдела инженерной геологии Министерства транспорта РТ.

УДК 624.131

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ НИЖНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА СТРАТОТИПА ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО ДУШАНБИНСКОГО КОМПЛЕКСА

Магдиев М.М.
Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе

Аннотация. *В данной статье приведены полученные результаты о составе, строении и свойствах грунтов нижней части разреза стратотипа верхнечетвертичного Душанбинского комплекса в районе Мирзобек города Душанбе. Проведен анализ полученных данных о просадочности грунтов душанбинского комплекса.*
Ключевые слова: *лессовые породы, грунты, влажность, гранулометрический состав, просадочность, прибор ППУ.*

CHARACTERISTIC OF SOIL BOTTOM SECTION IN THE BOTTOM PART OF THE STRATOTYPE OF THE UPPER QUATERNARY DUSHANBI COMPLEX

Magdiev M.M.
Lomonosov Moscow State University in Dushanbe

Annotation. *This article presents the results obtained on the composition, structure and properties of soils in the lower part of the stratotype section of the Upper Quaternary Dushanbe complex in the Mirzobek region of the city of Dushanbe. The analysis of the obtained data on the subsidence of these soils is carried out.*
Keywords: *loess rocks, soils, moisture, particle size distribution, subsidence, PC device.*

Стратотипический разрез верхнечетвертичного душанбинского комплекса является ценным объектом для инженерно-геологического изучения, учитывая, что лёссовые породы занимают почти 70 % площади территории Таджикистана. В настоящее время связи с активной строительной деятельностью на территории Республики Таджикистан изучение просадочных грунтов приобретает особо важное значение, так как большая часть равнин, долин и межгорных впадин покрыта площадно-залегающими лёссовыми породами, являющимися основаниями зданий и сооружений.

Просадочность лёссовых пород обусловлена особенностями их состава, состояния и строения [1] и характеризуется такими показателями,

как *коэффициент относительной просадочности* $\mathcal{E}_{sl}$, *коэффициент макропористости* $\Delta e = e - e'$. *начальное давление просадки* P_{si}. *МПа, начальная влажность просадки* w_{si}, *д. ед.,* определяемые по результатам испытаний образцов грунта ненарушенного сложения в лабораторных условиях методом компрессионных испытаний [2].

Из нижней части разреза стратотипа верхнечетвертичного душанбинского комплекса в районе Мирзобек города Душанбе нами были отобраны 6 образцов лёссовых пород с различных глубин – 7.4 м.; 10.9 м.; 11.7 м.; 12.1 м.; 12.5 м. и 12.7 м. Размер каждого монолита ориентировочно – 20х20х20. Лабораторные инженерно-геологические исследования проводились по обычной методике [4] в лаборатории грунтоведения Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г.Душанбе.

Результаты исследований

Макроописание: предварительное название – лессовидные суглинки, при скатывании не дают ощущение однородной массы, при скатывании в кольцо дают излом. Цвет образцов – от светло-коричневого со светло-серыми включениями карбонатов (реакция с HCl) в тонко рассеянном состоянии до тёмно-коричневого со светло-серыми карбонатами и тёмными растительными остатками. Макроструктура – отдельность угловато-комковатая, шероховатый излом, макропоры от 0.3 до 1.2 мм ориентированные в 3 направлениях, характер распределения от центра к периферии. Микротекстура – массивная, однородная, без слоистости. Состояние грунта – плотность средняя, по консистенции твёрдый и влажный.

Влажность исследуемых грунтов меняется в диапазоне от 12 до 2 % и уменьшается с глубиной (табл.2). Причиной этого, скорее всего, является инфильтрация и распределение поверхностных (атмосферных) вод, также влияние техногенных вод, т.к. на поверхности обнажения встречены водоотводы.

Влажность верхнего предела пластичности данных грунтов изменяется от 31 до 35 %, влажность нижнего предела пластичности от 22 до 25%. Число пластичности находится в интервале 8-11 % и по ГОСТ 25100-2011 грунт является суглинком лёгким ($7 \leq Ip < 12$). Показатель консистенции колеблется от -1.1 до -2.7 д.ед. и по ГОСТ 25100-2011 грунт твердый ($I_L < 0$) (табл.2). Грунты в нижней части исследуемого интервала имеют более высокие значения нижнего и верхнего пределов пластичности, что согласуется с изменением гранулометрического состава грунтов с глубиной.

Для определения гранулометрического состава ареометрическим методом были использованы 2 образца с уровня 7.4 и 12.1 м. Преобладающей в этих образцах является пылеватая фракция 0.05-0.002 мм (больше 50 %). Содержание

песчаных фракций 2.0-0.05 мм, чуть меньше 38.3–47.5 %. Содержание глинистой фракции <0.002 мм не превышает 10 % (табл. 1, рис.1).

Таблица 1. Результаты гранулометрического анализа

Глубина отбора, м	Содержание частиц по фракциям (мм), %								Название грунта по классификации В.В. Охотина	Название грунта по классификации ГОСТ 25100-2011
	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002		
7.4	0.3	0.9	1.4	44.9	37.0	9.6	4.5	1.4	Песок	Суглинок легкий песчанистый
12.1	5.8	4.3	2.9	25.3	46.2	5.0	2.3	8.2	Супесь тяжелая пылеватая	Суглинок легкий пылеватый

Данные таблицы 1 показывают, что с глубиной содержание песчаных фракций (2.0-0.05 мм) уменьшается, в то время как содержание пылеватых (0.05-0.002 мм) и глинистых фракций (<0.002 мм) увеличивается.

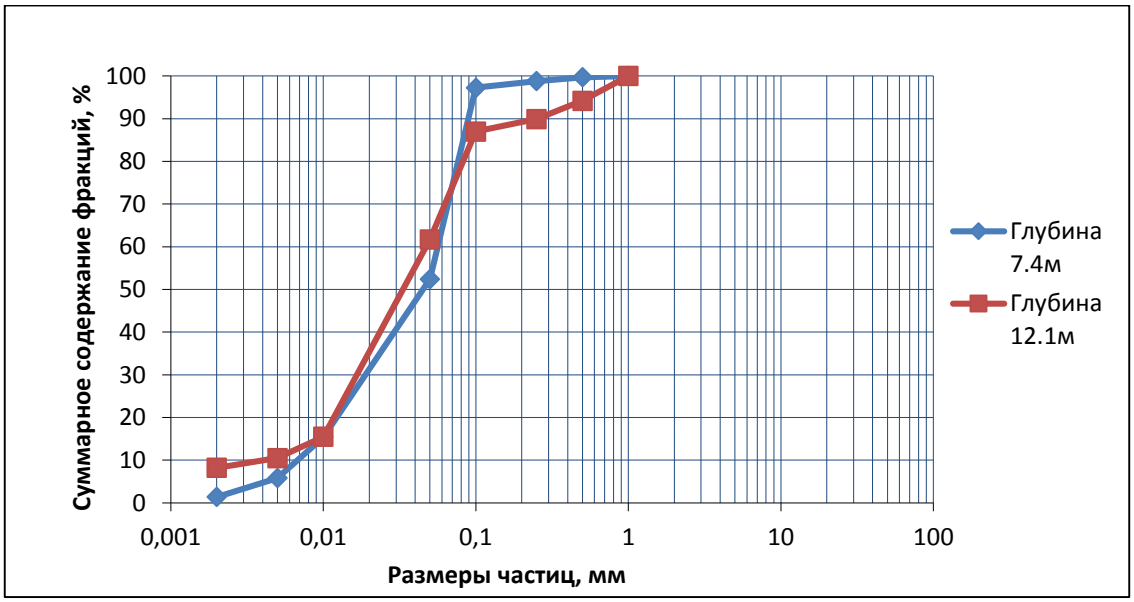


Рисунок 1. Интегральные кривые гранулометрического состава для исследуемых образцов

По классификации ГОСТ 25100-2011 исследуемый грунт, суглинок легкий песчанистый (образец с глубины 7.4 м) и суглинок лёгкий пылеватый (образец с глубины 12.1 м), т.к. песчаная фракция (2.0-0.05 мм) в первом случае больше 40%, во втором меньше 40%, а число пластичности находится в интервале $7 \leq I_p < 12$. По классификации В.В. Охотина, образец с глубины 7.4 м - песок, так как содержание глинистой фракции меньше 3%, образец с глубины 12.1 м –

супесь тяжелая пылеватая, так как содержание глинистой фракции 6-10%, а частиц пылеватых фракций больше, чем песчаных.

Коэффициент неоднородности позволяет отнести исследуемые образцы к неоднородным. Наиболее высоким коэффициентом неоднородности обладает образец с глубины 12.1 м, значение которого достигает 14.1, наименее – образец с глубины 7.4 м (8.9), где коэффициент неоднородности > 5.

Плотность породы колеблется от 1.59 до 1.86 г/см^3. Она существенно увеличивается с глубиной. Плотность скелета грунта зависит от пористости и минерального состава. Результаты расчёта плотности скелета по изученным образцам приведены в табл. 3. Значения изменяются от 1.42 до 1.82 г/см^3. Средняя плотность твердых частиц равна 2.71 г/см^3.

Таблица 2. Значения влажности исследуемых лессовых грунтов

Глубины, м	Естественная влажность, %	Влажность нижнего предела пл., %	Влажность верхнего предела пл., %	Число пластичности, %	Показатель консист., д.ед.
7.4	12	22	32	10	-1.1
10.9	8	22	31	9	-1.4
11.7	8	24	32	8	-1.8
12.1	5	23	35	12	-1.6
12.5	5	25	35	10	-1.9
12.7	2	25	33	8	-2.7

Таблица 3. Значения плотности и пористости исследуемых лессовых грунтов

Глубина, м	Естественная плотность, г/см^3	Плотность скелета грунта, г/см^3	Пористость грунта, %	Коэффициент пористости, д.ед
7.4	1.59	1.42	47	0.90
10.9	1.61	1.49	45	0.82
11.7	1.64	1.53	44	0.77
12.1	1.70	1.62	40	0.68
12.5	1.72	1.64	39	0.65
12.7	1.86	1.82	33	0.49

Пористость изученных образцов варьирует от 33 до 47 %. Коэффициент пористости изменяется от 0.49 до 0.90.

Результаты, полученные при изучении просадочных свойств (табл. 4) показывают, что просадочность лессовых грунтов изменяется по глубине: на глубине 7.4-11.7 м она составляет 0.05-0.07, а на глубине 12.1-12.7 м – 0.03-0.04. Это связано с существенным увеличением плотности грунтов с 1.59-1.64 г/см^3 на глубине 7.4-11.7 м до 1.70-1.86 г/см^3 внизу лессовой толщи. Также наблюдается и увеличение плотности скелета грунта.

Выводы. Таким образом, полученные данные позволяют сделать следующие выводы: исследуемые грунты в зависимости от приложенной вертикальной нагрузки являются слабо-, средне- и сильнопросадочными.

Как следует из табл. 4, с увеличением вертикальной нагрузки, значение относительной просадочности увеличивается, при нагрузке P=0.1 МПа все исследуемые грунты являются слабопросадочными, а при нагрузке P=0.2 и 0.3 средне- и сильнопросадочными. Это связано с тем, что природное давление равно или больше прикладываемой первой ступени нагрузки (P=0.1 МПа), т.е. исследуемые грунты в естественном залегании уже испытывали такую нагрузку. Однако дальнейшее увеличение давления, как правило, приводит к уменьшению просадочности за счёт того, что грунт уплотняется ещё до замачивания. При прочих равных условиях большей просадочностью обычно обладают супеси, меньшей глины. С глубиной относительная просадочность изменяется следующем образом: на всех ступенях вертикальной нагрузки уменьшается, увеличивается и снова уменьшается. Это обусловлено теми факторами, которые описаны выше.

Начальное просадочное давление исследуемых грунтов находится в интервале от 0.037 до 0.10 МПа. Согласно некоторым источникам для районов Центральной Азии величина начального просадочного давления лессовых грунтов изменяется от 0.02 до 0.30 МПа, полученные значения начального просадочного давления попадают в этот диапазон. При сравнении полученных значений относительной просадочности методом «одной кривой» и «двух кривых» при нагрузке 0.3 МПа, видно, что значения относительной просадочности, полученные методом «одной кривой» меньше, чем значения, полученные методом «двух кривых» на 0.01-0.04. При определении относительной просадочности грунтов в компрессионных приборах по любому из методов следует иметь ввиду, что получаемые результаты имеют значительную вариантность, вследствие чего отдельные значения даже при испытаниях одного образца могут отличаться в 1.5-3.0 и даже в 5 раз. Столь значительные колебания в значениях могут быть объяснены малыми размерами образцов, некоторой неоднородностью грунта вследствие карбонатных и других включений или, наоборот, наличием пор повышенного размера, вариабельностью исследований и другими факторами.

Таблица 4. Просадочные свойства грунтов, определенные методами «одной» и «двух кривых»

№ образца	Глубина м	Природное давление, МПа	Метод «одной кривой»		Метод «двух кривых»						
			Относительная просадочность при P=0.3 МПа	Классификация по ГОСТ 25100-2011	Относительная просадочность при P=0.1 МПа	Классификация по ГОСТ 25100-2011	Относительная просадочность при P=0.2 МПа	Классификация по ГОСТ 25100-2011	Относительная просадочность при P=0.3 МПа	Классификация по ГОСТ 25100-2011	Начальное просадочное давление P, МПа
1	7,4	0,12	0,05	Среднепросадочный	0,01	Слабопросадочный	0,02	Слабопросадочный	0,04	Среднепросадочный	0,1
2	10,9	0,18	0,07	Среднепросадочный	0,03	Слабопросадочный	0,06	Среднепросадочный	0,08	Сильнопросадочный	0,037
3	11,7	0,2	0,06	Среднепросадочный	0,02	Слабопросадочный	0,05	Среднепросадочный	0,08	Сильнопросадочный	0,038
4	12,1	0,21	0,04	Среднепросадочный	0,02	Слабопросадочный	0,03	Слабопросадочный	0,06	Среднепросадочный	0,045
5	12,5	0,22	0,04	Среднепросадочный	0,02	Слабопросадочный	0,05	Среднепросадочный	0,08	Сильнопросадочный	0,088
6	12,7	0,23	0,03	Слабопросадочный	0,01	Слабопросадочный	0,02	Слабопросадочный	0,03	Слабопросадочный	0,1

Литература

1. Крутов В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. К.: «Будивельник», 1982. - 224 с.
2. Грунтоведение/ Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2005. - 1024 с.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: МНТК, 2013. - 42 с.
4. Лабораторный практикум по грунтоведению/ Под ред. В.А. Королева, В.Н. Широкова и В.В. Шаниной – Душанбе: Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова, 2019. - 240 с.
5. Опорные инженерно-геологические разрезы лёссовых пород Северной Евразии. Под ред. В.Т. Трофимова, М.: МГУ. 2008. - 607 с.

УДК 551.521.3,583

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ 1-ОГО КЛАССА ОПАСНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Pb, Zn И As) В ПРОБАХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Рахматов М.Н.[1], Абдуллаев С.Ф.[2]

Худжандский государственный университет им. академика Б. Гафурова[1]
Физико-технический институт им. С.У.Умарова НАНТ[2]

Аннотация. *В статье приведены результаты обработки и интерпретации данных по исследованию содержания 1-ого класса опасности тяжелых металлов (Pb, Zn и As) в пробах почв на территории юго-восточной части Согдийской области. Полученные результаты сопоставлены с данными центральными части Согдийской области. Показано, что в пробах почв содержание свинца не достигает значения ПДК. Во всех образцах содержание мышьяка превышало ПДК. Установлено, что содержание цинка в пробах почв колеблется от 30.93 до 257 ppm, среднее содержание составило 91.48 ppm. Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание цинка в пробах почв юго-восточной части Согдийской области не достигает значения ПДК. Также, на основе экспериментальных данных определён геохимический индекс (Igeo) загрязнения почв юго-восточной и центральной частей Согдийской области, что позволило оценить степень загрязненности почв тяжелыми металлами.*

Ключевые слова: *атмосферный аэрозоль, тяжелые металлы, первого класса опасности, пробы почв, ПДК, рентгенофлуоресцентный анализатор, спектроскан.*

К числу наиболее значимых загрязняющих веществ относятся тяжелые металлы (ТМ). Особое внимание уделяется таким ТМ, как цинк, свинец и мышьяк. Наиболее приоритетными являются поллютанты антропогенного происхождения, среди которых доминируют ТМ в связи с их важной ролью в жизнедеятельности организмов и высокой миграционной способностью в окружающей среде. Особое значение приобрело загрязнение биосферы группой поллютантов, плазматических ядов, с общим названием ТМ. Термин «тяжёлые металлы» характеризует широкую группу загрязняющих веществ. В связи с

различной трактовкой их количество изменяется в широких пределах. Критериями принадлежности являются атомная масса (свыше 40-50), плотность (5 г/см^3), токсичность, степень вовлечения в природные и техногенные циклы, распространенность в природе.

Среди токсичных веществ тяжёлые металлы занимают особое место, поскольку в отличие от других загрязнителей их соединения довольно устойчивы и сохраняют длительное время токсичное действие. Тяжёлые металлы длительное время остаются ведущей группой загрязнителей, представляющих научный и практический интерес [1-3].

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду имеет как естественное, так и техногенное происхождение. Наиболее высокая эмиссия характерна для свинца, цинка и мышьяка − 50-80 % [2-4].

Содержания ТМ почвами зависит от целого комплекса природных и техногенных факторов: характера почвообразующих пород, климата, растительности, рельефа местности, расположения и особенностей техногенных источников тяжелых металлов региона.

Исследование количественного содержания ТМ в пробах почв даёт возможность оценивать экологическое состояние исследуемого региона.

Целью данной работы было изучение содержания тяжелых металлов (Pb, Zn и As) I-ого класса опасности в пробах почв и степень загрязнения ТМ на территории юго-восточной части Согдийской области. Экспериментальная установка и методика эксперимента приведены в статье [6].

Содержание I-ого класса опасности тяжелых металлов (Pb, Zn и As) в пробах почв выявляли методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре «Спектроскан МАКС-G» (ООО «СПЕКТРОН», Россия) [7].

Результаты и обсуждение.

Исследование проводилось в течение 7 лет, т.е. в 2013-2020 годы. На рисунках 1-3 представлены вариации содержания элементов в исследуемых пробах. С целью определения содержания I-ого класса опасности тяжёлых металлов (Pb, Zn и As) в пробах почв в юго-восточной части Северного Таджикистана, а также оценки их влияния в почвах местности были проведены мониторинговые исследования на данной территории. Для оценки уровня загрязненности почв нами были использованы соотношения предельно-допустимых концентраций (ПДК) и кларку ТМ в почве по реальным содержанием элементов.

В результате исследования установлено, что содержание свинца в почвах юго-восточной части Северного Таджикистана колеблется от 2 ppm до 32.81 ppm (рис. 1). Средняя концентрация Pb не превышала ПДК (ПДК при 32 ppm) и составила в 12.63 ppm. Если полученные данные по концентрации свинца в

почвах юго-восточной части Согдийской области сравнить с данными по городу Худжанда, тогда можно заметить, что среднее содержание свинца в исследуемых пробах почв почти в 2 раза меньше, чем в пробах почв города Худжанд.

В российском природоохранном законодательстве принято оценку экологической напряженности проводить путём сравнения концентрации каждого элемента с известными пороговыми и критическими нагрузками, установленными нормативами и величинами ПДК, ОДК и др. [4]. По определению ПДК – это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Сравнение концентраций эданных соединений на исследуемых участках с их стандартами позволяет количественно оценить меру потенциальной опасности, которую могут представлять загрязняющие вещества для здоровья человека, общественного благосостояния и окружающей среды.

Такой подход называют характеристикой риска загрязнения [5]. Соответствующие рекомендации по оценке состояния и контролю потенциально вредных последствий загрязнения почвы, изданные в июле 1996 г., представлены на сайте Агентства по охране окружающей среды США (US EPA) [3].

Учитывая изложенное, обзор литературы показывает, что каждый элемент имеет свой диапазон безопасной концентрации, при котором происходит нормальное функционирование экосистемы. Число биологически значимых элементов расширяется, к ним сейчас также относятся содержания I-ого класса опасности тяжёлых металлов (Pb, Zn и As). В этой связи необходима большая биогеохимическая осведомленность об элементах не только в почвах, но и в воде, растениях и пище.

Поэтому концентрации исследуемых элементов сравнивали с установленными нормативами.

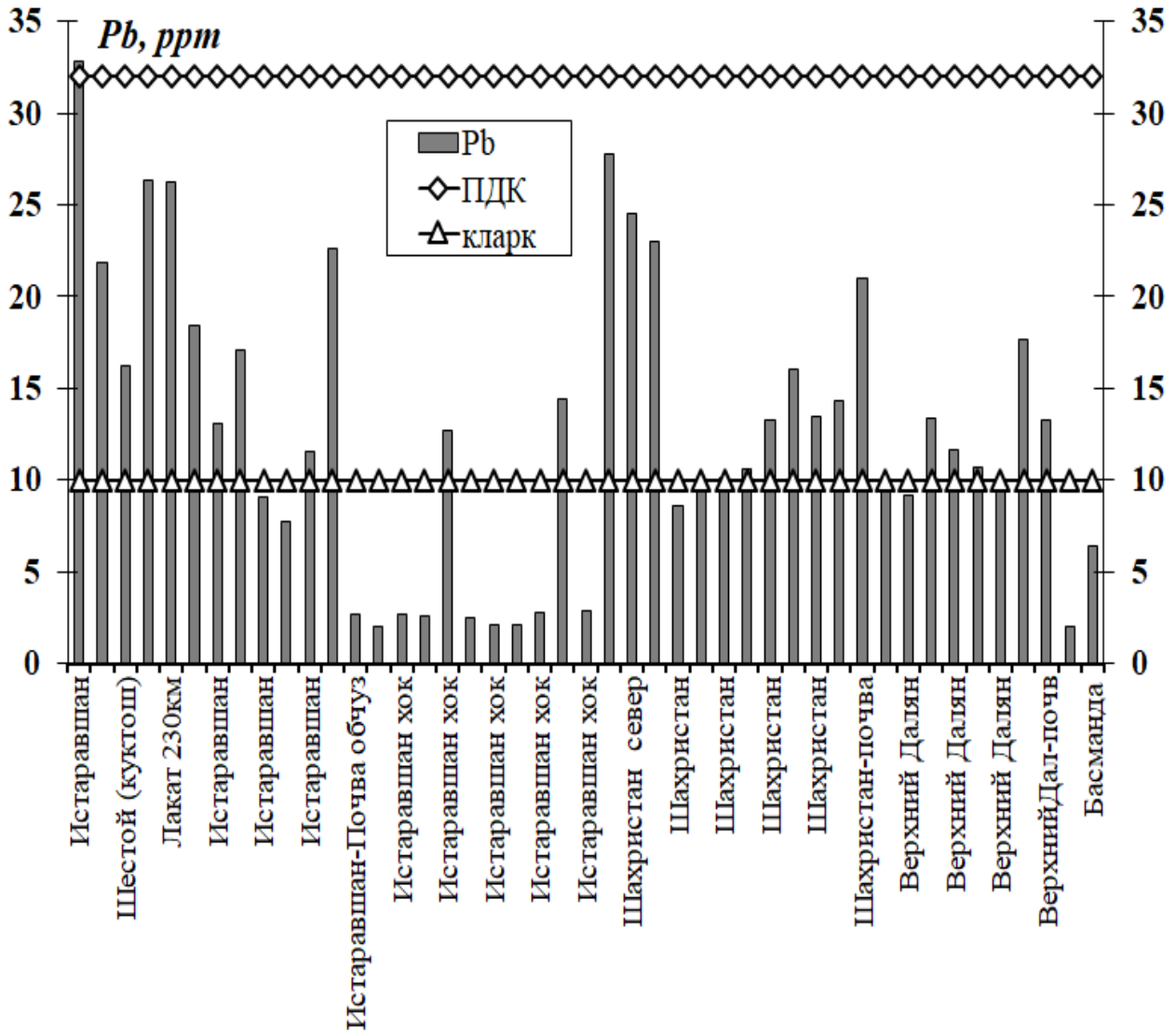


Рисунок 1. -Соотношение концентрации свинца в почве к ПДК и кларку

Установлено, что содержание As в пробах почв колеблется от 1.56 ppm по 123.25 ppm, среднее содержание в пробах почв составило 33.55 ppm (рис. 2). Среднее содержание As в пробах почв превышает фоновое значение в 21.5 раз. Наиболее высокое содержание As зафиксировано на территории села Обджувоз Истаравшанского района и составило 123.25 ppm.

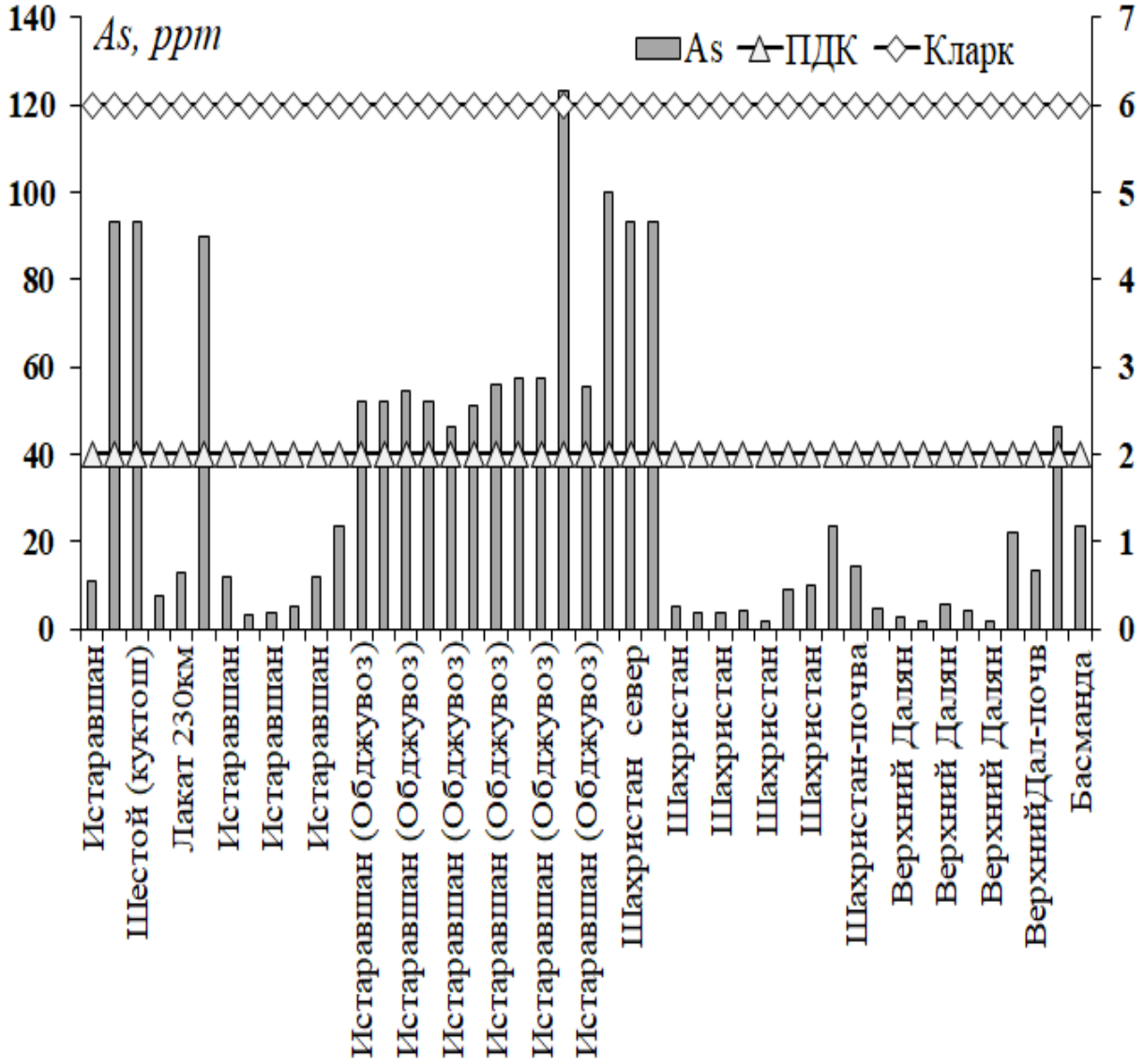


Рисунок 2. Соотношение концентрации свинца в почве к ПДК и кларку

Минимальное содержание As отмечено в пробах почв в Девашти́чском районе села Верхний Далян, оно составляет 1.56 ppm. Полученные данные свидетельствуют о том, что среднее содержание As в пробах почв 16.8 раз превышает значения ПДК.

Кларк мышьяка в почвах составляет 6 мг/кг. ПДК составляет 2 мг/кг [11]. Нами установлено, что средняя концентрация мышьяка в пробах почв юго-восточной части Согдийской области в 1.3 раз выше, чем в пробах почв, отобранных с территории города Худжанд.

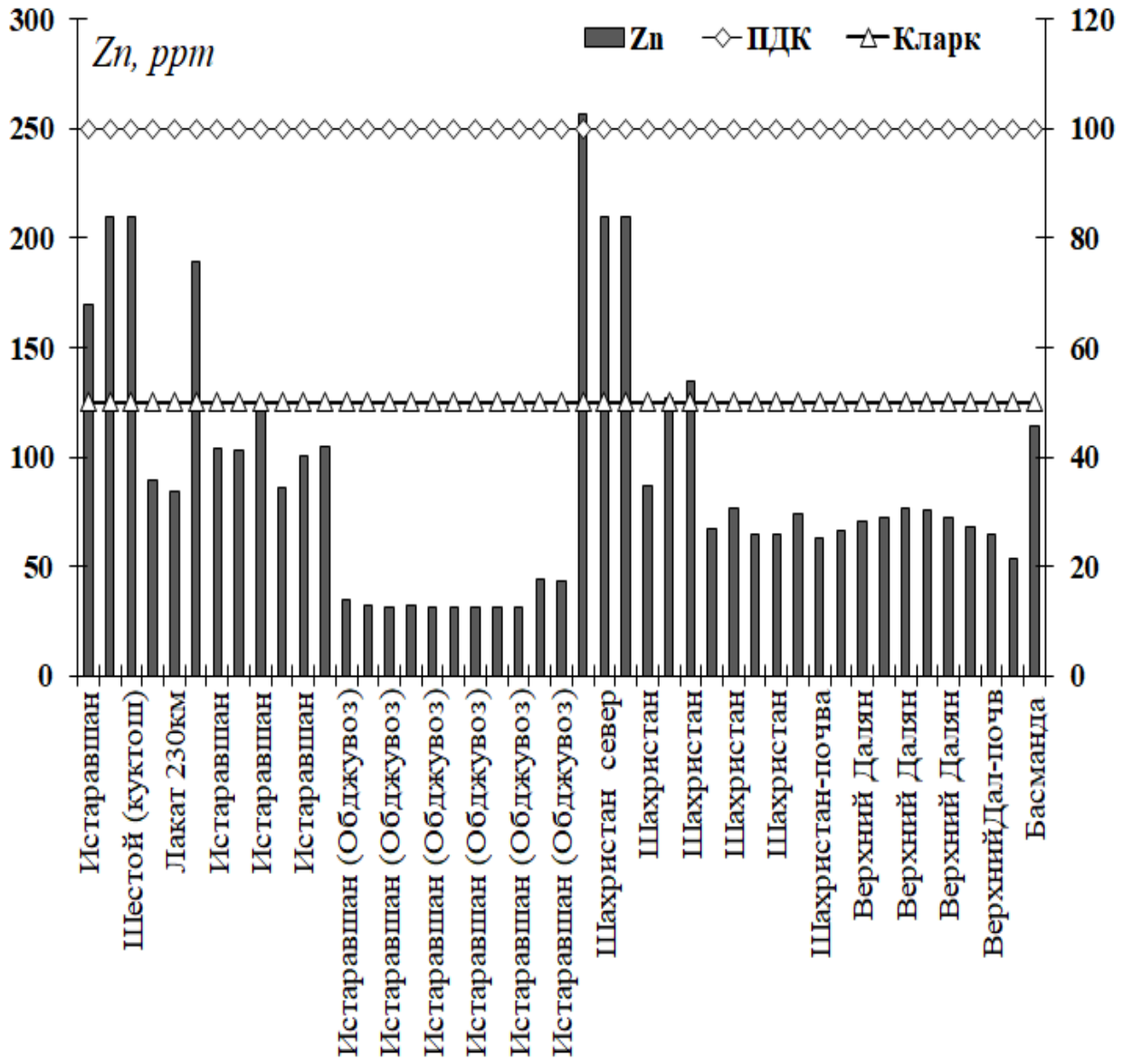


Рисунок 3. Соотношение концентрации свинца в почве к ПДК и кларку

В ходе исследования было установлено, что содержание Zn в пробах почв юго-восточной части Северного Таджикистана варьировало от 30.93 до 257 ppm. На рис.3 в виде гистограммы показано количество цинка в почве исследуемой территории. Содержание цинка в исследуемых почвах отмечено в пределах ПДК.

На рисунке 4 приведено отношение концентраций Pb, As и Zn в пробах атмосферного аэрозоля и почв юго-восточной части Северного Таджикистана.

Среднее содержание свинца в Девештичском районе в пробах атмосферного аэрозоля (80.9 ppm), что в 7.9 раз выше, чем в пробах почв (10.2 ppm). В Истаравшанском районе концентрация свинца в 2.46 раза выше, чем в почве.

В Шахристанском районе концентрация свинца в пробах аэрозоля не превышает в сравнении с пробами почв. Среднее содержание As в частицах аэрозоля (14 ppm) в Девештичском районе в 1.13 раз превышает содержание Pb

в почве (12.38 ppm). В остальных районах содержание As немного ниже, чем в пробах почв.

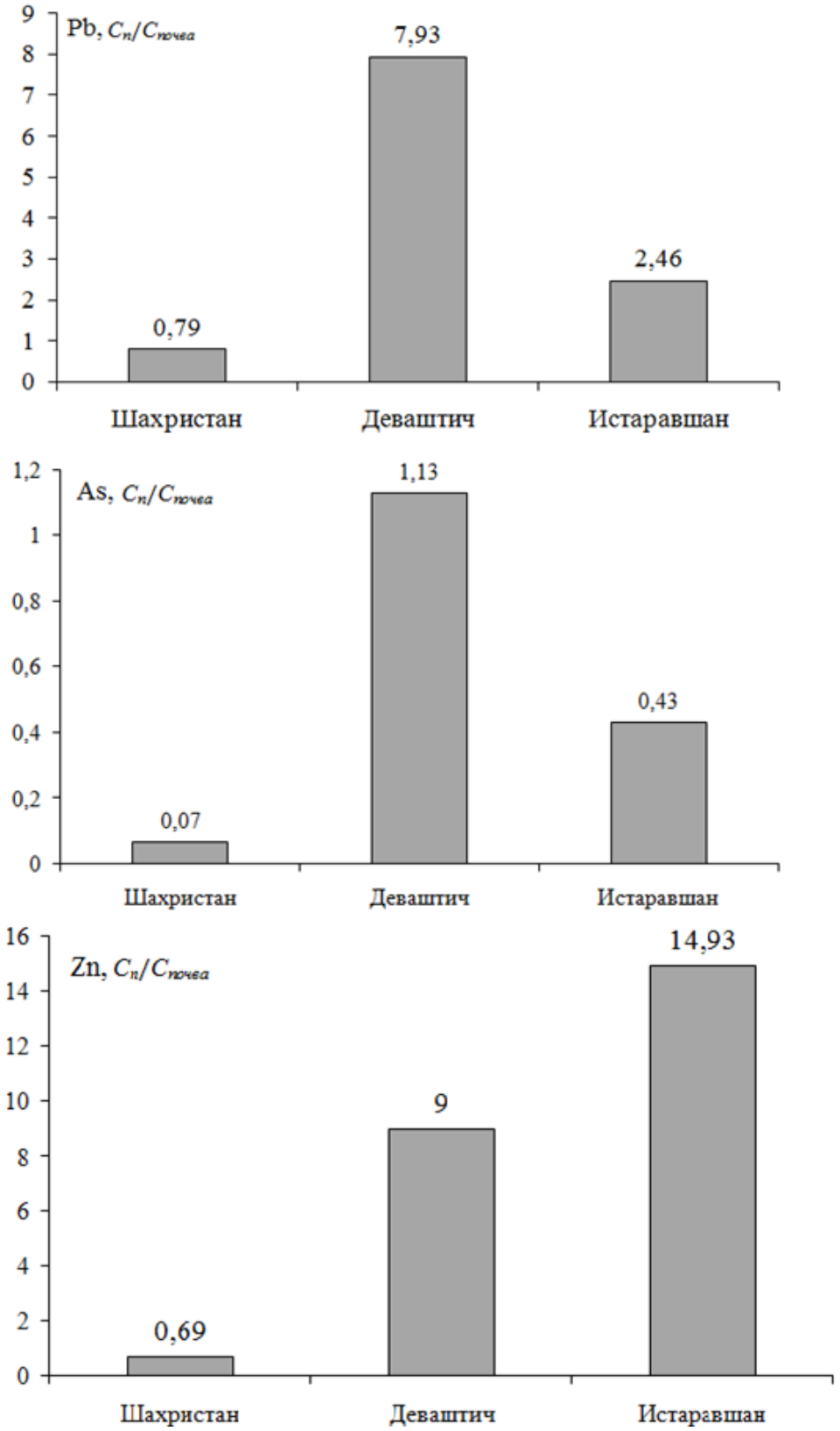


Рисунок 4. Сравнительная оценка содержания ТМ (Pb, As и, Zn) в пробах атмосферного аэрозоля и почв юго – восточной части Согдийской области (левая шкала представляет отношение концентрации ТМ в аэрозоле к их концентрации в почве)

В Девештичском районе среднее содержание цинка в пробах атмосферного аэрозоля в 9 раза выше, чем в почве. Максимальное содержание цинка в пробах АА в Девештичском районе в 14.9 раз выше по сравнению с пробами почв. Содержание цинка в Шахристанском районе в составе АА по сравнению с почвами немного ниже (рисунок 4).

Одним из наиболее часто применяемых параметров качества экологического состояния окружающей среды является геохимический индекс загрязнения (ГИЗ) или индекс геоаккумуляции (I_{geo}), дающий количественную оценку загрязнения почв, который разработан в Европе и нашёл широкое применение при геохимических исследованиях почв во всем мире [8-10]. В нашей работе при исследовании проб почв определялась концентрация Pb, As и Zn в пробах почв и вычислялся ГИЗ с последующим определением классов загрязнения для районов юго-восточной и центральной части Согдийской области.

Для расчёта используется концентрация ТМ в мелкой фракции (менее 1 мм) почв C_n и региональная фоновая концентрация металла B_n, которую определяют по данным специальных исследований, ГИЗ рассчитывается по формуле:

$$I_{geo}= \log_2(C_n/1{,}5*B_n),$$

Таблица 1. Классы ГИЗ (I_{geo}) для качества почв [8].

класс	значение I_{geo}	качество почвы
0	$I_{geo} \leq 0$	практически незагрязненная
1	$0<I_{geo} \leq 1$	от незагрязненных до умеренно зарязненных
2	$1<I_{geo} \leq 2$	умеренно загрязненная
3	$2<I_{geo} \leq 3$	от умеренно до сильно загрязненных
4	$3<I_{geo} \leq 4$	сильно загрязненная
5	$4<I_{geo} \leq 5$	экстремально сильно загрязненная
6	$I_{geo} \geq 5$	крайне сильно загрязненная

Проведенные нами исследования (табл., рис.5 и 6) показали, что основное внимание следует уделять изучению загрязнения почв элементами первого класса опасности (Pb, Zn и As).

Анализ полученных значений геохимического индекса (I_{geo}) позволил оценить загрязнение почв районов юго-восточной и центральной части Согдийской области тяжелыми металлами.

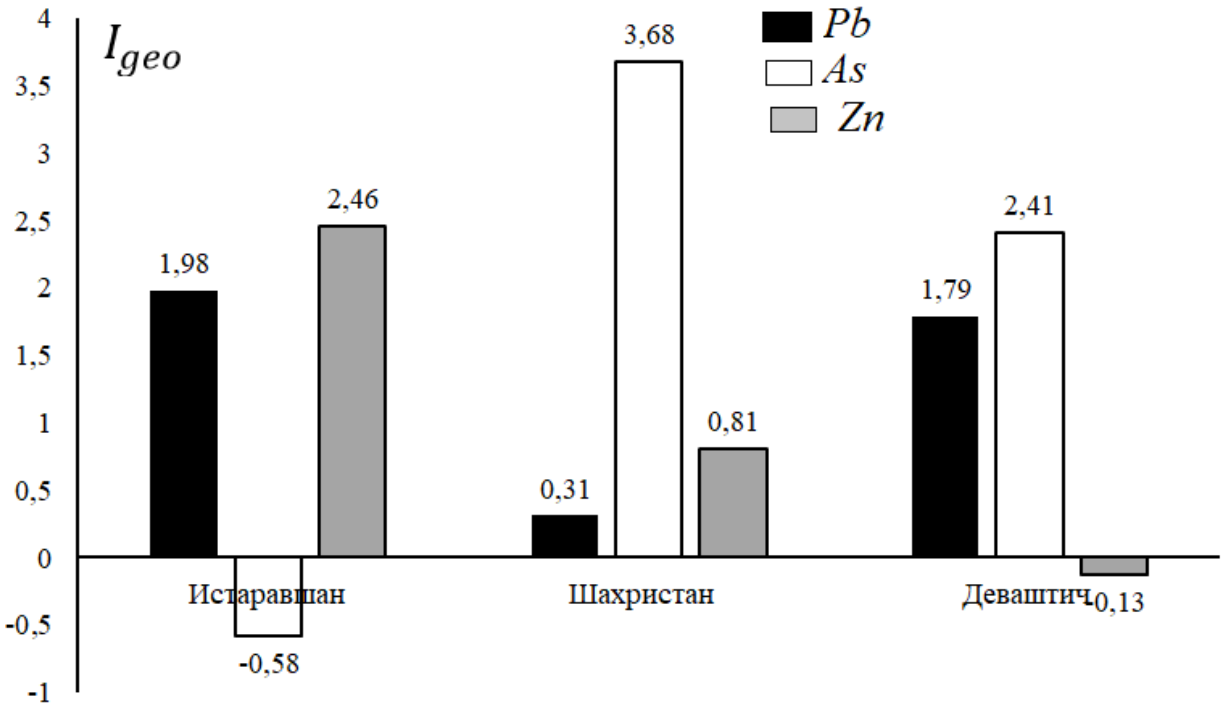


Рисунок 5. Геохимическая оценка содержания Pb, As и Zn в пробах почв юго-восточной части Согдийской области

Расчёт ГИЗ и выявление классов загрязненности показывает, что территория вокруг Дегмайского хвостохранилищ является наиболее сильно загрязненной металлами первого класса опасности: свинцом (I_{geo}= 5, экстремально сильное загрязнение), мышьяком (I_{geo}=5,3). Высоким уровнем загрязнения мышьяком (I_{geo}= 3.68, весьма неблагоприятное состояние) характеризуется также Шахристанский район. Почва Деваштичского района, по геохимической оценке, сильно загрязнена мышьяком. Уровень загрязнения почвы Истаравшанского района тяжелыми металлами 1 –ого класса опасности умеренный ($1<I_{geo}\leq2$), либо еще более слабый ($0<I_{geo}\leq1$) (см. рис.5, 6).

Таким образом, содержание I-ого класса опасности тяжёлых металлов (Pb, Zn и As) в пробах почв юго-восточной части Северного Таджикистана зафиксировано за пределы ПДК. Только концентрации As в пробах, отобранных на территории Истравшанского района превышает значение ПДК.

В юго-восточной части Северного Таджикистана отмечено, что концентрации Pb и Zn в пробах атмосферного аэрозоля в 3 и 11 – раз выше, чем почв. Среднее содержание As в составе аэрозоля зафиксировано ниже чем, пробах почв.

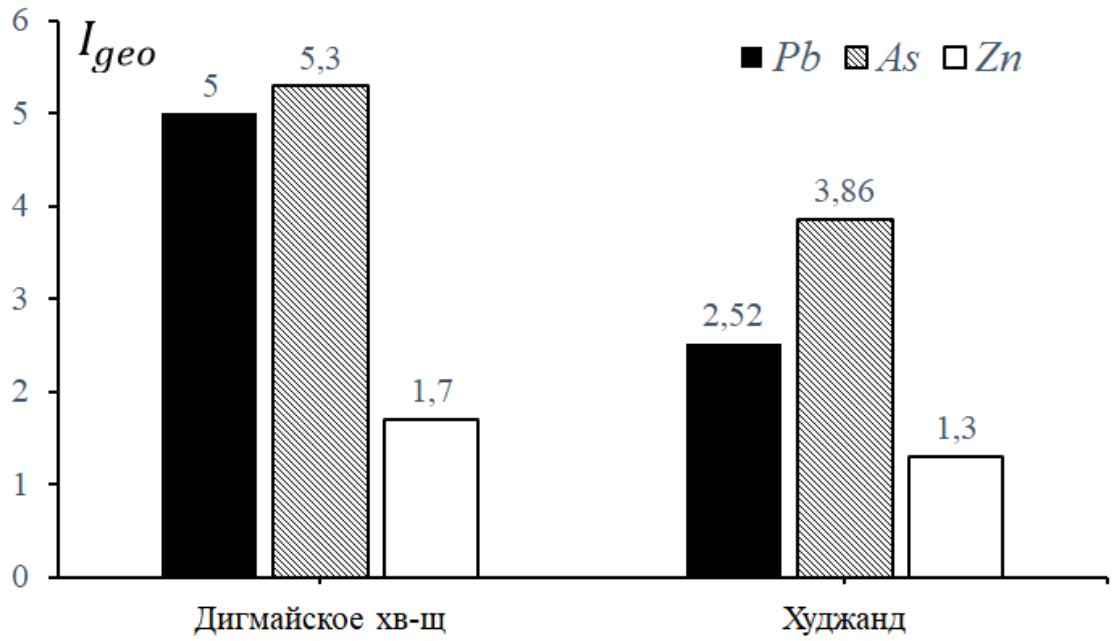


Рисунок 6. Геохимическая оценка содержания Pb, As и Zn в пробах почв вокруг Дегмайского хвостохранилища и г. Худжанд

Расчёт ГИЗ и выявление классов загрязненности показывает, что территория вокруг Дегмайского хвостохранилища является наиболее сильно загрязненной металлами первого класса опасности: свинцом (Igeo= 5, экстремально сильное загрязнение); мышьяком (Igeo=5.3). Высоким уровнем загрязнения мышьяком (Igeo= 3.68, весьма неблагоприятное состояние) характеризуется также Шахристанский район.

Литература

1. Казакова Н. А. Экологическая оценка состояния почвенно-растительного покрова в зоне техногенного загрязнения: на примере Ульяновского цементного завода: дисс. к-та наук. 03.02.08 / Казакова Наталья Анатольевна. – Ульяновск, 2014. - 145 с.
2. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с
3. Ладонина Н.Н. Особенности загрязнения почв и растительности Юго-Восточного административного округа г. Москвы тяжелыми металлами / Н.Н. Ладонона, Д.В. Ладонин. В кн. Тяжелые металлы в окружающей среде. Материалы междунар. симпозиума. Пущино, 1996. – С.49-60
4. Лазарев Н.В. Вредные вещества в промышленности / Н.В. Лазарев, Э.Н. Левина // Под. ред. засл. деят. науки, проф. Н.В. Лазарева. – Ч. 1. Изд. – № 6. – Л.: Химия, 1971. – 832 с
5. Кабата-Пендиас, Пендиас, Х. Микроэлементы в почвах и растениях / Кабата-Пендиас, Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

6. Рахматов М.Н., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Расулзода Х.Х. Элементный состав атмосферного аэрозоля и почв северного Таджикистана // Учёные записки ХГУ, № 3(46), 2018.С.56-62.
7. https://spectronxray.ru/devices/spe%D1%81trometers/spe%D1%81tros%D1%81an-maks-g/ [Дата обращения: 17.05.2021].
8. Ван Мансвельт Я.Д. Мюллер Д. Биогеохимические основы экологического нормирования. - Аграрная наука,1994, т.4, - №22,- с.5.
9. Forstner U., Muler G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sedimentsgeochemical background, man's influence and environmental impact. - Geojournal, 1981, - pp. 417–432.
10. Müller G. Schwermeialle in den sediment des Rheins-Veranderungen sent Uruschan, 1979, № 79, - pp. 329-352.

Сведения об авторах: **Рахматов Мухамади Нуридинович,** преподаватель кафедры общей физики и твердого тела ХГУ имени академика Б.Гафурова, (РТ, г. Худжанд),Тел: (+992)929431992 E-mail: muhamadi.rahmatov@yandex.ru

Абдуллаев Сабур Фузайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С. У. Умарова НАНТ (РТ, г. Душанбе) Тел: (+992)934896014. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В научном журнале «Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе» печатаются статьи, содержащие результаты научных исследований по естественным, гуманитарным и экономическим наукам. При направлении статьи в редколлегию авторам необходимо соблюдать следующие правила: размер статьи не должен превышать 10 страниц компьютерного текста, включая текст, таблицы, библиографию, рисунки и тексты аннотаций на таджикском, русском и английском языках. Статья должна быть подготовлена в системе Microsoft Word, при этом одновременно с распечаткой статьи в 2-х экземплярах сдаются также соответствующие файлы (для каждой статьи на отдельном диске). Рукопись должна быть отпечатана на компьютере (шрифт Times New Roman 14, формат А4, интервал 1,5, поля: верхнее – 3 см, нижнее – 2,5 см, левое – 3 см, правое – 2см). Все листы статьи должны быть пронумерованы.

Текст статьи должен быть изложен кратко, тщательно отредактирован и подписан всеми авторами с указанием их фамилий, имен и отчеств, номера телефонов. Каждый экземпляр должен содержать: текст статьи, список литературы, тексты резюме на русском, таджикском и английском языках. В каждом резюме после заголовка статьи приводится название учреждения (-ий), в котором (-ых) выполнена данная работа. После каждого резюме отдельной строкой перечисляются ключевые слова на этих языках.

В верхнем правом углу первой страницы рукописи указывается раздел науки, которому соответствует статья, строкой ниже в левом углу страницы указывается индекс статьи по универсальной десятичной классификации (УДК). В центре следующей строки – инициалы и фамилия автора (-ов). Ниже приводится название статьи, затем указывается название организации. Ниже – краткая аннотация (на языке, на котором написана статья) с указанием конкретных результатов работы и вытекающих из них выводов, а также ключевые слова, наиболее полно отражающие область исследования и полученные в работе результаты (до 10 слов) через тире и адрес для корреспонденции (почтовый и электронный). Далее через строку следует основной текст. Сразу после текста статьи приводится список литературы (не более 10 названий) под заголовком «**Литература**» в порядке упоминания, тексты аннотаций и ключевые слова (например, на таджикском и английском языках, если статья написана на русском языке). Ссылки на цитируемую литературу даются в квадратных скобках, например [1].

Список литературы оформляется следующим образом: для книг – фамилия и инициалы автора (-ов), полное название книги, место издания, издательство, год

издания, том или выпуск, общее количество страниц. Для периодических изданий – фамилия и инициалы автора (-ов), название статьи, год издания, том, номер, первая и последняя страницы статьи.

Формулы и символы должны быть напечатаны на компьютере в одном стиле. Написание математических формул в виде рисунков не допускается. Следует избегать громоздких обозначений. Занумерованные формулы пишутся с красной строки, номер формулы в круглых скобках ставится у правого края. Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Сокращения должны быть расшифрованы, за исключением общепринятых.

В десятичных дробях после целой части числа ставится точка.

При упоминании в тексте иностранных фамилий в скобках необходимо давать их оригинальное написание.

Первое упоминание в статье названия вида животного или растения приводится по-русски и по латыни.

В тексте необходимо дать ссылки на все приводимые таблицы, рисунки и фотографии.

Научные статьи, представленные в редакцию журнала, должны иметь направление учреждения, в котором выполнялась данная работа, и экспертное заключение о возможности опубликования. При выполнении работы в нескольких учреждениях представляются направления из каждого учреждения. К статье должна быть приложена заверенная рецензия специалиста.

Редколлегия оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения статьи. Статьи, не отвечающие настоящим правилам, редколлегией не принимаются.

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК ФИЛИАЛА МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА В ГОРОДЕ ДУШАНБЕ»

Статьи, поступающие в редакцию, проходят предварительную экспертизу (проводится членами редколлегии – специалистами по соответствующей отрасли науки) и принимаются в установленном порядке. Требования к оформлению оригинала статей приводятся в каждом номере журнала.

Если рукопись принята, то редакция сообщает автору замечания по содержанию и оформлению статьи, которые необходимо устранить до передачи текста на рецензирование.

Затем статьи рецензируются в обязательном порядке членами редколлегии журнала или экспертами соответствующей специальности (кандидатами и докторами наук).

Рецензия должна содержать обоснованное перечисление качеств статьи, в том числе научную новизну проблемы, её актуальность, фактологическую и историческую ценность, точность цитирования, стиль изложения, использование современных источников, а также мотивированное перечисление её недостатков. В заключении дается общая оценка статьи и рекомендации для редколлегии – опубликовать статью, опубликовать её после доработки, направить на дополнительную рецензию специалисту по определенной тематике или отклонить. Объем рецензии - не менее одной страницы текста. Статья, принятая к публикации, но нуждающаяся в доработке, направляется авторам с замечаниями рецензента и редактора. Авторы должны внести все необходимые исправления в окончательный вариант рукописи и вернуть в редакцию исправленный текст, а также его идентичный электронный вариант вместе с первоначальным вариантом рукописи. После доработки статья повторно рецензируется, и редколлегия принимает решение о ее публикации. Статья считается принятой к публикации при наличии положительной рецензии и если её поддержали члены редколлегии. Порядок и очередность публикации статьи определяется в зависимости от даты поступления её окончательного варианта. Рецензирование рукописи осуществляется конфиденциально. Разглашение конфиденциальных деталей рецензирования рукописи нарушает права автора. Рецензентам не разрешается снимать копии статей для своих нужд. Рецензенты, а также члены редколлегии не имеют права использовать в собственных интересах информацию, содержащуюся в рукописи, до её опубликования.

Главный редактор: Мирзоев С.Х., д.т.н., доцент.

Технический редактор: Рахмет-Заде Т. Н.

Муҳаррири техникӣ: Рахмет-Заде Т. Н.

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова, 734003, г. Душанбе, ул. Бохтар, 35/1,
тел.: +992 (37) 221-99-41, 221-99-04, E-mail: info@msu.tj, сайт: http://www.msu.tj

Филиали ДДМ ба номи М.В. Ломоносов, 734003, ш. Душанбе, кӯч. Бохтар,
35/1, тел.: +992 (37) 221-99-41, 221-99-04, E-mail: info@msu.tj,
сайт: http://www.msu.tj

Подписано в печать 14.06.2021г.
Заказ 138. Тираж 200 экз.
Отпечатано в издательско-типографическом секторе Филиала МГУ
имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе
г. Душанбе, ул. Бохтар, 35/1