



ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

SCIENTIFIC JOURNAL

2019-yil, 3-son (115)

ANIQ FANLAR SERIYASI

Matematika. Mexanika, Informatika, Fizika

Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro'yxatdan o'tish tartibi 09-25.
Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR
BOSH MUHARRIR O'RINBOSARLARI:

R. I. XALMURADOV, t.f.d. professor
H.A. XUSHVAQTOV, f-m.f.n., dotsent
A. M. NASIMOV, t.f.d., professor

TAHRIRIYAT KENGASHI:

M. X. ASHUROV	- O'zFA akademigi
T. M. MO'MINOV	- O'zFA akademigi
SH. A. ALIMOV	- O'zFA akademigi
S. N. LAKAYEV	- O'zFA akademigi
T. RASHIDOV	- O'zFA akademigi
N. N. NIZAMOV	- f.-m.f.d., professor
A. S. SOLEEV	- f.-m.f.d., professor
I. A. IKROMOV	- f.-m.f.d., professor
B. X. XO'JAYAROV	- f.-m.f.d., professor
I. I. JUMANOV	- f.-m.f. .d., professor
E. A. ABDURAXMONOV	- k.f.d., professor
N. K. MUXAMADIYEV	- k.f.d., professor
J. X. XO'JAYEV	- b.f.d., professor
Z. I. IZZATULLAYEV	- b.f.d., professor
Z. F. ISMAILOV	- b.f.d., professor
X.K. XAYDAROV	- b.f.d., professor
S. B. ABBOSOV	- geogr.f.d., professor
L. A. ALIBEKOV	- geogr.f.d., professor
A. A. ABULQOSIMOV	- geogr.f.d., professor
X. SHODIYEV	-Professor(Canada)
L. SOBIROV	- f.-m.f. .d., professor
X. X. XUDOYNazarov	-t.f.d., professor

Obuna indeksi – yakka tartbidagi obunachilar uchun - 5583,
tashkilot, korxonalar uchun - 5584

MUNDARIJA/СОДЕРЖАНИЕ/CONTENTS
МАТЕМАТИКА / МАТЕМАТИКА / MATHEMATICS

Сафаров Р. Аддитивный алгоритм самоорганизации	4
Ишанкулов Т., Норкулова Г., Фозилов Д. Продолжение полианалитических функций	9
Qurbonov H., Bozorova O‘. $\vec{M}_2 | \vec{G}_2 | 1 | N, \infty$ mutlaq imtiyozli xizmat ko‘rsatish tarmog‘ida oddiy talablarning nostatsionar navbat uzunligi taqsimoti haqida	15
Alimov H.N. Kasr tartibli differensial o‘yinlarda quvish masalasi	19

МЕХАНИКА / МЕХАНИКА / MECHANICS

Xudayberdiyev Z., Xudayberdiyeva Sh., Axatov X. Erkin tayangan uch qatlamli elastik plastinkaning simmetrik tebranishlari	23
Мустофокулов Ж. А., Маматов А.С. Задача переноса ве щества в трещиновато-пористой среде с контрастными характеристиками	29

ИНФОРМАТИКА/ ИНФОРМАТИКА /INFORMATICS

Жуманов И. И., Каршиев Х. Б. Анализ эффективности обобщения алгоритмов повышения достоверности информации на основе использования информационной избыточности электронных документов	34
Жуманов И.И., Каршиев Х.Б. Оптимизация достоверности информации в системах электронного документооборота с использованием оценок критериальных характеристик и особенностей документов	40

FIZIKA / ФИЗИКА / PHYSICS

Иззатуллаев З.И., Ахмедова Г., Маматкулов О.Б., Нурмуродов Л.Т, Хакимов Д.А., Хасанов Ш.Х. Радиоактивность моллюсков и рыб в бассейне реки Зарафшан	44
Kutliev U.O., Karimov M.K., Otaboeva K.U., Otaboev M.U. Investigation of trajectory and angular distributions scattered Ar ions from the defect InP(001) surface	47
Базарбаев Н.Н., Иванов А.К., Мавланов Т.Т., Муминов И.Т., Муминов Т.М., Маматкулов О.Б., Нурмуродов Л.Т., Сафаров А.А., Синдаров Б.А., Худайбердиев А.Т., Чиндалиев М.Х. Первичные, техногенные и космогенные радионуклиды в почвах Нуратинского и отрогах Зарафшанского хребтов	51
Шакаров Х.О. Исследование диаграммы состояния бинарных систем Nd-In и Tb-In методом термомагнитного анализа	59
Бабкин Е.В., Уринов Х.О., Жуманов Х.А., Хидиров А.М., Мирзокулов Х.Б., Уринов Ж.О. Исследование магнитосопротивления магнетита в широкой температурной области	64

Мухамедов А.К., Маматкулов О.Б., Сафаров А.А., Журакулов Ш., Муратов Р.Р., Шаронов И.А.

О радиационной безопасности отечественных строительных материалов

67

УДК: 519.2

АДДИТИВНЫЙ АЛГОРИТМ САМООРГАНИЗАЦИИ

Сафаров Р.

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

E-mail: safarov-raxmon@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены условия аддитивности модели самоорганизации на последовательных уровнях селекции начиная с линейной части и дальнейшим включением в модель нелинейных частей, которые согласно между самоорганизацией, являются лучшим в смысле оценки не смещенности. Одновременно рассмотрена связь информационных планов с моделями селекции, что позволяет оценить влияние их, как информационной выборки, так и на модели процесса.

Ключевые слова: аддитивный алгоритм, селекция, оценка, самоорганизация.

O‘z-o‘zini tashkillashtirishning additiv algoritmi

Annotatsiya. Ishda o‘z-o‘zini tashkillashtirishga nisbatan to‘liqlikni baholash ma’nosida qulay bo‘lgan, chiziqli qismdan boshlab keyinchalik modelga chiziqli bo‘lmagan qismini birlashtirish usulida, seleksiya yuksalishi ketma-ketligida o‘z-o‘zini tashkillashtirish modelining additiv sharti qaralgan. Shu bilan birga jarayon modeliga axborot tanlanishi kabi, ularning tasvirini baholash imkonini beruvchi, seleksiya modeli bilan axborot rejalari bog‘lanishi qaralgan.

Kalit so‘zlar: additiv algoritmi, seleksiya (tanlash), baholamoq, o‘z-o‘zini tashkillashtirish.

Additive self-organization algorithm

Abstract. In this paper the conditions of activity of the model of self-organization at consecutive levels of selection are considered, starting from the linear part by further inclusion of non variable parts into the model, which according to self-organization, are the best in terms of non-bios estimates. At the same time, the connection of information plans with breeding models is considered, which allows to evaluate their influence as an information sample at the process model.

Keywords: additive algorithm, selection, estimate, self-organization.

Самоорганизация модели по заданной информации на последовательных уровнях селекции модели по критерию минимума несмещенности модели производится отбор и построение модели. Оценка приемлемой модели производится сравнением двух последовательных моделей, для которых оценки несмещенности отличаются друг от друга на заданную величину – погрешность, которая естественно зависит от того, каково качество исходной информации.

Полиномы, описывающие изучаемый процесс, можно рассматривать как сумму линейной и нелинейной композиций, а задача моделирования состоит в выделении линейной части и оценки предсказания части процесса, описываемой нелинейной композицией. Тенденция развития процесса может быть определена с помощью аддитивного метода самоорганизации (АМС). АМС является наиболее простым в смысле машинной реализации, а также значительно экономит память ЭВМ.

Идея предлагаемого метода состоит в следующем.

Рассматриваемый процесс описывается полиномом следующего вида:

$$Y = \sum_{i=0}^{2n+C_n^2} \gamma_i \tilde{x}_i \quad (1)$$

Этот полином называется “линейным” относительно искусственной переменной, т.е. собственно линейных функций факторов x_1, x_2, \dots, x_n а также линейных функций новых искусственных факторов – квадратов фактора $x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2$ и линейных функций новых искусственных факторов – попарных произведений факторов $x_1x_2, x_1x_3, \dots, x_1x_n, x_2x_3, x_2x_4, \dots, x_{n-1}x_n$. При таком подходе структура математической модели остается линейной но ее размерность увеличивается, которая равно $1 + 2n + C_n^2$.

В развернутом виде последовательно получаемые линейные выражения математических моделей имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=0}^n \gamma_i \cdot \tilde{x}_i, \gamma_i = \alpha_i, \tilde{x}_i = x_i, x_0 = 1 \\ \sum_{i=n+1}^{2n} \gamma_i \cdot \tilde{x}_i, \gamma_i = \beta_i, \tilde{x}_i = x_i^2 \\ \sum_{i=2n+1}^{2n+C_n^2} \gamma_i \cdot \tilde{x}_i, \gamma_i = \theta_{ij}, \tilde{x}_i = x_i x_j, i \neq j \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где C_n^2 - число сочетаний из n по 2.

Аналогично могут быть введены новые искусственные факторы, порожденные дальнейшим последовательным усложнением моделей, однако надо заметить, что и базисная линейная часть модели (в реальных переменных), так и каждая построенная новая линейная часть моделей (в искусственных переменных) могут быть рассмотрены самостоятельным образом, т.е. при оптимизации каждой из этих линейных моделей используются оценки несмещенности, которые обладают свойством аддитивности.

Справедливо утверждение “Оценка несмещенности суммы линейных моделей равно сумме оценок несмещенности каждой из них”.

Это утверждение позволяет рассматривать на каждом этапе усложнения математической модели только лишь линейные модели в новых искусственных переменных, что является вычислительной работой, проводимой по замкнутым процедурам. К тому же вычислительная работа с линейными операторами в значительной мере является простой, чем с любыми, более сложными операторами.

Таким образом, мы имеем исходную информационную выборку, используемую для любых из линейных моделей последовательно усложняемой математической модели по вполне известным правилам. И оптимизация этих линейных моделей, также проверяемая последовательно и что очень важно-независимо от предыдущей линейной модели, что позволяет иметь единственно оптимальные представления с соответствующим оценкам несмещенности. Если точность соответствующими значениями оценок несмещенности, но некоторые из них могут быть исключены из рассмотрения, и это позволяет в пределах задаваемой точности упрощать структуру модели.

Оптимизация любой линейной модели, начиная с модели с реальными факторами, производится стандартно с использованием метода самоорганизации.

Для первого ряда селекции используют тренды, т.е. функции от двух переменных

$$Y_{ij} = f(x_i x_j).$$

Число их равно C_n^2 , где n -число факторов.

Входящие в функции Y_{ij} параметры определяются на основе заданной исходной информационной выборки. Пусть число экспериментов в ней равно N , которые приведены для n значений факторов x_1, x_2, \dots, x_n по какому то плану. Тогда идентификация параметров, входящих в тренды Y_{ij} производится методом наименьших квадратов

$$\min \sum_{k=1}^N (Y_{ijk} - f_k)^2, i = \overline{1, n}; j = \overline{i+1, n}$$

В качестве функции используется линейной полином относительно двух аргументов

$$Y_{ij} = \alpha_0 + \alpha_i x_i + \alpha_j x_j; i = \overline{1, n}; j = \overline{i+1, n}, \quad (3)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_j$ параметры тренда.

На первом этапе селекции частным описаниями являются составляющие характеристического вектора, на втором и на следующих - промежуточные переменные, т.е. частные описания, наиболее удовлетворяющие критерию самоотбора.

Для каждой пары ij составляются условные уравнения, коэффициенты которых определяются методом наименьших квадратов

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^N Y_{ij}^k - \alpha_0 N - \alpha_i \sum_{k=1}^N x_{ik} - \alpha_j \sum_{k=1}^N x_{jk} &= 0, \\ \sum_{k=1}^N Y_{ij}^k - \alpha_0 \sum_{k=1}^N x_{ik} - \alpha_i \sum_{k=1}^N x_{ik}^2 - \alpha_j \sum_{k=1}^N x_{jk} x_{ik} &= 0, \\ \sum_{k=1}^N Y_{ij}^k x_{jk} - \alpha_0 \sum_{k=1}^N x_{jk} - \alpha_i \sum_{k=1}^N x_{ik} x_{jk} - \alpha_j \sum_{k=1}^N x_{jk}^2 &= 0, \end{aligned} \right\}$$

где $i = \overline{1, n}; j = \overline{i + 1, n}$.

Для каждого из решений по заданной последовательности вычисляется величина критерия селекции, в качестве которого в программах используется критерий регулярности среднеквадратической ошибки

$$\delta_S^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (Y_{ijk}^3 - Y_{ijk}^P)^2, S = \overline{1, C_n^2} \tag{5}$$

где Y_{ijk}^3 - экспериментальные значения в i -й точке;

Y_{ijk}^P -расчетное значение частных описаний;

δ_S^2 - среднеквадратическая ошибка удовлетворяют условию

$$\delta_S^2 < \delta_{cp}^2 \tag{6}$$

На этом вычислительный процесс на первом ряде селекции заканчивается и на втором ряде селекции используют тренды по моделям, оставленным на первом ряде селекции

$$Z_{st} = f(Y_s, Y_t),$$

где Y_s, Y_t - модели первого ряда селекции

Это тренды являются уже функциями от двух переменных Y_s и Y_t , например, для линейных функций

$$Z_{st} = b_0 + b_s Y_s + b_t Y_t.$$

Используемые на втором ряде тренды в частном случае является функциями трех переменных, если совпадают с одним из индексов, а в общем случае функциями четырех переменных x_i, x_j, x_s, x_t . Далее, как и в случае первого ряда селекции, определяются параметры трендов методом наименьших квадратов

$$\min \sum_{k=1}^N (Z_{stk} - f_k)^2.$$

Далее, как и раньше, определяем оценки несмещенности трендов

$$\delta_Z^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (Z_{stk}^3 - Z_{stk}^P)^2$$

где Z_{stk}^3 -экспериментальные значения в s -й точке, соответствующей с Y_{ij}^3

Z_{stk}^P - расчетные значение частных описаний δ_Z^2 -средне квадратическая ошибка последовательности моделей.

Условие

$$\delta_Z^2 < \delta_{zcp}^2$$

где δ_{zcp}^2 - среднее значение из δ_Z^2 позволяет оставить для дальнейшего рассмотрения приемлемые модели.

Точно также может быть выполнено конструирование модели на третьем и последующих рядах селекции.

Для замыкания вычислительного процесса необходимо сравнить оценки несмещенности на двух соседних рядах секции.

$$|\delta_{cp,y} - \delta_{cp,z}| < \varepsilon, \tag{7}$$

где ε также выбираемая в соответствии с требованиями как моделирования, так и условиями проведения экспериментов и точности их.

Рассмотрим реализацию вышеизложенного подхода на примере математического моделирования многопараметрического процесса (1) по следующей структуре.

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3,$$

где Y_1 - линейная модель, Y_2 - квадратичная модель, Y_3 - несмещенная модель второго порядка, т.е.

$$Y_1 = \sum_{i=0}^n \alpha_i x_i; Y_2 = \sum_{i=n+1}^{2n} \beta_i x_i^2; Y_3 = \sum_{i=2n+1}^{2n+C_n^2} \theta_{ij} x_i x_j;$$

При конструировании модели нами принято, что $n=4$ соответствует исследованиям корректного объекта (2). Для построения модели Y_1 использованы линейные тренды относительно произвольных пар факторов x_i и x_j число которых равно $C_4^2 = 6$. На втором ряде селекций использованы тренды из произвольных пар на первом ряде селекций Y_5 и Y_6 , число которых менее, чем $C_6^2 = 15$ и т.д.

В качестве исходной информационной выборки использованы результаты экспериментов, полученные ротатбельным центральным композиционным планированием. Численные значения параметров линейных парных моделей получены, как указано выше, методом наименьших квадратов. Так как эксперименты выполнены по плану, то в ранжировке результатов экспериментов по значению дисперсии для каждого из них нет необходимости.

Для построения модели Y_2 мы предположим, что они являются линейными, относительно квадратов переменных, т.е. $x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2$. Исходная информационная выборка, используемая для моделирования, образуется по правилу, изложенному [1].

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 \widetilde{x}_1 + \beta_2 \widetilde{x}_2 + \dots + \beta_n \widetilde{x}_n.$$

Весь вычислительный процесс после подготовки исходной информационной выборки такой же, как при построении модели Y_1 .

Для построения модели Y_3 мы также считаем, что она является линейной, но теперь, уже относительно по парных произведений факторов $x_i x_j$ число которых в отличие от первых двух случаев равно не 4, а 6, что обеспечивает число линейных трендов в первом ряду селекций $C_6^2 = 15$ Исходная информационная выборка образует по правилу, изложенному [1].

$$Y_3 = \theta_0 + \theta_1 \widetilde{x}_1 + \theta_2 \widetilde{x}_2 + \dots + \theta_m \widetilde{x}_m; \quad m = C_n^2.$$

Таким образом, может быть получена совокупность “линейных” моделей, по существу, являющихся присоединением нелинейных композиций к линейной модели многопараметрического процесса. Оценка несмещенности полной композиции модели, состоящей из моделей $\delta^2(Y_1, \widetilde{Y}, \widetilde{\widetilde{Y}}, \dots)$ практически не отличается от суммарной оценки несмещенности модели $\delta^2(Y_1) + \delta^2(\widetilde{Y}) + \delta^2(\widetilde{\widetilde{Y}})$ в пределах заданной погрешности экспериментальных исследований.

Таким образом справедлива.

Теорема. При присоединении нелинейных композиций к линейной модели оценка не смещенности модели является аддитивной.

Вычислительный процесс моделирования является совершенно аналогичным для всех случаев построения модели, т.е. Y_1, Y_2, Y_3 а также последующих моделей, последовательно усложняющих структуру модели процесса. Происходит последовательная самоорганизация модели процесса, по вполне определенной процедуре, которая позволяет оценить “вклад” каждой новой композиции модели на модель процесса и при случае когда он является несущественным не использовать ее в конструкции модели. Последовательное рассмотрение новых композиций модели процесса существенным образом упрощает реализацию метода самоорганизации что имеет важное практическое значение для уменьшения размерности трендов в рядах селекций, объема накапливаемой информации и объема вычислений. Кроме того линейный характер новых композиций моделей, последовательно вводимых в модель процесса упрощает вычислительный процесс заведомо обеспечивает сходимость селекционного процесса для каждой композиции уже через несколько рядов селекций.

Для примера, заметим что уже при $n=4$ на первом ряде селекций при одновременном использовании всех трех композиций мы получим число исходных трендов, равное $C_{14}^2 = 91$ в то время как последовательное использование каждого из них приводит к совокупному числу

$$C_4^2 + C_4^2 + C_6^2 = 27 \text{ а это более, чем в 3 раза, меньше.}$$

В последующих рядах селекции преимущество предложенного методе аддитивной самоорганизации становится еще большим: в первом случае $C_{91}^2 = 4095$, а во втором $C_6^2 + C_6^2 + C_{15}^2 = 135$.

Таким образом, разработана методика построения нелинейных многопараметрических математических моделей для решения задачи идентификации.

Литература

1. Сафаров Р. Аддитивный процесс моделирования и алгоритм идентификации. СамГУ Научный вестник. Аниқ ва табиий фанлар серияси. №3(109), 2018.
2. Э.Б.Абуталиев, Р.Сафаров. О свойстве аддитивности метода самоорганизации. ДАН УзССР, 1989 №1. Ташкент.

УДК: 517.946

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПОЛИАНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

¹Ишанкулов Т., ²Норкулова Г., ³Фозилов Д.^{1,2}Самарканд государственнй университет³ Самаркандский филиал Ташкентско университета информационных технологийE-mail: davron_fozilov87@mail.ru

Аннотация. Рассматривается задача продолжения n -аналитической функции в область по значениям ее последовательных производных до $(n-1)$ -го порядка на части границы. Также рассматривается задача обращения интеграла типа Коши в интеграл Коши для таких функций.

Ключевые слова: уравнение Коши-Римана, полианалитические функции, теорема Коши, формула Ю.Сохотского.

Polianalitik funksiyalarni davom ettirish

Annotatsiya. n -analitik funksiyalarni soha chegarasi qismidagi $(n-1)$ -tartibgacha hosilalarining qiymatlariga ko'ra shu sohaga davom ettirish masalasi qaraladi. Bu funksiyalar uchun Koshi tipidagi integralning Koshi integral formulasiga aylanishi haqidagi masala ham qaraladi.

Kalit so'zlar: Koshi-Riman tenglamasi, polianalitik funksiya, Koshi teoremasi, Soxotskiy formulasi.

Continuation of polyanalytic functions

Abstract. We consider the problem of continuation the n -analytic function in to a domain by values of its sequential derivatives up to the $(n-1)$ -th order on a part of the boundary. The problem of inversion of a Cauchy type integral to a Cauchy integral for such functions is also considered.

Keywords: Cauchy-Riemann equation, n -analytic function, Cauchy theorem, Sokhotskii formula.

Функция $w = f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ называется полианалитической порядка n в некоторой области D плоскости комплексного переменного $z = x + iy$, если она в D имеет непрерывные частные производные до порядка n включительно и удовлетворяет обобщенному условию Коши-Римана:

$$\frac{\partial^n w}{\partial \bar{z}^n} = 0, \quad \text{где} \quad \frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right). \quad (1)$$

Постановка задачи. Требуется определить полианалитическую функцию $w(z)$ в области D по значениям ее последовательных производных $\frac{\partial^k w}{\partial \bar{z}^k}$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) на части границы S ($S \subset \partial D$) этой области:

$$\frac{\partial^k w(z)}{\partial \bar{z}^k} = f_k(z), \quad (k = 0, 1, \dots, n-1), \quad z \in S \quad \left(\frac{\partial^0 w}{\partial \bar{z}^0} = w \right). \quad (2)$$

В случае $n=1$ задача (1), (2) превращается в граничную задачу аналитического продолжения функций комплексной переменной или в задачу Коши для эллиптической системы Коши-Римана. Класс полианалитических в области D функций обозначим через $\Pi_n(D)$. При $n=1$ этот класс совпадает с классом $A(D)$ аналитических в области D функций.

Единственность решения задачи (1), (2) из следующей теоремы.

Теорема 1. Пусть $W \in \Pi_n(D) \cap C^{n-1}(\bar{D})$.

Если при $z \in S$ $\frac{\partial^k w(z)}{\partial \bar{z}^k} = 0$, ($k = 0, 1, \dots, n-1$) то $w(z) \equiv 0$.

Доказательство. Функция

$$\frac{\partial^{n-1} w}{\partial \bar{z}^{n-1}} \in A(D) \text{ и } \frac{\partial^{n-1} w(z)}{\partial \bar{z}^{n-1}} = 0, \quad z \in S.$$

По граничной теореме единственности [2,6], имеем

$$\frac{\partial^{n-1}w(z)}{\partial \bar{z}^{n-1}} = 0, \quad z \in D.$$

Далее

$$\frac{\partial^{n-2}w}{\partial \bar{z}^{n-2}} \in A(D) \text{ и } \frac{\partial^{n-2}w(z)}{\partial \bar{z}^{n-2}} = 0, \quad z \in S.$$

По теореме единственности

$$\frac{\partial^{n-2}w(z)}{\partial \bar{z}^{n-2}} = 0, \quad z \in D \text{ и т.д.}$$

Продолжая это рассуждение получим $w(z) \equiv 0$ в области D .

Следующий пример подобный примеру Адамара показывает неустойчивость задачи (1),

(2).

Пример. Последовательность функций

$$w_m(z) = \frac{\bar{z}^{n-1}}{(n-1)!} \frac{1}{m} e^{-imz}$$

удовлетворяет уравнению (1), т.е. является полианалитической функцией. Производная k -го порядка равна

$$\frac{\partial^k w_m(z)}{\partial \bar{z}^k} = \frac{\bar{z}^{n-k-1}}{(n-k-1)!} \frac{1}{m} e^{-imz} \quad (k = 0, 1, \dots, n-1).$$

При $y = 0$ стремиться к нулю когда $m \rightarrow \infty$

$$\left. \frac{\partial^k w_m(z)}{\partial \bar{z}^k} \right|_{y=0} = \frac{x^{n-k-1}}{(n-k-1)!} \frac{1}{m} e^{-imx} \rightarrow 0.$$

Однако в верхней полуплоскости ($y > 0$) $w_m(z) \rightarrow \infty$ при $m \rightarrow \infty$.

Таким образом, задача (1,2) является некорректной [6].

Приведем оценку условной устойчивости задачи (1), (2) для бианалитических функций ($n = 2$).

Обозначим через M множество функций $w \in \Pi_2(D) \cap C^1(\bar{D})$, удовлетворяющих при $z \in D$ неравенством

$$|w(z)| \leq C, \quad \left| \frac{\partial w(z)}{\partial \bar{z}} \right| \leq C, \tag{3}$$

где C постоянное число, не зависящая от функции $w(z)$.

Теорема 2. Пусть $w \in M$ и $|w(z)|_S < \varepsilon$, $\left| \frac{\partial w(z)}{\partial \bar{z}} \right|_S < \varepsilon$. Тогда при $z \in D$, имеет место неравенство

$$|w(z)| \leq (2 + d)\varepsilon^{\omega(z)} C^{1-\omega(z)}, \tag{4}$$

где $d = \max_{z \in \bar{D}} |z|$, $\omega(z)$ – гармоническая мера множества S относительно области D .

Доказательство. Рассмотрим функцию $F(z) = w(z) - \bar{z} \frac{\partial w(z)}{\partial \bar{z}}$. Эта функция является аналитической в области D , удовлетворяет неравенством

$$\begin{aligned} |F(z)| &\leq (1 + d)\varepsilon, \quad z \in S, \\ |F(z)| &\leq (1 + d)C, \quad z \in \bar{D}. \end{aligned}$$

По теореме о двух константах для аналитических функций [6,8], имеем

$$|F(z)| \leq [(1+d)\varepsilon]^{\omega(z)} [(1+d)C]^{1-\omega(z)} = (1+d)\varepsilon^{\omega(z)} C^{1-\omega(z)}. \quad (5)$$

Функция $\frac{\partial w(z)}{\partial \bar{z}} \in A(D)$ удовлетворяет неравенству (3) и $\left| \frac{\partial w(z)}{\partial \bar{z}} \right|_S < \varepsilon$. По теореме о двух константах, имеем

$$\left| \frac{\partial w(z)}{\partial \bar{z}} \right| \leq \varepsilon^{\omega(z)} C^{1-\omega(z)}, \quad z \in D. \quad (6)$$

Теперь используя (5), (6) оценим $|w(z)|_D$:

$$\begin{aligned} |w(z)| &= |w(z) - \bar{z}w_{\bar{z}}(z) + \bar{z}w_{\bar{z}}(z)| \leq |w(z) - \bar{z}w_{\bar{z}}(z)| + |\bar{z}||w_{\bar{z}}(z)| \leq \\ &\leq (1+d)\varepsilon^{\omega(z)} C^{1-\omega(z)} + \varepsilon^{\omega(z)} C^{1-\omega(z)} = (2+d)\varepsilon^{\omega(z)} C^{1-\omega(z)}. \end{aligned}$$

Важным средством для построения теории аналитических функций служит интегральная формула Коши. Для полианалитических функций Н.Теодореску [1] впервые получил аналогичную формулу выражающую значения полианалитической функции внутри области D через значения этой функции и ее последовательных производных $\frac{\partial^k w}{\partial \bar{z}^k}$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) на границе:

$$w(z) = \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_{\partial D} \frac{(\bar{z}-\bar{t})^k}{k!(t-z)} \frac{\partial^k w(t)}{\partial \bar{t}^k} dt \quad \left(\frac{\partial^0 w}{\partial z^0} = w \right). \quad (7)$$

В случае $n=1$ решение задачи (1), (2) для аналитических функций дает формула Карлемана[6,7]. Приведем аналог формулы Карлемана для полианалитических функций в случае когда область D_1 ограничен отрезком АВ действительной оси и гладкой кривой S , лежащей верхней полуплоскости.

Теорема 3. Пусть функция $w \in \Pi_n(D_1) \cap C^{n-1}(D_1)$, удовлетворяет условиям (2). Тогда при $z \in D_1$ имеют место следующие эквивалентные формулы продолжения

$$\begin{aligned} w(z) &= \lim_{\sigma \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_S \frac{(\bar{z}-\bar{t})^k}{k!(t-z)} e^{-i\sigma(t-z)} f_k(t) dt, \quad (8) \\ w(z) &= \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_S \frac{(\bar{z}-\bar{t})^k}{k!(t-z)} f_k(t) dt - \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty d\sigma \sum_{k=0}^{n-1} \int_S \frac{(\bar{z}-\bar{t})^k}{k!} e^{-i\sigma(t-z)} f_k(t) dt. \quad (8a) \end{aligned}$$

Доказательство. Эквивалентность формул (8) и (8a) легко устанавливается при помощи формулы Ньютона-Лейбница. Докажем формулу (8). Рассмотрим функцию

$$F(z) = e^{-i\sigma z} w(z) \in \Pi_n(D_1) \cap C^{n-1}(\bar{D}_1).$$

По интегральной формуле Коши (7), имеем

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_{\partial D_1} \frac{(\bar{z}-\bar{t})^k}{k!(t-z)} \frac{\partial^k F(t)}{\partial \bar{t}^k} dt, \quad z \in D_1.$$

Последнее равенство перепишем в виде

$$w(z) = \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_S \frac{(\bar{z}-\bar{t})^k}{k!(t-z)} e^{-i\sigma(t-z)} f_k(t) dt + \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_{AB} \frac{(\bar{z}-\bar{\xi})^k}{k!(\xi-z)} e^{-i\sigma(\xi-z)} \frac{\partial^k w(\xi)}{\partial \bar{\xi}^k} d\xi \quad (9)$$

Оценим второй интеграл в правой части равенства (9):

$$\left| \frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{n-1} \int_{AB} \frac{(\bar{z}-\bar{\xi})^k}{k!(\xi-z)} e^{-i\sigma(\xi-z)} \frac{\partial^k w(\xi)}{\partial \bar{\xi}^k} d\xi \right| \leq C_1 e^{-\sigma y}, \quad (10)$$

где C_1 некоторая постоянная. Переходя к пределу при $\sigma \rightarrow \infty$ в равенстве (9) и учитывая неравенство (10) получим формулу (8).

При $n = 2$ для бианалитических функций получается:

Следствие. Для бианалитической функции $w \in \Pi_2(D_1) \cap C^1(D_1)$ имеют место эквивалентные формулы продолжения

$$w(z) = \lim_{\sigma \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi i} \int_S \frac{e^{-i\sigma(t-z)}}{t-z} [w(t) + (\bar{z} - \bar{t})w_{\bar{t}}(t)] dt, \tag{8'}$$

$$w(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_S \frac{1}{t-z} [w(t) + (\bar{z} - \bar{t})w_{\bar{t}}(t)] dt - \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty d\sigma \int_S e^{-i\sigma(t-z)} [w(t) + (\bar{z} - \bar{t})w_{\bar{t}}(t)], \quad z \in D_1. \tag{8a'}$$

При $n = 1$ формулы (8), (8a) превращаются в известную формулу Карлемана для аналитических функций [6,7].

Задача (1), (2) является переопределенной. По этому она разрешима не для любых начальных данных. Для аналитических функций ($n = 1$) В.А.Фок и Ф.М.Куни [3] нашли критерий разрешимости задачи (1),(2). Приведем критерий разрешимости задачи (1),(2) для бианалитических функций.

Теорема 4. Пусть функции $f_0, f_1 \in C(S)$, удовлетворяют условию Липшица. Для того чтобы существовала бианалитическая функция $w \in \Pi_2(D_1) \cap C^1(\bar{D})$, такая что

$$w(\zeta) = f_0(\zeta), \quad w_{\bar{z}}(\zeta) = f_1(\zeta), \quad \zeta \in S \tag{11}$$

необходимо и достаточно равномерная сходимость несобственного интеграла

$$\left| \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty d\sigma \int_S e^{-i\sigma(t-z)} [f_0(t) + (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)] dt \right| < \infty \tag{12}$$

на каждом компакте $K \subset \{Imz > 0\}$.

Доказательство. Необходимость. Пусть существует бианалитическая функция $w(z)$ удовлетворяет условиям теоремы. Тогда функция

$$F(t, \bar{z}) = [w(t) + (\bar{z} - \bar{t})w_{\bar{t}}(t)]e^{-i\sigma t}$$

является аналитической по переменной t в области D , непрерывной в замыкании \bar{D}_1 . По интегральной теореме Коши

$$\int_{\partial D_1} F(t, \bar{z}) dt = 0, \quad t = \xi + i\eta, \quad \bar{z} = x - iy,$$

или

$$\int_S [f_0(t) + (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)] e^{-i\sigma t} dt = - \int_{AB} [f_0(\xi) + (\bar{z} - \xi)f_1(\xi)] e^{-i\sigma \xi} d\xi. \tag{13}$$

Интеграл в правой части равенства (13) стремится к нулю при $\sigma \rightarrow \infty$ по теореме Римана-Лебега [3]. Отсюда следует, что функции f_0, f_1 удовлетворяют условию (12).

Достаточность. Пусть функции $f_0, f_1 \in C(S) \cap Lip(S)$ удовлетворяют условию (12). Рассмотрим выражение, которое будет стоять в правой части (8a'), если заменить там $w(t)$ и $w_{\bar{t}}(t)$ на $f_0(t)$ и $f_1(t)$ соответственно. Обозначим это выражение через $g(z)$. Первое слагаемое в $g(z)$ есть интеграл типа Коши для бианалитических функций

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_S \frac{f_0(t) + (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)}{t-z} dt, \tag{14}$$

который представляет бианалитическую в области D_1 функцию $F_+(z)$ и бианалитическую в оставшейся (после удаления \bar{D}_1) части верхней полуплоскости функцию $F_-(z)$, такие, что разность их предельных значений и предельных значений их производных по нормальям (или по углам определенного раствора, а соответствующие точки z^+ и z^- при стремлении к точке $\zeta \in S$

находятся на равных расстояниях от ζ) на S равны $f_0(\xi)$ и $f_1(\xi)$ соответственно (см.[4, с. 67 – 69])

$$F_+(\zeta) - F_-(\zeta) = f_0(\xi), \quad \frac{\partial F_+(\zeta)}{\partial \bar{z}} - \frac{\partial F_-(\zeta)}{\partial \bar{z}} = f_2(\zeta), \quad \zeta \in S, \quad (15)$$

причем если одна из функций F_+ и F_- непрерывна в соответствующей области вплоть до S , то другая тоже является непрерывной вплоть до S . Второе слагаемое в $g(z)$, благодаря условию (12), есть бианалитическая функция от z во всей верхней полуплоскости. Следовательно выражение $g(z)$ определяет собой некоторую бианалитическую в области D_1 , функцию $g_1(z)$ и некоторую бианалитическую в верхней полуплоскости вне \bar{D}_1 функцию $g_2(z)$, причем

$$g_1(\zeta) - g_2(\zeta) = f_0(\zeta), \quad \frac{\partial g_1(\zeta)}{\partial \bar{z}} - \frac{\partial g_2(\zeta)}{\partial \bar{z}} = f_1(\zeta), \quad \zeta \in S. \quad (16)$$

Но выражение $g(z)$, с другой стороны, равняется выражению, которое будет стоять в правой части (8'), если заменить там $w(t)$ и $w_{\bar{t}}(t)$ на $f_0(t)$ и $f_1(t)$ соответственно. Ясно, что $g_2(z) = 0$ при $Imz > \max_{\zeta \in S}(Im\zeta)$. В силу однозначности аналитического продолжения $g_2(z) \equiv 0$, так что $g_2(\zeta) = 0, \frac{\partial g_2(\zeta)}{\partial \bar{z}} = 0, (\zeta \in S)$. Но тогда из равенств (16), имеем

$$g_1(\zeta) = f_0(\zeta), \quad \frac{\partial g_1(\zeta)}{\partial \bar{z}} = f_1(\zeta) \quad (\zeta \in S).$$

Следовательно $g_1(z)$ есть искомая полианалитическая функция $w(z)$. Теорема доказана.

Рассмотрим интеграл типа Коши (14), где в качестве S возьмем простую замкнутую кривую Жордана. Пусть $f_0(z)$ и $f_1(z)$ функции суммируемые на S . Обозначим через D_i -область ограниченная кривой S , а через D_e –внешнюю неограниченную область. Интеграл типа Коши (14) представляет две регулярные полианалитические функции $F_i(z)$ и $F_e(z)$ соответственно в D_i и D_e соответственно. Рассмотрим условия обращения интеграла типа Коши (14) в интеграл Коши, т.е., что почти всюду на S выполняется соотношения

$$\begin{cases} \lim_{z \rightarrow \zeta} F_i(z) = f_0(\zeta) \\ \lim_{z \rightarrow \zeta} \frac{\partial F_i(z)}{\partial \bar{z}} = f_1(\zeta) \end{cases} \quad \zeta \in S, z \in D_i. \quad (17)$$

Теорема 5. Пусть S простая замкнутая спрямляемая кривая, разделяющая плоскость комплексного переменного z две области D_i и D_e ; f_0, f_1 - заданные на S суммируемые функции. Для того чтобы интеграл типа Коши (14) обращался в интеграл Коши, необходимо и достаточно, чтобы $F_e(z) \equiv 0$ в D_e .

Доказательство. Используя формулы Ю.Сохочкого о предельных значениях интеграла типа Коши [4,стр.67-69] легко показать, что функции $F_i(z)$ и $F_e(z)$ представимые интегралом (14) почти всюду на S удовлетворяют соотношениям

$$\begin{cases} \lim_{z \rightarrow \zeta} (F_i(z) - F_e(z')) = f_0(\zeta), \\ \lim_{z \rightarrow \zeta} \left(\frac{\partial F_i(z)}{\partial \bar{z}} - \frac{\partial F_e(z')}{\partial \bar{z}} \right) = f_1(\zeta) \end{cases} \quad \zeta \in S, z \in D_i, \quad (18)$$

где z' точка на нормали к S , симметричная с точкой z относительно ζ .

Если условия (17) выполнены, то вместе с (18) они дают соотношения

$$\lim_{z \rightarrow \zeta} (F_e(z')) = 0, \quad \lim_{z \rightarrow \zeta} \frac{\partial F_e(z')}{\partial \bar{z}} = 0. \quad (19)$$

Функция $\frac{\partial F_e(z)}{\partial \bar{z}}$ является аналитической в D_e и в силу второго равенства (19), его граничные значения на S равны нулю. По граничной теореме единственности для аналитических функций [2] $\frac{\partial F_e(z)}{\partial \bar{z}} \equiv 0$ в области D_e . Таким образом $F_e(z) \in A(D_e)$ и в силу

первого равенства (19), его граничные значения почти всюду на S равны нулю. Опять применяя граничную теорему единственности заключаем, что $F_e(z) \equiv 0$ в области D_e .

Наоборот, пусть $F_e(z) \equiv 0$. Тогда из (18) следует, что

$$\lim_{z \rightarrow \zeta} F_i(z) = f_0(\zeta), \quad \lim_{z \rightarrow \zeta} \frac{\partial}{\partial \bar{z}} F_i(z) = f_1(\zeta)$$

почти всюду на S . Теорема доказана.

Следующая теорема является аналогом критерия Голубева-Привалова [2] для бианалитических функций.

Теорема 6. Пусть выполнены условия теоремы 5. Для того чтобы интеграл типа Коши (14) обращался в интеграл Коши, необходимо и достаточно, чтобы выполнялись равенства

$$\int_S [f_0(t) - \bar{t}f_1(t)]t^k dt = 0, \quad \int_S f_1(t)t^k dt = 0, \quad (k = 0, 1, \dots).$$

Доказательство. Для функции $F_e(z)$ имеем представление

$$F_e(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_S \frac{f_0(t) + (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)}{t - z} dt, \quad z \in D_e.$$

Принимая во внимание теорему 5, разложим $F_e(z)$ в степенной ряд в окрестности точки $z = \infty$:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi i} \int_S \frac{f_0(t) + (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)}{t - z} dt &= -\frac{1}{2\pi i} \int_S \frac{f_0(t) + (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)}{z \left(1 - \frac{t}{z}\right)} dt = \\ &= -\frac{1}{2\pi i} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{z^{k+1}} \int_S [f_0(t) - (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)]t^k dt = 0. \end{aligned}$$

Отсюда в силу единственности разложения в степенной ряд, получим

$$\int_S [f_0(t) - (\bar{z} - \bar{t})f_1(t)]t^k dt = 0, \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (20)$$

Из (20) следует утверждение теоремы.

Литература

1. Teodorescu N., La derivee areolaire .These, Paris, 1931.
2. Привалов И.И. Граничные свойства аналитических функций. М. Гостехиздат, 1950, 336с.
3. Фок В.А., Куни Ф.М. О введении “гасящей” функции в дисперсионные соотношения //Докл. АН СССР, 1959, Т. 127, № 6, С. 1195 – 1196.
4. Мухелишвили Н.И. Сингулярные интегральные уравнения. М. Физматгиз, 1962. 600с.
5. М. Б. Балк, Зуев М.Ф. О полианалитических функциях. УМН, 1970, Том 25, С.203 – 226.
6. Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шишатский С.П. Некорректные задачи математической физики и анализа. М. Наука, 1980.
7. Айзенберг Л.А. Формулы Карлемана в комплексном анализе. Первые приложения. Новосибирск: Наука, 1990.
8. Евграфов М.И. Аналитические функции. М. Наука, 1991, 448с.

УДК: 517.977.56

 $\vec{M}_2 | \vec{G}_2 | 1 | N, \infty$ MUTLAQ IMTIYOZLI XIZMAT KO'RSATISH TARMOG'IDA ODDIY TALABLARNING NOSTATSIONAR NAVBAT UZUNLIGI TAQSIMOTI HAQIDA**Qurbonov H., Bozorova O'.***Samarqand davlat universiteti*E-mail: ogiloy.bozorova@mail.ru

Annotatsiya. Ishda kutish joylari chegaralangan imtiyozli xizmat ko'rsatish tarmog'i nostatsionar navbat uzunligi taqsimotining Laplas almashtirishi topilgan. Ushbu ifodadan statsionar navbat uzunligi taqsimotini aniqlovchi formula keltirib chiqarilgan.

Kalit so'zlar. xizmat ko'rsatish tarmog'i, nostatsionar navbat uzunligi, statsionar navbat uzunligi, bandlik davri.

О распределении нестационарной длины очереди в системе с абсолютным приоритетным обслуживанием $\vec{M}_2 | \vec{G}_2 | 1 | N, \infty$

Аннотация. В работе найдено преобразование Лапласа для распределения нестационарной длины очереди приоритетной системы с ограниченной очередью. Из этого выражения выводится формула, определяющая распределение стационарной длины очереди.

Ключевые слова. система обслуживания, нестационарная длина очереди, стационарная длина очереди, период занятости.

On the distribution of the non stationary queue size of the absolute priority queue system **$\vec{M}_2 | \vec{G}_2 | 1 | N, \infty$**

Abstract. In the article Laplace's transformation for the distribution of non stationary length of the system with finite queue is found. From these expression formula for stationary queue length distribution is defined.

Keywords: queue systems, non stationary queue size (length), stationary queue length (size), busy period.

Bir kanalli xizmat ko'rsatish tarmog'iga λ_1 va λ_2 parametrli ikki xil (imtiyozli va oddiy) talablar oqimi kelib tushayotgan bo'lsin. Talablarga xizmat ko'rsatish vaqti uzunliklari o'zaro bog'liq bo'lmagan va bir xil taqsimlangan tasodifiy miqdorlar bo'lib, mos holda $B_1(x)$ va $B_2(x)$ [$B_1(0) = 0, B_2(0) = 0$] taqsimot funksiyasiga va μ_1^{-1}, μ_2^{-1} o'rta qiymatlarga ega bo'lsin. Imtiyozli talablar uchun kutish joylari soni chekli N ($N \geq 1$) miqdorga teng deb qabul qilamiz. Xizmat ko'rsatish tartibi: "oxirigacha xizmat ko'rsatiladigan mutlaq imtiyoz", ya'ni tarmoqda ikki turdagi talablar mavjud bo'lsa, qurilma avval imtiyozli talablarga xizmat ko'rsatadi, oddiy talablarga esa imtiyozli talablar bo'lmagan vaqt davomidagina xizmat ko'rsatiladi. Agar oddiy talabning xizmati davomida tarmoqqa imtiyozli talab kelib tushsa, oddiy talabning xizmati uzib qo'yiladi va tarmoq imtiyozli talablardan bo'shagandan keyin uzib qo'yilgan joydan davom ettiriladi. Tarmoqning xizmat jarayoni qurilmaga oddiy talab kelib tushishi bilan boshlansin deb faraz qilamiz.

Quyidagi belgilashlarni kiritaylik:

$\xi_1(t)$ va $\xi_2(t)$ – mos holda t momentda tarmoqda mavjud bo'lgan imtiyozli va oddiy talablar soni;

ζ – tarmoqning bandlik davri;

ζ_N – tarmoqning imtiyozli talablar bilan bandlik davri;

$$\bar{b}_i(s) = \int_0^{\infty} e^{-sx} dB_i(x), \quad \text{Res} > 0, i = 1; 2,$$

$$\bar{g}(s) = \int_0^{\infty} e^{-sx} dP(\zeta < x), \quad \text{Res} > 0,$$

$$\bar{g}_N(s) = \int_0^{\infty} e^{-sx} dP(\zeta_N < x), \quad \text{Res} > 0.$$

$$P_k(t) = P(\xi_2(t) = k / \xi_1(0) = 0, \xi_2(0) = 1),$$

$$\widehat{\Pi}(v, s) = \sum_{k=0}^{N+1} v^k \int_0^{\infty} e^{-st} P_k(t) dt.$$

Teorema: $|v| \leq 1$ va $\text{Res} > 0$ da quyidagi munosabat o‘rinli:

$$\widehat{\Pi}(v, s) = \frac{1}{s + \lambda_2 - \lambda_2 \bar{g}(s)} [1 + \lambda_2 \bar{\Pi}(v, s)], \quad (1)$$

$$\bar{\Pi}(v, s) = \frac{v - \bar{g}(s)}{1 - \frac{1}{v} \bar{c}(s + \lambda_2 - \lambda_2 v)} \cdot \frac{1 - \bar{c}(s + \lambda_2 - \lambda_2 v)}{s + \lambda_2 - \lambda_2 v},$$

$$\bar{c}(s) = \bar{b}_2 [s + \lambda_1 - \lambda_1 \bar{g}_N(s)], \quad (2)$$

$$\bar{g}_N(s) = \frac{\Delta_{N-1}(s)}{\Delta_N(s)},$$

$$\sum_{m=0}^{\infty} v^m \Delta_m(s) = \frac{v \bar{b}_1(s) - \bar{b}_1(s + \lambda_1 - \lambda_1 v)}{(1 - v)[v - \bar{b}_1(s + \lambda_1 - \lambda_1 v)]}, \quad (3)$$

$\bar{g}(s)$ funksiyav $= \bar{c}(s + \lambda - \lambda v)$ tenglamaning $\text{Res} \geq 0$ da $|v| \leq 1$ shartni qanoatlantiruvchi yagona yechimi.

Izoh. Xususi holda $B_1(x) = 1 - e^{-\mu_1 x}$, $x \geq 0$ va $B_2(x) = 1 - e^{-\mu_2 x}$, $x \geq 0$ bo‘lganda statsionar navbat uzunligi taqsimotining hosila funksiyasi $\widehat{\Pi}(v) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \widehat{\Pi}(v, s)$ uchun quyidagi nisbatan sodda natijalarga ega bo‘lamiz:

$$\widehat{\Pi}(v) = \frac{(1 - \rho)(1 - v)\bar{c}(\lambda - \lambda v)}{\bar{c}(\lambda - \lambda v) - v} \quad (4)$$

bu yerda

$$\bar{c}(s) = \frac{\mu_2}{\mu_2 + s + \lambda_1 - \lambda_1 \bar{g}_N(s)},$$

$$\rho = \rho_2 \cdot \frac{1 - \rho_1^{N+1}}{1 - \rho_1}, \quad \rho_1 = \lambda_1 \mu_1^{-1}, \quad \rho_2 = \lambda_2 \mu_2^{-1},$$

$$\bar{g}_N(s) = v_1 + \frac{(1 - v_1)(v_1 - v_2)v_1^{N+1}}{v_2^{N+1}(1 - v_2) - v_1^{N+1}(1 - v_1)}, \quad (5)$$

$$v_{1,2} = \frac{s + \lambda_1 + \mu_1 \pm \sqrt{(s + \lambda_1 + \mu_1)^2 - 4\lambda_1 \mu_1}}{2\lambda_1}.$$

(4) munosabat Pollachek – Xinchin formulasi ([2], 185-bet) $\bar{b}_2(s) = \bar{c}(s)$ dagi xususi ko‘rinishidir. (5) munosabat esa [3] va [4] ishlarda boshqa metodlar yordamida topilgan.

Isbot. Teoremani birinchi marta [5] ishda Geyver tomonidan kiritilgan xizmat ko‘rsatish sikli tushunchasidan foydalangan holda isbotlaymiz. Faraz qilaylik, c – oddiy talab xizmatining boshlanish momentidan xizmat to‘liq tugagan momentgacha bo‘lgan vaqt uzunligi bo‘lsin. Agar xizmat jarayoni tarmoqqa oddiy talab kelib tushishi bilan boshlansa, u holda xizmat ko‘rsatish tarmog‘ini faqat oddiy talablarga $P(c < x)$ qonuniyat bo‘yicha xizmat ko‘rsatilayotgan oddiy (M|G|1) tipdagi tarmoq sifatida qarash mumkin.

$P(c < x)$ taqsimotning Laplas – Stiltes almashtirishini topamiz.

Oddiy talabning xizmati xizmat tugaguncha n ($n = 0, 1, 2, \dots$) marta uzib qo‘yilgan bo‘lsin. Ma’lumki, xizmatning uzulish momentidan qayta tiklanish momentigacha bo‘lgan vaqt oralig‘i tarmoqning imtiyozli talablar bilan bandlik davrini tashkil etadi. Oddiy talabning xizmati esa bandlik davrlari oralig‘idagi vaqtlarda davom etadi. Faraz qilaylik, $\zeta_{1N}, \zeta_{2N}, \dots, \zeta_{nN}$ lar tarmoqning imtiyozli talablar bilan bandlik davrlari va $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ lar oddiy talabga xizmat ko‘rsatilgan vaqt oralig‘lari bo‘lsin. U holda xizmatning n marta uzilish shartida

$$c_n = \sum_{i=1}^n \zeta_{iN} + \sum_{i=1}^n \alpha_i = \sum_{i=1}^n \zeta_{iN} + \alpha \quad (6)$$

bo'ladi. Bu yerda α – oddiy talabning to'liq xizmat vaqti uzunligi.

Ma'lumki, $\zeta_{1N}, \zeta_{2N}, \dots, \zeta_{nN}$ lar o'zaro bog'liq bo'lmagan va ζ_N bilan bir xilda taqsimlangan tasodifiy miqdorlar bo'ladi va α davomida xizmat uzib qo'yilgan momentlar λ_1 parametrli Puasson oqimini tashkil etadi.

[2] ishda keltirilgan (7) tenglikka ko'ra (0;t) vaqt oralig'ida n ta imtiyozli talabning kelish ehtimoli $\frac{(\lambda_1 t)^n}{n!} e^{-\lambda_1 t}$ ga teng bo'ladi.

Agar β (0;t) vaqt oralig'idagi uzilishlar soni bo'lsa, to'la ehtimollik formulasiga ko'ra

$$\begin{aligned} P(c < x/\alpha = t) &= \sum_{n=0}^{\infty} P(\beta = n) P(c_n < x/\alpha = t) = \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda_1 t)^n}{n!} e^{-\lambda_1 t} P(c_n < x/\alpha = t), \end{aligned}$$

yoki bundan Laplas – Stiltas almashtirishiga o'tsak,

$$\bar{c}(s/\alpha = t) = M(e^{-cs}/\alpha = t) = M \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda_1 t)^n}{n!} e^{-\lambda_1 t} e^{-ts} e^{-s \sum_{i=1}^n \zeta_{iN}} =$$

$$\begin{aligned} e^{-t(\lambda_1 + s)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda_1 t)^n}{n!} e^{-s \sum_{i=1}^n \zeta_{iN}} &= e^{-t(\lambda_1 + s)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\lambda_1 t)^n}{n!} \bar{g}_N^n(s) = \\ &= e^{-t(s + \lambda_1 - \lambda_1 \bar{g}_N(s))} \end{aligned}$$

tenglikni hosil qilamiz. $b_2(t) = B_2'(t)$ bo'lsin. U holda to'la ehtimollik formulasining integral ko'rinishiga asosan quyidagi munosabatga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} \bar{c}(s) &= \int_0^{\infty} \bar{c}(s/\alpha = t) b_2(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-t(s + \lambda_1 - \lambda_1 \bar{g}_N(s))} b_2(t) dt = \\ &= b_2(s + \lambda_1 - \lambda_1 \bar{g}_N(s)). \end{aligned}$$

(3) munosabat Xarris tomonidan ([4]) olingan va $\bar{b}(s)$ – teoremda keltirilgan tenglamaning $Res \geq 0$ va $|v| \leq 1$ da yagona yechimi ekanligi umumiy ko'rinishda [2] ishda (193-bet) isbotlangan.

Teoremaning isbotini yakunlash uchun [6] ishda $M|G|1$ tarmoq uchun keltirilgan (3.14) tenglikda $\bar{S}(s)$ ni $\bar{C}(s)$ bilan almashtirish kifoya.

(5) tenglikni keltirib chiqarish uchun [1] ishdagi 1-teoremda olingan natijaning $B_1(x) = 1 - e^{-\mu_1 x}$, $x > 0$ dagi xususiy holini qaraymiz va $M|M|1|N$ tarmoqning nostatsionar navbat uzunligi $\xi(t)$ uchun quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} \widehat{P}(v, s) &= \sum_{i=0}^{N+1} v^i \int_0^{\infty} e^{-st} P(\xi(t) = i) dt = \\ &= \frac{v^2 - v \bar{g}_N(s) + \lambda_1 (1 - v) v^{N+2} \bar{P}(N + 1, s)}{v(\mu_1 + \lambda_1 + s) - \lambda_1 v^2 - \mu_1}. \end{aligned}$$

$\widehat{P}(v, s)$ funksiya $|v| \leq 1$ va $Res > 0$ da yaqinlashuvchi bo'lganligi uchun maxraj nolga aylanadigan nuqtalarda surat ham nolga aylanishi lozim. Maxrajning v bo'yicha yechimlarini v_1 va v_2 deb belgilaymiz va suratni ham shu nuqtalarda nolga tenglashtirib, hosil bo'lgan tenglamalarni $\bar{g}_N(s)$ va $\bar{P}(N + 1, s)$ larga nisbatan yechamiz va (5) tenglikka ega bo'lamiz.

Adabiyotlar

1. Курбанов Х. Переходные явления для распределения остатка периода занятости система массового обслуживания $M|G|1|N$, Сб. АН УзССР, «Предельные теорема для случайных процессов и статистические выводы», Т.: Фан, 1981, стр 108-122.
2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987.
3. Ташманов Х.Т. Исследование смешенной система массового обслуживания с пуассоновским входящим потоком. Дисс. На соис.уч.ст. кандидата ф.м.наук., Ташкент, 1974.
4. Harris T.J. The remaining busy period of finite queue, Oper. Res., v19, 1971, 219-223.
5. Gaver D.P. A comparison of queue disciplines when service orientation times occur. Nav.Res. Logistics Quart., 10, 1963, 219-235.
6. Джейсуол Н. Очереди с приоритетами. – М.: Мир, 1973.

УДК: 517.977.56

KASR TARTIBLI DIFFERENSIAL O'YINLARDA QUVISH MASALASI

Alimov H.N.

Jizzax davlat pedagogika instituti

Annotatsiya. Maqolada kasr tartiblidifferensial tenglamalar bilan ifodalanuvchi quvish masalasini tadqiq qilishda momentlar metodini qo'llash imkoniyatlari o'rganiladi.

Kalit so'zlar: Qochuvchi, quvuvchi, quvish masalasi, kasr tartibli differensial tenglama, momentlar metodi.

Задача преследования в дифференциальных играх дробного порядка

Аннотация. В статье изучаются возможности применения метода моментов при рассмотрении задачи преследования, описываемой дробными дифференциальными уравнениями.

Ключевые слова: убегающий, преследующий, задача преследования, дифференциальное уравнение дробного порядка, метод моментов.

The task of pursuit in fractional order differential games

Abstract. In the article using the moments method the issues of chasing which symbolizes fractional differential equations is studied.

Keywords: runner, chaser, chasing issues, fractional differential equations, moments method.

R^m – m o'lchovli Evklid vektorli fazosi z nuqtasining harakati

$$D^\alpha z = Az + f(u, v) \quad (1)$$

differensial tenglama orqali ifodalansin, bunda $D^\alpha - \alpha$ tartibli kasrli differensiallash operatori, $n-1 < \alpha \leq n$, $n \in \mathbb{N}$, $t \in [0, T]$, $A - m \times m$ – o'zgarmas matritsa, u, v – boshqaruvchi parametrlar, u – quvuvchi o'yinchining boshqaruv parametri, $u \in P \subset R^m$, v – qochayotgan o'yinchining boshqaruv parametri, $v \in Q \subset R^m$, P va Q – bo'sh bo'lmagan kompakt to'plamlar; $f - P \times Q$ to'plamni R^m ga uzluksiz akslantirish. Kasr hosilani Kaputo ma'nosida tushunamiz. Eslatib o'tamizki $z(t) \in AC^{[\alpha]+1}(a, b)$, $a, b \in R^1$ funksiyadan Kaputoning ixtiyoriy butun bo'lmagan $\alpha > 0$ tartibli hosilasi

$$D^\alpha z(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\{\alpha\})} \int_0^t \frac{d^{[\alpha]+1} z(\xi)}{d\xi^{[\alpha]+1}} \frac{d\xi}{(t-\xi)^{\{\alpha\}}}$$

ifoda orqali ifodalanadi. Gamma-funksiya quyidagicha aniqlanadi $\Gamma(\theta) = \int_0^\infty r^{\theta-1} e^{-r} dr$. Gamma-

funksiyaning asosiy hossasi $\Gamma(\theta+1) = \theta \Gamma(\theta)$ pasaytirish formulasi bilan ifodalanadi. Agar θ – butun musbat son bo'lsa, $\Gamma(\theta) = (\theta-1)!$; $\Gamma\left(\theta + \frac{1}{2}\right) = \frac{1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (2\theta-1)}{2^\theta} \sqrt{\pi}$ bo'ladi. $0 < \theta < 1$

bo'lganda quyidagi formula o'rinli $\Gamma(\theta)\Gamma(1-\theta) = \frac{\pi}{\sin \pi\theta}$. So'ng R^m da bo'sh bo'lmagan yopiq

M – terminal to'plam o'yinning tugatilish to'plami belgilangan.

(1) o'yinda terminal to'plam $M = M_0 + M_1$, ko'rinishga ega deb qaraymiz, bunda, $M_0 - R^m$ ning chiziqli qism fazosi, $M_1 - M_0$ ning R^m ga ortogonal to'ldiruvchisi L qism fazoning qism to'plami. P orqali esa R^m dan L ga ortogonal proeksiyalash matritsasini belgilaymiz.

Agar $z \in M$ shart bajarilsa o'yin to'g'agan hisoblanadi. Quvayotgan o'yinchining maqsadi z ni M to'plamga tushirish, qochayotgan o'yinchi umuman olganda unga xalaqit berishga intiladi.

Ta’rif. (1) differensial o‘yin $z^0 = (z_0^0, z_1^0, z_2^0, z_3^0, \dots, z_{n-1}^0)$ boshlang‘ich xolatdan $T = T(z^0)$ vaqt ichida tugatilishi mumkin deyiladi, agar ixtiyoriy o‘lchovli $\nu(t), \nu(t) \in Q, 0 \leq t \leq T$, funksiya uchun shunday o‘lchovli $u(t) = u(z^0, t, \nu(t)) \in P, t \in [0, T]$ funksiya mavjud bo‘lsaki, ularga mos

$$D^\alpha z = Az + f(u(t), \nu(t)), \quad z \in R^m, \quad n-1 < \alpha \leq n, \quad z(0) = z^0, \quad (2)$$

tenglamaning echimi $z \in M$ shartni qanoatlantirsa, ya’ni Πz vektor $t_1 \leq T$ momentda M_1 to‘plamga tegishli bo‘lsa.

$$E_\eta(G; \mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{G^k}{\Gamma(k\eta^{-1} + \mu)}$$

Mittag-Lefler [1] ning umumlashtirilgan matritsali funksiyasi bo‘lsin, bunda $\eta > 0, \mu \in C$ (C – kompleks sonlar to‘plami) $G - m$ tartibli ixtiyoriy kvadrat matritsa. Quyidagidan

$$z^{(k)}(0) = z_k^0, \quad k = 0, 1, \dots, n-1, \quad (3)$$

boshlang‘ich shartli, (1) dinamikali tizimni qaraymiz.

U holda (2) tenglamaning (3) boshlang‘ich shartidagi echimi quyidagi ko‘rinishga ega [2],[3]

$$z(t) = \sum_{k=0}^{n-1} t^k E_{\frac{1}{\alpha}}(At^\alpha; k+1) z_k^0 + \int_0^t (t-r)^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(A(t-r)^\alpha; \alpha) f(u(r), \nu(r)) dr. \quad (4)$$

Endi $r \geq 0$, uchun $\hat{w}(r) = \bigcap_{\nu \in Q} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu)$

$$W(t) = \int_0^t \hat{w}(r) dr, \quad t > 0, \quad W_1(t) = -M_1 + W(t), \quad (5)$$

larni aniqlaymiz.

$$\text{Qulaylik uchun quyidagi belgilashni kiritamiz } h_z(z^0, t) = \sum_{k=0}^{n-1} t^k E_{\frac{1}{\alpha}}(At^\alpha; k+1) z_k^0.$$

Teorema. Agar (1) o‘yinda biror $t = t_2$ da

$$-\Pi h_z(z^0, t) \in W_2(t), \quad (6)$$

tegishlilik bajarilsa, quvishni z^0 boshlang‘ich holatdan $T = t_2$ vaqt ichida tugatish mumkin.

4.2.2. Teoremaning isboti. Ixtiyoriy $\varepsilon \geq 0, \tau > 0, \varepsilon \leq \tau$ lar uchun

$$A(\tau) \subset \bigcap_{\nu(r)} \left[A(\tau - \varepsilon) + \int_{\tau - \varepsilon}^{\tau} e^{rC} f(P, \nu(r)) dr \right] \quad (7)$$

qism to‘plamlilik o‘rinli [4]. $[0, \tau]$ kesma ajratmalarining maxsus sinfini qaraymiz: ajratish nuqtalarining biri $\tau - \varepsilon$ nuqta bilan ustma ust tushadi, qolganlari ixtiyoriy. Ushbu sinfnig qandaydir ajratmasi uchun $\tau_i = \tau - \varepsilon$ bo‘lsin. U holda

$$A_{i+2} \subset \bigcap_{\bar{\nu}(r)} \left\{ \bigcap_{\tilde{\nu}(r)} \left[A_i + \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \tilde{\nu}(r)) dr \right] + \int_{\tau_{i+1}}^{\tau_{i+2}} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \tilde{\nu}(r)) dr \right\}. \quad (8)$$

Shunday qilib ixtiyoriy $\tilde{\nu}(r), \tau_{i+1} \leq r \leq \tau_{i+2}$ funksiya uchun

$$\begin{aligned} & \left\{ \bigcap_{\bar{\nu}(r)} \left[A_i + \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \tilde{\nu}(r)) dr \right] + \int_{\tau_{i+1}}^{\tau_{i+2}} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \tilde{\nu}(r)) dr \right\} \subseteq \\ & \subseteq \bigcap_{\bar{\nu}(r)} \left[A_i + \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \tilde{\nu}(r)) dr + \int_{\tau_{i+1}}^{\tau_{i+2}} \Pi r^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \bar{\nu}(r)) dr \right], \end{aligned}$$

va demak

$$A_{i+2} \subset \bigcap_{\nu(r)} \left[A_i + \int_{\tau_i}^{\tau_{i+2}} \text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu(r)) dr \right]. \quad (9)$$

Shunga o'xshash fikr yuritib

$$A_p \subset \bigcap_{\nu(r)} \left[A_i + \int_{\tau-\varepsilon}^{\tau} \text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu(r)) dr \right] \quad (10)$$

ga ega bo'lamiz. (10) da limitga o'tsak (7) qism to'plamlilikga ega bo'lamiz.

Aytaylik $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_j, \dots, 0 \leq \tau_{j+1} < \tau_j \leq \tau - \text{biror } \tau_0$ songa yaqinlashuvchi sonli ketma-ketlik bo'lsin. Faraz qilaylik

$$-\text{Pr} h_z(z_0; \tau_j) z_0 \in A(\tau_j), \quad j=1, 2, \dots \quad (11)$$

U holda

$$\text{Pr} h_z(z_0; \tau_0) z_0 \in A(\tau_0) \quad (12)$$

Xaqiqatdan ham $\text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, Q), 0 \leq r \leq \tau$, to'plamning kompaktiligidan va (7)

qism to'plamlilikdan

$$-\text{Pr} h_z(z_0; \tau_j) z_0 \in A(\tau_0) + \eta \varepsilon_j J, \quad \varepsilon_j = \tau_j - \tau_0, \quad (13)$$

kelib chiqadi. $A(\tau_0)$ to'plam yopiq bo'lgani uchun bundan, (12) tegishlilik kelib chiqadi.

Shunday qilib teoremaning shartida ishtirok etgan eng kichik son τ_0 (6) tegishlilikni agar u xech bulmaganda bitta τ moment uchun o'rinli bo'lsa qanoatlantiradi.

Aytaylik $F(t, u, \nu) - [\delta, \gamma] \times P \times Q$ to'plamda aniqlangan va (t, u, ν) uchun shu to'plamda uzluksiz vektor funksiya bo'lsin, bunda $t \in [\delta, \gamma]$ larda, $\nu(t) \in Q$ va $y(t) \in F(t, P, \nu(t))$. U holda shunday o'lchamli funksiya $u(t)$, $\delta \leq t \leq \gamma$ mavjudki $F(t, u(t), \nu(t)) = y(t)$ tenglik deyarli barcha $t \in [\delta, \gamma]$ lar uchun o'rinli bo'ladi. Ushbu mulohazaning isboti [5] da keltirilgan.

Endi $\nu_0(t)$, $0 \leq t \leq \varepsilon$, - qiymatlari Q ga tegishli bo'lgan ixtiyoriy o'lchovli boshqaruv bo'lsin. U holda

$$A(\tau) \subset \bigcap_{\nu(r)} \left[A(\tau - \varepsilon) + \int_{\tau-\varepsilon}^{\tau} \text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu(r)) dr \right] \subset \\ A(\tau - \varepsilon) + \int_{\tau-\varepsilon}^{\tau} \text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu(\tau - r)) dr, \quad (14)$$

qism to'plamlilik o'rinli. Endi τ_1 orqali

$$-\text{Pr} h_z(z_0; t) \subset A(\tau - \varepsilon) + \int_{\tau-\varepsilon}^{\tau} \text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu(\tau - r)) dr, \quad (15)$$

o'rinli bo'lgan barcha τ , $\tau \leq \varepsilon$ lar ichidan eng kichigini belgilaymiz. Tushunarliki $\tau_1 \leq \tau_0$.

(15) dan shunday $a \in R^n$ nuqta va $y(t)$, $\tau_1 - \varepsilon \leq t \leq \tau_1$ qiymatlari $\text{Pr}^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^\alpha; \alpha) f(P, \nu_0(\tau_1 - r))$ to'plamga tegishli bo'lgan integrallanuvchi funksiyaning mavjudligi kelib chiqadiki ular uchun

$$-\text{Pr} h_z(z_0; t) = a + \int_{\tau_1-\varepsilon}^{\tau_1} y(\tau_1 - r) dr, \quad a \in A(\tau_1 - \varepsilon), \quad (16)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

Endi $\Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) f(u, v)$, $\tau_1 - \varepsilon \leq t \leq \tau_1$, $v \in Q$, va $u \in P$ funksiyani qaraymiz. Bu funksiya yuqoridagi barcha shartlarni qanoatlantirishiga ishonch hosil qilish qiyin emas, shuning uchun

$$\Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) f(u, v_0(\tau_1 - t)) = y(\tau_1 - t), \quad \tau_1 - \varepsilon \leq t \leq \tau_1, \quad u \in P$$

tenglamani o'lovchi echimi mavjud.

Deyarli barcha $t \in [\tau_1 - \varepsilon, \tau_1]$ lar uchun quyidagi $\Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) f(u_0(\tau_1 - t), v_0(\tau_1 - t)) = y(\tau_1 - t)$ tenglikga ega bo'lamiz..
Demak

$$- \text{Ph}_z(z_0; t) = a + \int_{\tau_1 - \varepsilon}^{\tau_1} \Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) f(u_0(\tau_1 - r), v_0(\tau_1 - r)) dr$$

yoki elementar shakl almashtirishlardan so'ng quyidagi tenglikni olamiz

$$- \Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) z(\varepsilon) = a \in A(\tau_1 - \varepsilon), \quad (17)$$

bunda

$$z(\varepsilon) = \Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) z_0 + \int_0^{\varepsilon} \Pr^{\alpha-1} E_{\frac{1}{\alpha}}(Ar^{\alpha}; \alpha) f(u_0(r), v_0(r)) dr.$$

(17) tegishlilikdan esa

$$T(z(\varepsilon)) \leq \tau_1 - \varepsilon \leq \tau_0 - \varepsilon = T(z_0) - \varepsilon,$$

kelib chiqadi.

Shuning uchun

$$T(z_0) - T(z(\varepsilon)) \geq \varepsilon. \quad (18)$$

(18) tengsizlik yuqorida ko'rsatilgan quvishni tanlangan boshqaruvda $T(z(t))$ kattalik t vaqtdan sekin bo'lmagan holda kamayadi va natijada $T(z_0)$ vaqt ichida nolga aylanadi. Teorema isbotlandi.

Adabiyotlar

1. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. Минск: Наука и техника. 1987.– 244 с.
2. Джрбашян М.М., Нерсисян А.Б. Дробные производные и задача Коши для Дифференциальных уравнений дробного порядка // Изв. АН Армянской ССР. 1968. Т. 3. Вып. 1. С. 3-29.
3. Чикрий А.А., Матичин И.И. Игровые задачи для линейных систем дробного порядка // Труды института математики и механики УрО РАН. Том 15. 2009. №3. С. 262-278.
4. Нигматуллин Р.Р. Дробный интеграл и его физическая интерпретация//ТМФ, 1992.- Т.90, №3.-С.354-368.
5. Филиппов А.Ф. О некоторых вопросах теории оптимального регулирования // МГУ сер. матем., мех., астроном., физ., хим. – Москва. 1959. – № 2. – С. 25-32.
6. Алимов Х.Н., Маматов М.Ш., О задаче преследования, описываемой дробными дифференциальными уравнениями.// Научный вестник СамГУ. - Самарканд 2016. - №1, с. 5-8.
7. Маматов М.Ш., Алимов Х.Н. Задачи преследования описываемая дифференциальными уравнениями дробного порядка с нелинейными уравнениями// Проблемы современной топологии и её приложения. Тошкент. 2016. с. 216-218.
8. Алимов Х.Н., Маматов М.Ш., О задаче преследования, описываемой дифференциальными уравнениями дробного порядка// Математик физика ва замонавий анализнинг турдош масалалари республика илмий-амалий конференцияси. Бухоро. 2015. 315-317 б.

УДК 532.546

ЗАДАЧА ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВА В ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТОЙ СРЕДЕ С КонтРАСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**Мустофокулов Ж.А., Зокиров М.***Самаркандский государственный университет*

Аннотация. В данной статье рассмотрена задача переноса веществ в трещиновато-пористой среде с контрастными характеристиками с учетом неравновесной кинетической адсорбции. Объект исследования состоит из одной трещины и примыкающей к ней пористый блок (матрица). Задача решена численно. На основе численного результата анализировано влияние адсорбции на перенос вещества в трещиновато-пористой среде.

Ключевые слова: адсорбция, диффузия, кинетическая адсорбция, конвективная диффузия, неравновесная адсорбция, пористый блок, трещиновато-пористая среда.

Kontrast xarakteristikali yoriq-g'ovak muhitda moddaning ko'chishi masalasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada kontrast xarakteristikali yoriq-g'ovak muhitda nomuvozanat kinetik adsorbsiyani hisobga olib moddaning anomal ko'chishi masalasi qaralgan. Tadqiqot ob'ekti bitta yoriqdan va unga biriktirilgan g'ovak blok (matritsa)dan tashkil topgan yoriq-g'ovak muhit. Masala sonli yechilgan. Sonli natijalarga asoslanib yoriq-g'ovak muhitda adsorbsiyaning modda ko'chishiga ta'siri tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: adsorbsiya, yoriq-g'ovak muhit, kinetik adsorbsiya, konvektiv diffuziya, nomuvozanat adsorbsiya, g'ovak blok.

The problem of solute transport in a fractured-porous medium with contrast characteristics

Abstract. In the paper the problem of the transport of solutes in a fractured-porous medium with contrast characteristics is considered taking into account non-equilibrium kinetic adsorption. Object of study is a single fracture and a porous block adjacent to it (matrix). The problem solved numerically. Based on of the numerical results, the effect of adsorption on the transfer of a solute in a fractured-porous medium is analyzed.

Keywords: adsorption, convective diffusion, fractured-porous media, kinetic adsorption, non-equilibrium adsorption, porous block.

В последнее время гидродинамическому моделированию переноса вещества в трещиновато-пористых средах (ТПС) уделяется большое внимание. Это обусловлено различными практическими приложениями, где процессы переноса вещества и движения жидкости в трещиновато-пористых средах составляют основу промышленных, опытно-промышленных работ по утилизации различных отходов в подземные резервуары, интенсификации добычи нефти путем закачки воды с различными растворенными веществами в пласты с трещиновато-пористыми коллекторами и др. Одним из рациональных путей анализа указанных процессов является составление и исследование гидродинамических моделей процесса. В работе [1-3, 6] основное внимание уделялось анализу переноса вещества и течению жидкости в пористых средах. Однако, моделирование переноса вещества в трещиновато-пористых средах в общем виде сопровождается целым рядом трудностей и по сути дела нельзя указать сегодня хотя бы грубый модельный подход к этому. Теоретическое и экспериментальное исследования в этой области проводились в основном за рубежом. Следует необходимо отметить, что первые шаги были сделаны в работах [4, 5], где предпринят подход к составлению и анализу гидродинамических моделей переноса вещества в трещиновато-пористых средах. Как в трещине, так и пористом блоке процесс переноса вещества описывается уравнениями конвективно-диффузионного типа, а на границе сред учитывается массообмен вещества [7,8].

Процесс моделирования становится еще сложнее, когда перенос вещества происходит с проявлением его адсорбции на поверхности трещины и скелета пористого блока. В этих

случаях необходимо одновременно рассматривать явления конвекции, диффузии, адсорбции вещества. Отсутствие надежных обобщенных гидродинамических моделей переноса вещества в трещиновато-пористых средах, учитывающих указанные выше явления и важность гидродинамического анализа процесса для приложений указывает на актуальность проблемы.

В данной работе изучается аномальный конвективно-диффузионный перенос вещества в ТПС с учетом кинетической адсорбции вещества. Рассмотрим элемент ТПС, состоящий из одной трещины и примыкающей к ней пористого блока (рис.1). Трещина является полу бесконечным и одномерным объектом, так что распределение вещества по ее поперечному сечению считается однородным [5]. Пусть в трещине подается жидкость с заданной постоянной скоростью v и с концентрацией вещества c_0 . Первоначально трещина и пористый блок

считаются заполненными чистой (без вещества) жидкостью. Считаем, что в трещине происходит конвективно-диффузионный перенос вещества с коэффициентом конвективной диффузии D_f^* , а в пористом блоке - только диффузионный с коэффициентом эффективной диффузии D_m^* . Кроме того, в матрице поперечным коэффициентом диффузии, характеризующим перенос вещества в направлении x , пренебрегаем. Через общую границу из трещин в пористом блоке происходит перенос массы вещества. Как в трещине, так и в пористом блоке вещество в процессе переноса может адсорбироваться. При этих предположениях уравнения конвективно-диффузионного переноса вещества с учетом адсорбции и массообменное вещества отдельно для трещин и пористого блока напишем в виде [4-5, 9]:

$$b \left(\frac{\partial c_f}{\partial t} + \rho \frac{\partial^\gamma s_f}{\partial t^\gamma} + v \frac{\partial c_f}{\partial x} \right) = b D_f^* \frac{\partial^2 c_f}{\partial x^2} + \theta_m D_m^* \frac{\partial c_m}{\partial y} \Big|_{y=0}, \quad 0 \leq x < \infty, \quad (1)$$

$$\frac{\partial c_m}{\partial t} + \frac{\rho}{\theta_m} \frac{\partial^\gamma s_m}{\partial t^\gamma} = D_m^* \frac{\partial^2 c_m}{\partial y^2}, \quad 0 \leq y < \infty, \quad (2)$$

где $c_f = c_f(t, x)$ - концентрация вещества в трещине, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $c_m = c_m(t, x, y)$ - концентрация в матрице, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $s_f = s_f(t, x)$ - концентрация адсорбированного вещества в трещине, $\text{м}^3/\text{кг}$; $s_m = s_m(t, x, y)$ - концентрация адсорбированного вещества в матрице, $\text{м}^3/\text{кг}$; ρ - плотность насыщенной среды, $\text{кг}/\text{м}^3$; b - ширина трещины, м ; θ_m - коэффициент пористости матрицы, t - время, с .

Кинетическое уравнение для линейного изотерма Фрейндлиха [8, 10, 12] отдельно для трещин и пористого блока с контрастными характеристиками напишем в виде:

$$\frac{\partial^\gamma s_f}{\partial t^\gamma} = \alpha_f (k_f c_f - s_f), \quad 0 \leq x < \infty, \quad (3)$$

$$\frac{\partial^\gamma s_m}{\partial t^\gamma} = \alpha_m (k_m c_m - s_m), \quad 0 \leq y < \infty, \quad (4)$$

где k_f, k_m - константа равновесия уравнения Фрейндлиха в трещине и в матрице соответственно, $\text{м}^3/\text{кг}$, α_f, α_m - коэффициенты темпа адсорбции, характеризующие интенсивности процессы адсорбции, $\text{с}^{-\gamma}$, γ - порядок дробного производного ($0 < \gamma < 1$).

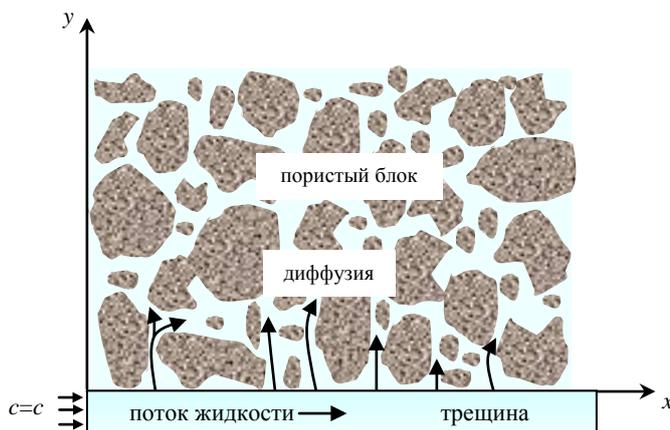


Рис.1. Схематическое изображение переноса вещества из трещины в пористый блок

Начальные и граничные условия задачи примем в виде:

$$c_f(0, x) = c_m(0, x, y) = 0, \quad c_f(t, 0) = c_0, \quad c_f(t, x) = c_m(t, x, 0), \quad (5)$$

$$\frac{\partial c_f(t, \infty)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial c_m(t, x, \infty)}{\partial y} = 0, \quad s_f(0, x) = s_m(0, x, y) = 0. \quad (6)$$

Система уравнений (1), (2) с учетом (3), (4) при условиях (5), (6) решаются численно, методом конечных разностей [11, 13, 14].

Результаты и их обсуждение

Для оценки влияния адсорбции на общее распределение концентрации в трещине и пористом блоке, на ширину распространения их профилей вычислялись моменты от концентрации и адсорбции вещества

$$c_{fl} = \int_0^{\infty} x^l c_f(t, x) dx, \quad c_{ml} = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} x^l y^l c_m(t, x, y) dx dy,$$

$$s_{fl} = \int_0^{\infty} x^l s_f(t, x) dx, \quad s_{ml} = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} x^l y^l s_m(t, x, y) dx dy, \quad l = 0, 1, \dots$$

Используя эти моменты можно оценить различные характеристики переноса вещества и ее адсорбции. Величины $x_{fc} = \frac{c_{f1}}{c_{f0}}$, $x_{fs} = \frac{s_{f1}}{s_{f0}}$ представляют собой «среднее» расстояние переноса вещества и адсорбции в трещине (x_{fc} и x_{fs} , соответственно). Величины $\Omega_{mc} = \frac{c_{m1}}{c_{m0}}$, $\Omega_{ms} = \frac{s_{m1}}{s_{m0}}$ представляет собой «среднюю» площадь распространения вещества и его адсорбции в пористом блоке (Ω_{mc} и Ω_{ms} , соответственно).

В практических расчетах использованы следующие значения исходных параметров: $c_0 = 0,01 \text{ м}^3/\text{м}^3$, $\theta_m = 0,2$, $D_f^* = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, $D_m^* = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $b = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, $\rho = 2500 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\alpha_f = \alpha_m = 4 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-\gamma}$.

На рис.2 показаны зависимости x_{fc} от времени для трех значений γ . Из рисунков можно видеть, что при $\gamma = 1$ в начальный момент времени значение x_{fc} растет, затем устанавливается неизменные величины по времени. Следует отметить, что уменьшение порядка производной ($\gamma < 1$) во всех случаях, приводит к уменьшению значению x_{fc} . Сравнивая графики рис.2.в,г с рис.2.а, можно заметить, увеличение коэффициента адсорбции $k_f = k_m = k$ от $3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$ до $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ приводит к значительному уменьшению момента концентрации по t . Аналогичные закономерности наблюдаются для пористого блока (Рис.3). При увеличении значения коэффициента адсорбции k отмеченные выше эффекты усиливаются (Рис.3б, в). Из полученных результатов можно сделать заключение, что уменьшение порядка производной от 1 приводит к задержке развития концентрационного поля как в трещине, так и в пористом блоке, что приводит к сокращению распространения концентрационного поля - c_m .

На рис. 4-5 представлены временные зависимости моментов адсорбции вещества x_{fs} и Ω_{ms} в трещине и в пористом блоке соответственно. Сравнивая рис.4а с рис.4б,в можно видеть, что с увеличением значения коэффициента адсорбции в общем случае, приводит к

уменьшению значения x_{fs} . Из графиков видно, при $\gamma=1$ изменение динамики моменты адсорбированной концентрации веществ немонотонно растет

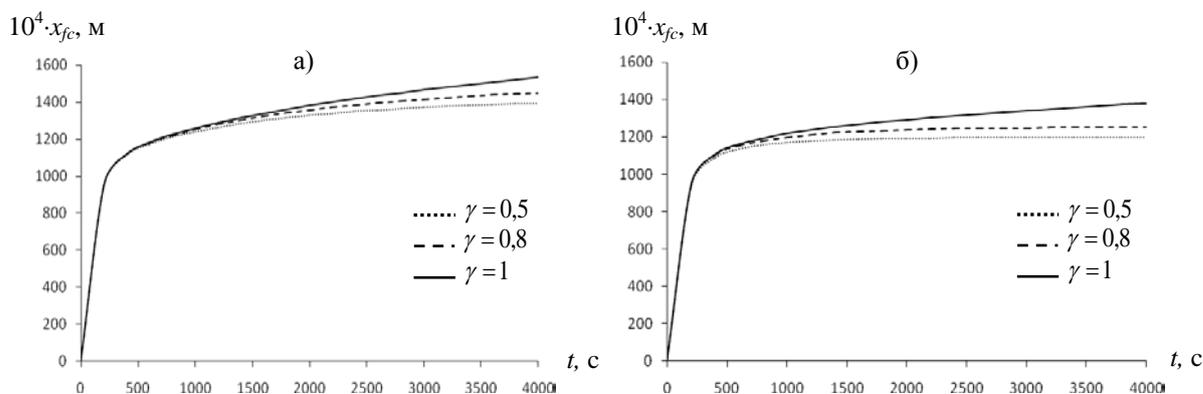


Рис. 2. Изменение динамики x_{fc} по t , при различных значениях γ

$k_f = k_m = k = 3 \cdot 10^{-4} \text{ M}^3/\text{кг}$ (а),

$k_f = k_m = k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ M}^3/\text{кг}$ (б),

$k_f = k_m = k = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}^3/\text{кг}$ (в).

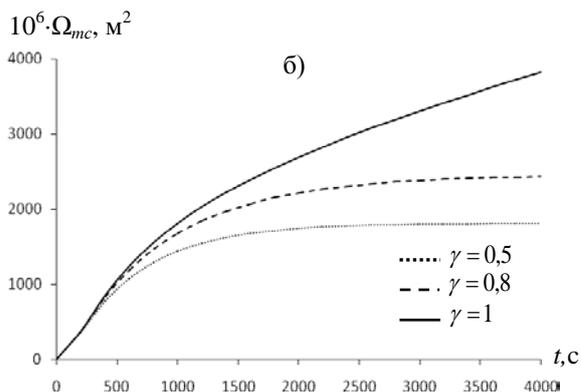
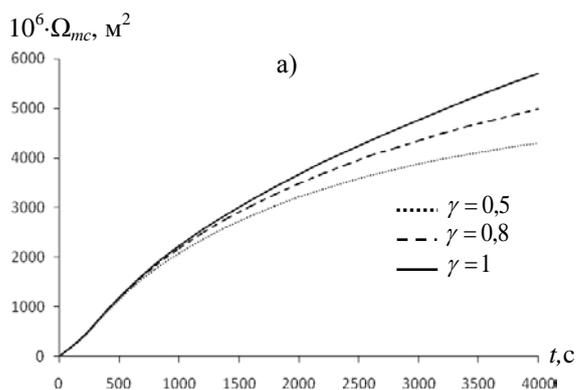
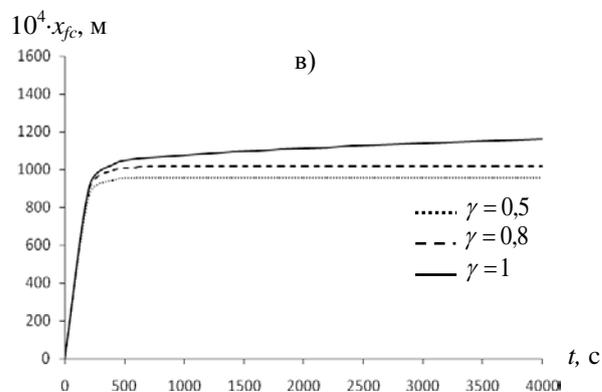
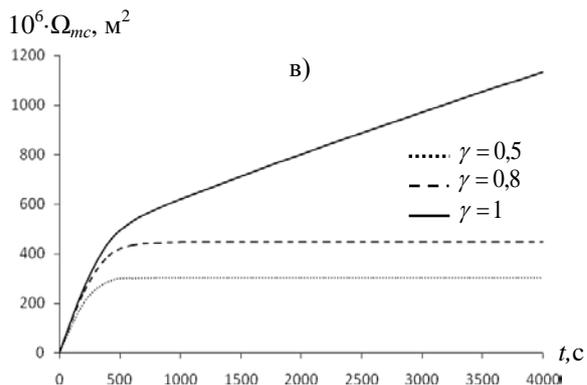


Рис. 3. Изменение динамики Ω_{mc} по t , при различных значениях γ

$k_f = k_m = k = 3 \cdot 10^{-4} \text{ M}^3/\text{кг}$ (а),

$k_f = k_m = k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ M}^3/\text{кг}$ (б),

$k_f = k_m = k = 6 \cdot 10^{-3} \text{ M}^3/\text{кг}$ (в).



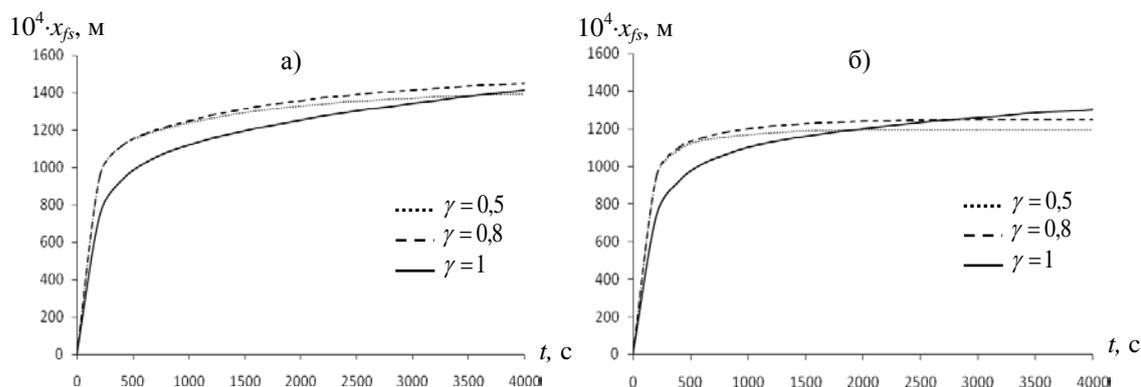


Рис. 4. Изменение динамики x_{fs} по t , при различных значениях γ

$k_f = k_m = k = 3 \cdot 10^{-4} \text{ М}^3/\text{кг}$ (а),

$k_f = k_m = k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ М}^3/\text{кг}$ (б),

$k_f = k_m = k = 6 \cdot 10^{-3} \text{ М}^3/\text{кг}$ (в).

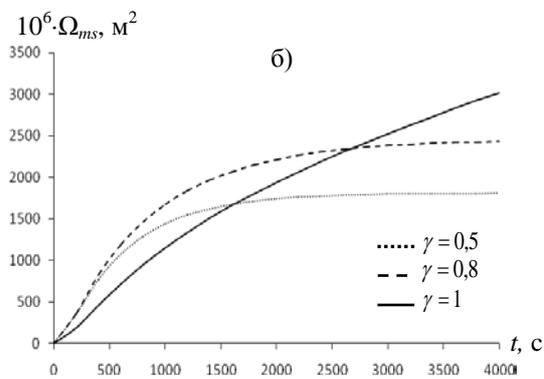
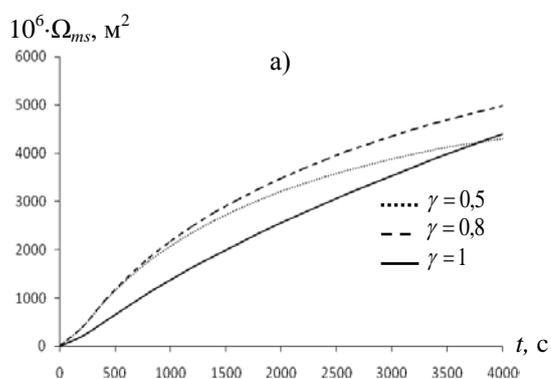
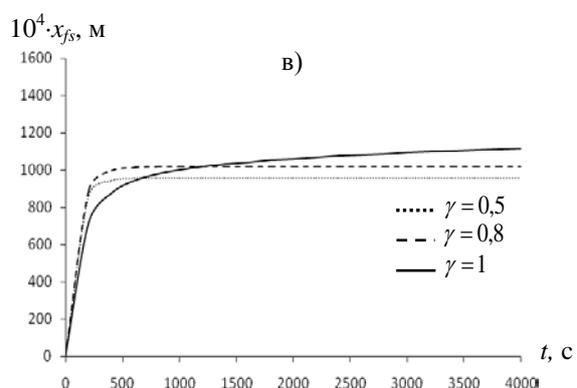
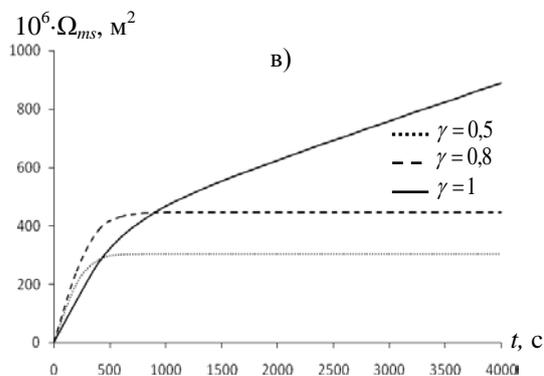


Рис. 5. Изменение динамики Ω_{ms} по t , при различных значениях γ

$k_f = k_m = k = 3 \cdot 10^{-4} \text{ М}^3/\text{кг}$ (а),

$k_f = k_m = k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ М}^3/\text{кг}$ (б),

$k_f = k_m = k = 6 \cdot 10^{-3} \text{ М}^3/\text{кг}$ (в).



. Уменьшение значение γ от 1 показывают аномальные характеристики в процессе распространения концентрационного и адсорбционного поля, так как наблюдается пересечение кривых. С увеличением эффекта адсорбции пересечения кривых ускоряется по времени (Рис. 4б, в). Характер изменения динамики Ω_{ms} для пористого блока показан на рис.5. При $\gamma = 1$ значения моментов адсорбированной концентрации веществ в пористом блоке монотонно растут (Рис.5.а,б). С уменьшением порядка производной γ от 1, эти кривые немонотонно растут по t . Аналогичным образом, увеличение коэффициента равновесия адсорбции приводит к ускорению пересечению кривых в пористом блоке (Рис.5.б, в).

Полученные результаты позволяют сделать заключение что неравновесность адсорбции приводит к задержке развития адсорбционного поля в ТПС, а также к опережающему развитию концентрационного поля. При уменьшение значения γ от 1 проявляются аномальные характеристики в течение процесса распространения концентрационного и адсорбционного поля.

Литература

1. Николаевский В.Н., Бондарев Э.А., Миркин М.И., Степанова Г.С., Терзи В.П. Движение углеводородных смесей в пористой среде. М.: Недра, 1968, 192 с.
2. M. Th. Van Genuchten and P. J. Wierenga. Mass transfer studies in sorbing porous media, 1. Analytical solution, *Soil Science Society of America Journal*, 1976, Vol 40, 473-479 pp.
3. M. Th. van Genuchten and R.J. Wagenet. Two-Site/Two-Region Models for Pesticide Transport and degradation: Theoretical Development and Analytical Solutions, *Soil Science Society of America Journal*, 1989, Vol 53, №5, 1303-1310 pp.
4. Grisak G. E. and Pickens J. F. Solute transport through fractured media 1. The effect of matrix diffusion, *Water Resources Research*, 1980, 16(4), 719-730 pp.
5. Grisak G. E. and Pickens J. F. An analytical solution for solute transport through fractured media with matrix diffusion, *Journal of Hydrology*, 1981, 52(1/2), 47-57 pp.
6. Bear, J. Dynamics of fluids in porous media, Elsevier, New York, 1972, 764 pp.
7. N. Natarajan, G. Suresh Kumar. Effect of nonlinear sorption on solute transport in a coupled sinusoidal fracture-matrix system, *International journal of environmental sciences*, Volume 1, № 3, 2010, 323-333 pp.
8. Tom Bratton, Dao Viet Cahn. The Nature of Naturally Fractured Reservoirs, *Journal of Oilfield Review*, Summer 2006, 4-23 pp.
9. I. Berre, F. Doster and E. Keilegavlen. Flow in fractured porous media: A review of conceptual models and discretization approaches, *Journal of Physics. Geo-ph.* Volume 1, May 16, 2018, 1-20 pp.
10. Moradi G. and Mehdinejadi B. Modelling solute transport in homogenous and heterogeneous porous media using spatial fractional advection-dispersion equation. *Soil & Water Res.*, 11. 2016 (1) 1-11 pp.
11. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977, 656 с.
12. Van Genuchten M.Th., J.M. Davidson and P.J.Wierenga. An evaluation of kinetic and equilibrium equations for the prediction of pesticide moment through porous media. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1974, 38(1), 29-35 pp.
13. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1977, 436 с.
14. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978, 512с.

УДК: 531.36

**ERKIN TAYANGAN UCH QATLAMLI ELASTIK PLASTINKANING SIMMETRIK
TEBRANISHLARI****Xudayberdiyev Z., Xudayberdiyeva Sh., Axatov X.**
Samarqand davlat universiteti

Annotatsiya. Ishda erkin tayangan uchqatlamli elastic plastinkaning tanlangan oʻrta sirtidagi koʻchishlarining bosh qismlari izlanuvchi funksiyalar sifatida kiritilgan. Shunga koʻra bir qancha matematik amallar bajarilib izlanuvchi funksiyalarga nisbatan amaliy masalalarni yechishda qoʻllash mumkin boʻlgan beshinchi tartibli differensial tenglamalar sistemasi keltirib chiqarilgan va bu tenglamalar sistemasi “Maple 12” dasturi yordamida yechilib erkin tayangan uchqatlamli plastinka qaatlamlarida yuzaga keladigan koʻchishlar va kuchlanishlar grafiklari olingan.

Kalit soʻzlar: chegraviy shart, uch qatlamli plastinka, koʻchish.

Симметричные колебания трехслойной свободной пластины

Аннотация. В исследовании части склонов трехуровневой упругой пластины выбраны в качестве функций поиска. Таким образом, была создана система дифференциальных уравнений пятого порядка, которая может быть использована для решения практических задач, и выполнены математические операции, и эта система уравнений может быть устранена с помощью программы Maple 12, которая может иметь место в трехмерных позициях пластины и графики напряжения.

Ключевые слова: граничные условия, трехслойная пластина, перемещение, уравнения движения.

Summetrical vibrations of a three-layer free of charge plate

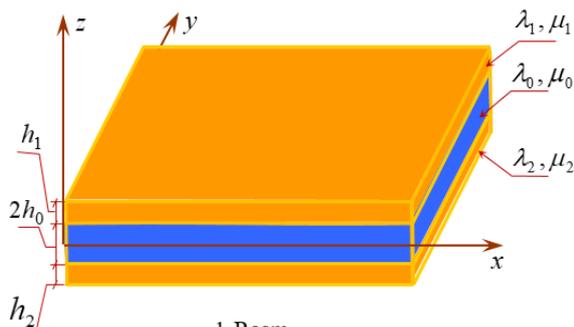
Abstract. In the study, the head parts of the slopes of the selected three-tiered elastic plate are selected as search functions. Thus, a system of fifth order differential equations, which can be used to solve practical problems, has been created and mathematical operations are performed, and this system of equations can be eliminated by the Maple 12 program, which can occur in three-dimensional plate positions and tension graphs.

Keywords: boundary conditions, three-layer plate, displacement, wave equations

Kirish.

Hozirgi kunda koʻp qatlamli xususan, uch qatlamli plastinkalar ustida bir vaqtning oʻzida bir qancha tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bunga sabab uch qatlamli plastinkalarning turli xildagi tebranishlar jarayonida mustahkamligi yuqori darajada qolishi va iqtisodiy muammolarning oson yechilishi boʻlmoqda. Bunday ilmiy ishlarni toʻplamiga juda koʻplab maqolalarni kiritish mumkin, jumladan ular qatoriga [1, 2] maqolalarni ham koʻrsatish mumkin.

Texnikaning turli sohalarida va qurilishda, koʻp qatlamli xususan, uch qatlamli plastinkalar keng qoʻllaniladi. Bunda juda koʻp hollarda plastinkalarning dinamik hisobi Kirxgoff gipotezalariga asoslangan klassik nazariyaga tayangan holda olib boriladi [3]. Baʼzi hollarda dinamik hisoblar koʻndalang siljish deformatsiyasi va aylanish inersiyasini hisobga oluvchi aniqlashtirilgan S.P.Timoshenko tipidagi tenglamalarga asoslanadi [4].



1-Rasm

Keyingi bir necha oʻn yilliklarda G.I.Petrashenning aniq yechimlar usuliga asoslangan plastinkalar nazariyalari ishlab chiqilgan. Xususan ushbu usul bilan professor I.G.Filippov [6] va uning oʻquvchilari tomonidan simmetrik strukturaga ega boʻlgan uch qatlamli plastinkalar tebranish nazariyalari yaratilgan.

Ushbu maqolada uch qatlamli elastik plastinkaning tebranish tenglamalarini yuqorida eslatilgan Petrashen–Filippov usuli bilan, ammo masala tekis masala deb qaralgan hol uchun

keltirib chiqarilgan. Tebranish tenglamalari bilan bir qatorda plastinka ixtiyoriy kesimidagi kuchlanganlik deformatsiyalanganlik holatini koordinata va vatq bo'yicha bir qiymatli aniqlashga imkon beruvchi algoritim ishlab chiqilgan.

Masalaning qo'yilishi.

Dekart koordinatalar sistemasida uch qatlamli plastinkani qaraymiz. Plastinka qatlari har xil materialdan va ular orasidagi kontakt biki deb hisoblanadi. Plastinka tekis deformatsiya holatida deb uni $Oxyz$ to'g'ri burchakli koordinatalarida qaraymiz (1-Rasm). Bunda Ox o'qini ko'ndalang kesimning qatlamlar kontakt chizig'i bo'ylab yo'naltiramiz, Oz -o'qini esa unga tik ravishda yuqoriga yo'naltiramiz. Plastinka qatlamlarini xuddi 1-rasmdagidek «1», «2» va «3» lar bilan raqamlaymiz. Qatlamlar qalinliklari mos ravishda h_0 , h_1 va h_2 , plastinka qatlamlari materiallari uchun Lamé koeffitsiyentlari (λ_0, μ_0) , (λ_1, μ_1) va (λ_2, μ_2) , hamda zichliklari ρ_0 , ρ_1 va ρ_2 lar bo'lsinlar.

Qatlamlar nuqtalaridagi kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'lanishlarni va qatlam nuqtalari uchun harakat tenglamalarini dekart koordinatalar sistemasida quyidagicha olamiz, ya'ni

$$\begin{aligned}\sigma_{ii}^{(m)} &= \lambda_m (\varepsilon_{ii}^{(m)}) + 2\mu_m (\varepsilon_{ii}^{(m)}), \\ \sigma_{ij}^{(m)} &= \mu_m (\varepsilon_{ij}^{(m)}),\end{aligned}\quad (1)$$

$$\sigma_{ij,j}^m + \rho_m \cdot F_i^m = \rho_m \cdot \frac{\partial^2 U_{mi}}{\partial t^2} \quad (i, j = x, y, z) \quad (2)$$

bu yerda $m = 0,1,2$ - qatlamlar raqamlari ko'rsatkichi;

Ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlar potentsiallari [6] ψ_m va φ_m larni tekis deformatsiya holida qatlamlar nuqtalarining ko'chish vektorlari $\vec{U}^m = \vec{U}^m(U_m, W_m)$ ekanligini hisobga olgan holda, quyidagicha kiritamiz [7]:

$$\vec{U}^m = \text{grad}\varphi_m + \text{rot}\vec{\psi}_m \quad (3)$$

Bu yerda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - koordinata o'qlarining birlik ortlari. Ushbu (3) ifodalarni (2) harakat tenglamalariga qo'yib

$$\Delta\varphi_m = \frac{1}{a_m^2} \frac{\partial^2 \varphi_m}{\partial t^2}; \quad \Delta\psi_m = \frac{1}{b_m^2} \frac{\partial^2 \psi_m}{\partial t^2}, \quad (4)$$

to'lqin tenglamalariga kelamiz.

bu yerda

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

- ikki o'lchovli Laplas differensial operatori.

Vaqtning $t < 0$ paytlari uchun plastinka tinch holatda bo'lgan va $t = 0$ paytda uning chegaraviy sirtlariga dinamik yuklar ta'sir qila boshlagan deb hisoblaymiz. U holda chegaraviy shartlar quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$z = \pm h_m$ bo'lganda

$$\sigma_{xz}^m = f_x^m(x, t); \quad \sigma_{zz}^m = f_z^m(x, t); \quad \sigma_{yz}^m = 0, \quad (m = 0,1,2). \quad (5)$$

Bundan tashqari, qatlamlarning urinish sirtida quyidagi kinematik shartlar o'rinni:

$$U_0(x, z, t)|_{z=h_0} = U_1(x, z, t)|_{z=h_0}; \quad W_0(x, z, t)|_{z=h_0} = W_1(x, z, t)|_{z=h_0}. \quad (6)$$

boshlang'ich shartlar nolga teng deb hisoblanadi, ya'ni

$t = 0$ bo'lganda

$$\varphi_m = \psi_m = 0; \quad \frac{\partial \varphi_m}{\partial t} = \frac{\partial \psi_m}{\partial t} = 0 \quad (7)$$

Shunday qilib uch qatlamli plastinkaning bo'ylama tebranishlari haqidagi masalani yechish (4) tenglamalar sistemasini (5), (6) chegaraviy shartlar va (7) boshlang'ich shartlarda integrallashga keltiriladi.

Masalaning yechimi.

Masalani yechish uchun ψ_m va φ_m potentsial funksiyalarni [5]

$$\varphi_m = \int_0^\infty \frac{\sin kx}{-\cos kx} \left. \right\} dk \int_{(t)} \tilde{\varphi}_m e^{pt} dp; \quad \psi_m = \int_0^\infty \frac{\cos kx}{\sin kx} \left. \right\} dk \int_{(t)} \tilde{\psi}_m e^{pt} dp, \quad (m = 0,1,2). \quad (8)$$

ko'rinishda tasvirlaymiz va ularni (4) ga qo'yib

$$\frac{d^2 \tilde{\varphi}_m}{dz^2} - \alpha_m^2 \tilde{\varphi}_m = 0; \quad \frac{d^2 \tilde{\psi}_m}{dz^2} - \alpha_m^2 \tilde{\psi}_m = 0 \quad (m = 0,1,2) \quad (9)$$

tenglamalarni olamiz. Bu yerda

$$\alpha_m^2 = k^2 + \frac{1}{a_m^2} p^2; \quad \beta_m^2 = k^2 + \frac{1}{b_m^2} p^2 \quad (10)$$

Yuqoridagi (5) – simmetrik yuklanishlar ta'sirida plastinka bo'ylama tebranadi va (9) tenglamalarning yechimlari

$$\tilde{\varphi}_m(z, k, p) = A_m^{(1)} ch \alpha_m z, \quad \tilde{\psi}_m(z, k, p) = B_m^{(1)} sh \beta_m z. \quad (m = 0,1,2) \quad (11)$$

dan iborat bo'ladi. Qatlamlar nuqtalarining ko'chishlarini ham (8) ko'rinishda tasvirlab, almashtirilgan \tilde{U}_m , \tilde{W}_m lar uchun

$$\tilde{U}_m = k A_m^{(1)} ch(\alpha_m z) - \beta_m B_m^{(1)} ch(\beta_m z); \quad \tilde{W}_m = \alpha_m A_m^{(1)} sh(\alpha_m z) - k B_m^{(1)} sh(\beta_m z). \quad (m = 0,1,2) \quad (12)$$

ifodalarga ega bo'lamiz. Ushbu (12) ifodalarning o'ng tomonlarini ($\alpha_m z$) va ($\beta_m z$) larning darajalari bo'yicha qatorga yoyamiz

$$\tilde{W}_m = \sum_{n=0}^{\infty} [\alpha_m^{2n+2} A_m^{(1)} - k \beta_m^{2n+1} B_m^{(1)}] \frac{z^{2n+1}}{(2n+1)!}; \quad \tilde{U}_m = \sum_{n=0}^{\infty} [k \alpha_m^{2n} A_m^{(1)} - \beta_m^{2n+1} B_m^{(1)}] \frac{z^{2n}}{(2n)!} \quad (13)$$

Uch qatlamli plastinkaning tebranish tenglamalaridagi izlanuvchi funksiyalar sifatida almashtirilgan \tilde{U}_1 va \tilde{W}_1 ko'chishlarning bosh qismlarini tanlaymiz, ya'ni

$$\tilde{U}_0^{(0)} = k A_0^{(1)} - \beta_0 B_0^{(1)}, \quad \tilde{W}_0^{(0)} = [\alpha_0^2 A_0^{(1)} - k \beta_0 B_0^{(1)}] \xi.$$

Bu yerdan

$$A_0^{(1)} = \frac{\frac{1}{\xi} \tilde{W}_0^{(0)} - k \tilde{U}_0^{(0)}}{\alpha_0^2 - k^2}; \quad \beta_0 B_0^{(1)} = \frac{\frac{k}{\xi} \tilde{W}_0^{(0)} - \alpha_0^2 \tilde{U}_0^{(0)}}{\alpha_0^2 - k^2}; \quad (14)$$

Almashtirilgan \tilde{U}_m va \tilde{W}_m ko'chishlarning yuqoridagi (12) ifodalarini (6) kontakt shartlarga qo'yib tenglamalar sistemasiga ega bo'lamiz. Ushbu tenglamalar sistemasini yechib $A_1^{(1)}$ va $B_1^{(1)}$ o'zgarmlarni $A_0^{(1)}$ va $B_0^{(1)}$ lar orqali ifodalaymiz. So'ngra hosil qilingan ifodalarga (13) ni qo'ysak

$$A_1^{(1)} = \frac{1}{(\alpha_0^2 - k^2) \Delta_1^0} \left[\frac{1}{\xi} \left(\Delta_{11}^0 + \frac{k}{\beta_0} \Delta_{12}^0 \right) \tilde{W}_0^{(0)} - \left(k \Delta_{11}^0 + \frac{\alpha_0^2}{\beta_0} \Delta_{12}^0 \right) \tilde{U}_0^{(0)} \right];$$

$$B_1^{(1)} = \frac{1}{(\alpha_0^2 - k^2) \Delta_1^0} \left[\frac{1}{\xi} \left(\Delta_{21}^0 + \frac{k}{\beta_0} \Delta_{22}^0 \right) \tilde{W}_0^{(0)} - \left(k \Delta_{21}^0 + \frac{\alpha_0^2}{\beta_0} \Delta_{22}^0 \right) \tilde{U}_0^{(0)} \right]. \quad (15)$$

Plastinka qatlamlarining ixtiyoriy nuqtasidagi noldan farqli $\sigma_{xz}^{(m)}$, $\sigma_{zz}^{(m)}$ kuchlanishlarini topish uchun ularni ham xuddi (8) kabi tasvirlaymiz. So'ngra ikkinchi tomondan (8) ni (1) ga qo'yib (8) kabi tasvirlangan ifoda bilan tenglashtirib (5) kontakt shartdan quyidagilarga ega bo'lamiz

$$\tilde{M}_1 (2k \alpha_1 A_1^{(1)}(k, p) sh(\alpha_1 z) - (\beta_1^2 + k^2) B_1^{(1)}(k, p) sh(\beta_1 z)) = \tilde{f}_x^{(1)}(k, p);$$

$$[\tilde{L}_1 (\alpha_1^2 - k^2) + 2\tilde{M}_1 k^2] A_1^{(1)}(k, p) ch(\alpha_1 z) - 2\tilde{M}_1 k \beta_1 B_1^{(1)}(k, p) ch(\beta_1 z) = \tilde{f}_z^{(1)}(k, p). \quad (16)$$

Oxirgi (16) munosabatlarga $A_1^{(1)}$ va $B_1^{(1)}$ larning (15) formulalar bilan aniqlanuvchi qiymatlarini qo'yib, hamda hosil qilingan tenglamalardagi giperbolik funksiyalarni qalinlik koordinatasi darajalari bo'yicha darajali qatorlarga yoyib uch qatlamli plastinka bo'ylama tebranishlari umumiy tenglamalariga ega bo'lamiz. Bu tenglamalarning hosilalar bo'yicha tartiblari cheksiz bo'lganliklaridan, cheksiz darajali qatorlarni kesishning [6] ishda keltirilgan shartlarini bajarilgan deb hisoblab, yoyilmalarda birinchi hadlar bilan chegaralanamiz. U holda amaliy masalalarda yechishda qo'llash mumkin bo'lgan quyidagi tenglamalar sistemasiga ega bo'lamiz.

$$\begin{aligned}
 & - \left[A_{11} \frac{(h_0 + h_1)h_0^4}{12} + A_{12} \frac{(h_0 + h_1)^3 h_0^2}{36} \right] \frac{\partial^4}{\partial t^4} - \left[A_{13} \frac{(h_0 + h_1)h_0^4}{12} + A_{14} \frac{(h_0 + h_1)^3 h_0^2}{36} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial t^2} + \\
 & + \left[A_{15} \frac{(h_0 + h_1)h_0^4}{12} + A_{16} \frac{(h_0 + h_1)^3 h_0^2}{36} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^4} + \left[A_{17} \frac{(h_0 + h_1)h_0^2}{6} + A_{18} \frac{(h_0 + h_1)^3}{6} \right] \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \\
 & - \left[A_{19} \frac{(h_0 + h_1)h_0^2}{6} + A_{110} \frac{(h_0 + h_1)^3}{6} \right] \frac{\partial^2}{\partial x^2} + A_{111}(h_0 + h_1) \left\{ \frac{1}{\xi} \frac{\partial}{\partial x} W_0^{(0)} - \right. \\
 = & \left. \left[B_{11} \frac{(h_0 + h_1)h_0^2}{6} + B_{12} \frac{(h_0 + h_1)^3}{6} \right] \frac{\partial^4}{\partial t^4} - \left[B_{13} \frac{(h_0 + h_1)h_0^2}{6} + B_{14} \frac{(h_0 + h_1)^3}{6} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial t^2} + \right. \\
 & + \left. \left[B_{15} \frac{(h_0 + h_1)h_0^2}{6} - B_{16} \frac{z^3}{6} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^4} + B_{17}(h_0 + h_1) \frac{\partial^2}{\partial t^2} - B_{18}(h_0 + h_1) \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right\} U_0^{(0)} = \\
 & = \left\{ S_1 \frac{h_0^4}{12} \frac{\partial^4}{\partial t^4} - S_2 \frac{h_0^4}{12} \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{h_0^4}{12} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + S_3 \frac{h_0^2}{6} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - S_4 \frac{h_0^2}{6} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 1 \right\} f_x^{(1)}(k, p); \quad (17) \\
 & \left\{ A_{21} \frac{h_0^4}{12} + A_{22} \frac{h_0^2 (h_0 + h_1)^2}{12} \right\} \frac{\partial^4}{\partial t^4} - \left[A_{23} \frac{h_0^4}{12} - A_{24} \frac{h_0^2 (h_0 + h_1)^2}{12} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial t^2} + \\
 & + \left[A_{25} \frac{h_0^4}{12} + A_{26} \frac{h_0^2 (h_0 + h_1)^2}{12} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^4} + \left[A_{27} \frac{h_0^2}{6} + A_{28} \frac{(h_0 + h_1)^2}{2} \right] \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \\
 & - \left[A_{29} \frac{h_0^2}{6} + A_{210} \frac{(h_0 + h_1)^2}{2} \right] \frac{\partial^2}{\partial x^2} + A_{211} \left\{ \frac{1}{\xi} W_0^{(0)} + \left[B_{21} \frac{h_0^4}{12} + B_{22} \frac{h_0^2 (h_0 + h_1)^2}{12} \right] \frac{\partial^4}{\partial t^4} - \right. \\
 & - \left[B_{23} \frac{h_0^4}{12} + B_{24} \frac{h_0^2 (h_0 + h_1)^2}{12} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial t^2} + \left[B_{25} \frac{h_0^4}{12} + B_{26} \frac{h_0^2 (h_0 + h_1)^2}{12} \right] \frac{\partial^4}{\partial x^4} + \\
 & + \left. \left[B_{27} \frac{h_0^2}{6} + B_{28} \frac{(h_0 + h_1)^2}{2} \right] \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \left[B_{29} \frac{h_0^2}{6} + B_{210} \frac{(h_0 + h_1)^2}{2} \right] \frac{\partial^2}{\partial x^2} - B_{211} \right\} \frac{\partial}{\partial x} U_0^{(0)} = \\
 = & \left\{ S_1 \frac{h_0^4}{12} \frac{\partial^4}{\partial t^4} - S_2 \frac{h_0^4}{12} \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{h_0^4}{12} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + S_3 \frac{h_0^2}{6} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - S_4 \frac{h_0^2}{6} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 1 \right\} f_z^{(1)}(k, p).
 \end{aligned}$$

Buyerda A_{ij}, B_{ij}, S_{ij} ($i, j = 1, 2$)

koeffitsiyentlarqatlamrelastikxususiyatlarigabog'liqbo'lgano'zgarmlardir.

Erkintayanganholdagiuchqatlamliplastinkatebranishtenglamalrisistemesi (17)
 niyechishuchunerkintayanganholatuchunchegaraviyshartlarnikiritibbutenglamalarsistemesini $h_0 = 0.05$
 $, h_1 = 0.0025, h_2 = 0.0025, a_0 = 0.38, a_2 = 1, b_0 = 0.26, b_1 = 0.5, b_2 = 0.5, z_0 = 0.05, z_1 = 0.05,$
 $z_2 = 0.05, \xi = 0.015; f_x = 1.9 \cdot 10^{-10}, f_z = 1.9 \cdot 10^{-10}$ "Maple 12"

dasturiyordamidayechibizlanuvchifunksiyalarnitopib,

uchqatlamliplastinkaningqatlaridahosilbo'ladiganko'chishvakuchlanishlarnitopishimizmumkinbo'ladi.

Masalano'rtaqatlamko'chishlariizlanuvchifunksiyalarorqaliquyidagichaifodalangan.

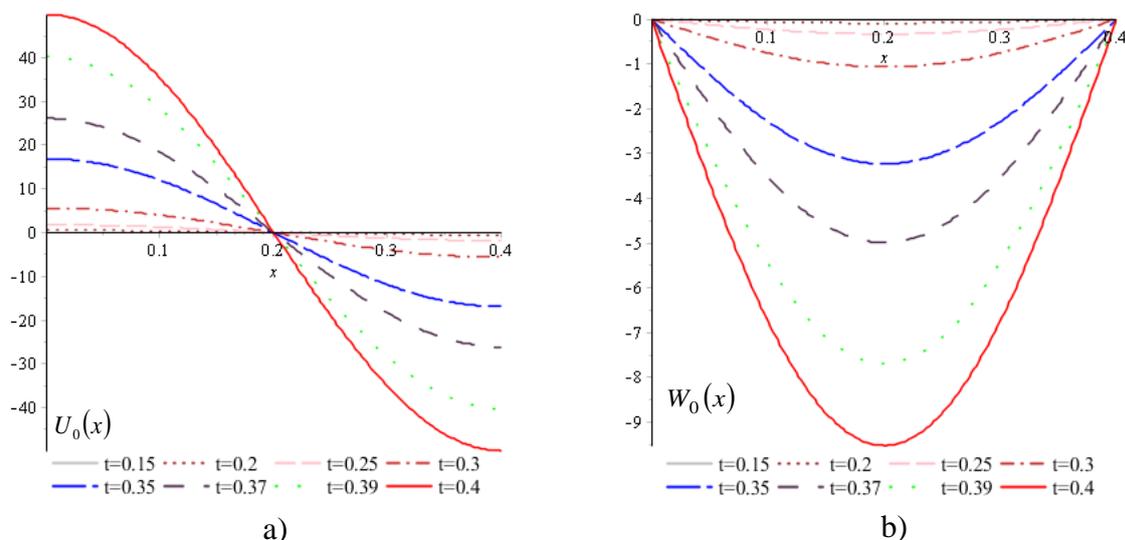
$$U_0(x,t) = \left[(1-q_0) \frac{z^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - (1-q_0) \frac{z^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 1 \right] U_0^{(0)}(x,t) - \frac{1}{\xi} q_0 \frac{z^2}{2} \frac{\partial}{\partial x} W_0^{(0)}(x,t);$$

$$W_0(x,t) = q_0 \frac{z^3}{6} \left[\frac{\partial^3}{\partial t^2 \partial x} - \frac{\partial^3}{\partial x^3} \right] U_0^{(0)}(x,t) + \frac{1}{\xi} \left[\left(\frac{1}{b_0^2} + q_0 \right) \frac{z^3}{6} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - (1+q_0) \frac{z^3}{6} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + z \right] W_0^{(0)}(x,t)$$
(18)

Buifodalargatopilganizlanuvchifunksiyalar $U_0^{(0)}(x,t)$ va $W_0^{(0)}(x,t)$

ifodalariniqo'yibo'rtaqatlamko'chishlarigrafiklariniucho'lchovliholdaolishimiz, yokivaqtningxarxilqiymatlaridao'rtaqatlamko'chishlariningkoordinatagabog'liqholdao'zgaruvchigrafiklariniolishimizmumkin.

Olingan natijalar.



2-rasm. O'rta qatlam ko'chishlari $U_0(x,t)$ va $W_0(x,t)$ larning koordinataga bog'liq o'zgarishi grafiklari

Bunda 2-rasmda uch qatlamli erkin tayangan plastinka o'rta qatlamli nuqtalarining z o'qi bo'ylab yo'nalgan $W_0(x)$ ko'chishi grafigi va x o'qi bo'ylab yo'nalgan $U_0(x)$ ko'chishi grafiklari tasvirlangan. Bu rasmlardan ko'rinadiki vaqtning ortishi bilan ko'chishlar grafiklari ham ortib boradi.

Adabiyotlar

1. Лопатин А. В., Удальцов Р. А. Симметричные колебания трехслойной пластины // Вестник СибГАУ. 2010. Вып. 2(36). С. 53-61.
2. Алтухов Е. В., Фоменко М. В. Упругие колебания трехслойных пластин симметричного строения // Прикладни проблеми механики и математики. - 2009. Вып. 6. С. 139-145.
3. Александров А.Я., Куршин Л.М. Трехслойные пластинки и оболочки // Прочность, устойчивость, колебания. - М.: Машиностроение, 1968, т.2.- С.245-308.
4. Григолюк Э.И., Селезов И.Т. Неклассические теории колебаний стержней, пластин и оболочек // Итоги науки и техники. Сер. Механика деформ. твердых тел. - Т. 5 - М.: ВИНТИ, 1973. - 272с.
5. Петрашень Г.И., Хинен Э.В. Об инженерных уравнениях колебаний неидеальноупругих пластин // Труды МИАН. Т. 95. - Л.: Наука, 1968. - С. 151 - 183.
6. Филиппов И.Г., Чебан В.Г. Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней.- Кишинев: «Штиинца», 1988.- 188 с.
7. Худойназаров Х. Х. Нестационарное взаимодействие цилиндрических оболочек и стержней с деформируемой средой.- Т. Изд-во мед.лит. имени Абу Али Ибн Сина, 2003, 325 стр.

УДК: 519.681.5

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОБЩЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ПОВЫШЕНИЯ
ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ****Жуманов И.И., Каршиев Х.Б.***Самаркандский государственный университет*

Аннотация. Предложены подходы, направленные применению естественной избыточности для повышения достоверности информации в виде логических, семантических, технологических, статистических связей, свойств и отношений элементов и ключевых концептов документа. Разработанные методы и алгоритмы основаны на механизмах уточнения, корректировки и контроля значений элементов, признаков, атрибутов, концептов документа. Реализован модифицированный ассоциативный семантический сеть поиска образа - документа путем сегментации в виде его фрагментов и составных частей.

Ключевые слова: электронный документ, достоверность информации, естественная избыточность, логические и семантические связи, отношение, семантический сеть поиска, сегментация, обобщенный алгоритм обработка данных.

**Elektron hujjatdagi axborot ortiqchaligidan foydalanish asosida ma'lumotlar ishonchligini
oshiruvchi algoritmlarni umumlashtirishning samaradorligi tahlili**

Annotatsiya. Hujjat elementi va kalit konseptlari mantiqiy, semantik, texnologik, statistik bog'lanishi, xossa va munosabatlari ko'rinishida tabiiy ortiqchalikdan foydalanishga qaratilgan yondoshuvlar taklif etilgan. Ishlab chiqilgan usul va algoritmlar hujjat elementi, belgi, atribut, konseptlari qiymatlarini nazorat, aniqlashtirish, tahrir qilish mexanizmlariga asoslanadi. Hujjat - obrazini fragment va tarkibiy qismlari sifatida segmantatsiyalash hamda qidirishni amalga oshiruvchi takomillashtirilgan assotsiativ semantik tarmoq joriylashtirilgan.

Kalit so'zlar: elektron hujjat, informatsiya ishonchligi, tabiiy ortiqchalik, mantiqiy va semantik bog'lanish, munosabat, qidirish semantik tarmog'i, segmantlash, ma'lumotga ishlov beruvchi umumlashgan algoritm.

**Effectiveness analysis of generalization of algorithms for increasing information reliability based
on usage of information redundancy of electronic documents**

Abstract. Approaches are proposed to use natural redundancy to increase the reliability of information in the form of logical, semantic, technological, statistical relationships, properties and relations of elements and key concepts of the document. The developed methods and algorithms are based on the mechanisms of refinement, adjustment and control of the values of elements, features, attributes, concepts of the document. Implemented a modified associative semantic network of image search - a document by segmentation in the form of its fragments and components.

Keywords: electronic document, reliability of information, information redundancy, logical and semantic links, relation, semantic search network, segmentation, generalized data processing algorithm.

Актуальность темы.

В системах электронного документооборота (СЭД) предприятий и учреждений циркулируют документы, которые представляются для обработки и хранения в базах данных (БД) электронных документов (ЭД) в различных форматах, в частности в виде офисных, отсканированных бумажных документов, web-страниц, графических изображений, чертежей, видео файлов и т.д.[1].

Ключевой проблемой повышения эффективности СЭД является обеспечение достоверности, точности, полноты обработки информации, релевантности документов, значения которых снижаются при переносе данных на машинные носители, передаче по каналам связи, вводе информации, а также по другим субъективным причинам. В условиях СЭД вероятность ошибок в информации, допускаемых человеком – оператором, средствами сканирования и распознавания находится в пределах 10^{-2} - 10^{-3} , вероятность

ошибок, обусловленных из-за помех в каналах связи -10^{-3} - 10^{-4} , сбоев и отказов электронного оборудования 10^{-4} - 10^{-5} . Среди них, наиболее уязвимым звеном является ввод информации [6].

В современных инфокоммуникационных сетях широкое распространение нашли программные и аппаратные методы передачи информации, основанных на использовании кодовой избыточности сообщений.

Эффективное выявление и коррекции ошибок информации документов при вводе можно обеспечивать также, такими стандартными средствами, как применением БД, систем управления базами данных (СУБД), базы знаний (БЗ) и экспертных систем [2, 3].

В [5] доказано эффективность применения естественной информационной избыточности, обусловленной из-за логических, семантических, технологических, статистических связей, свойствами и отношениями между элементами и ключевыми концептами документов, инструментарии которых в свою очередь дают возможностей достоверному вводу информации на основе структурно-технологической, статистической, естественной, семантической информационной избыточности.

Методы и алгоритмы повышения достоверности информации, использующие избыточности различной природы позволяет построить, программные средства, отличающиеся своей простотой и дешевизной реализации и возможностью обеспечения высокой достоверности, релевантности, точности, полноты обработки информации с менее трудоёмкими операциями и низкой стоимости.

Основные подходы и принципы повышения достоверности информации ЭД. Предложены подходы, направленные разработке методов и алгоритмов повышения достоверности информации, основывающихся на инструментарии: БД и БЗ; механизмы уточнения, корректировки и контроля достоверности информации элементов, признаков, терминов, атрибутов, концептов документа; ассоциативной семантической сети поиска; сегментации пространства, распознавания и классификации документов в виде фрагментов, составных частей образа.

В СЭД достоверность полнотекстовых ЭД обеспечивается на основе лингвистического, графематического, морфологического, n -граммного, семантического анализом, а документы смешенного алфавита контролируются на основе логического контроля, метрик близости, а также по разрешенным интервалам, пороговым границам и другими методами.

Метод графематического анализа направлен выделению элементов из структуры текста, в частности параграфа, абзацев, предложений, отдельных слов и других концептов документов. Методы морфологического и n -граммного анализом направлены определению морфологических и k -граммных структурных характеристик текста в виде слова, словоформы и др. [5]. Метод синтаксического анализа направлен определению синтаксической зависимости слов в предложении, тесной связи между элементами, семантики и синтаксисы контекста [6].

В работах [3-6] эффективность отмеченных методов повышения достоверности информации исследована по критериям достоверности, сложности (трудоемкости) и стоимости обработки информации.

Алгоритм повышения достоверности документа на основе семантической сети поиска. На рис. 1 представлен обобщенный алгоритм повышения достоверности информации.

Разработанная схема повышения достоверности полнотекстового документа базируется на семантической сети поиска, которая отражается множеством элементов, концептов со связями и отношениями.

Установлено, что эффективность алгоритма зависит от числа поисковых элементов, ключевых концептов, влияют также длина слов в предложении, числа правил и архитектура сети поиска. Например, значение коэффициента трудоемкости обработки информации увеличивается экспоненциально с увеличением количество поисковых элементов и концептов.

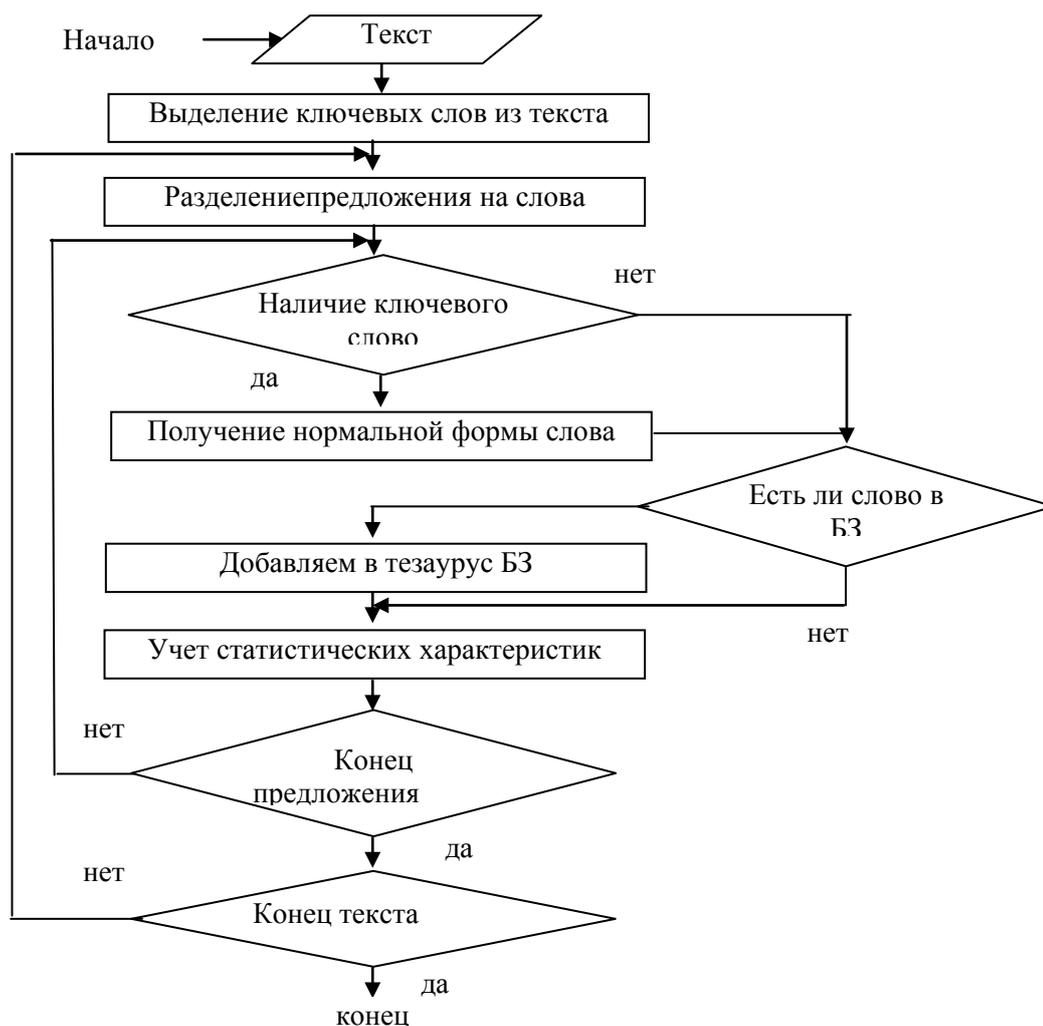


Рис.1. Обобщенный алгоритм повышения достоверности информации.

В табл.1. дана предложенная методика (механизмы, математические модели и выражения расчета, описание обозначений) для построения механизмов и совершенствования обобщенного алгоритма.

Эффективность обобщенного алгоритма повышается за счет применения модели предпочтений, субтрактивных отношений концептов, в результате которых достигается уточнение, проверка достоверности документа, корректировка контекста.

Сравнительный анализ эффективности обобщенного алгоритма. Для сравнительного анализа эффективности обобщенного алгоритма рассмотрен традиционный механизм семантической сети поиска, в котором вычисляется числа вариантов перебора, используемых в дальнейшем в качестве ограничения на область поиска объектов.

Выполнено разбиение (сегментации) пространства элементов и признаков каждого концепта на равные группы, которые затем классифицированы. Благодаря сегментации достигается существенное сокращение число вариантов перебора при поиске документов.

На рис.2. проиллюстрирована зависимость коэффициента трудоёмкости обработки информации по обобщенному алгоритму, включающего механизм поиска с перебором вариантов, сегментирования, распознавания и классификации, повышения достоверности информации, где по оси ординат измеряется рейтинговое значение показателя эффективности, задаваемого по 50 балльной шкале измерения.

Разработан пользовательский интерфейс обобщенного алгоритма обработки информации с семантической сети поиска, которая динамически регулирует навигационную структуру. Каждое действие пользователя инициирует изменение весовых коэффициентов отношений между концептами и модели предпочтений.

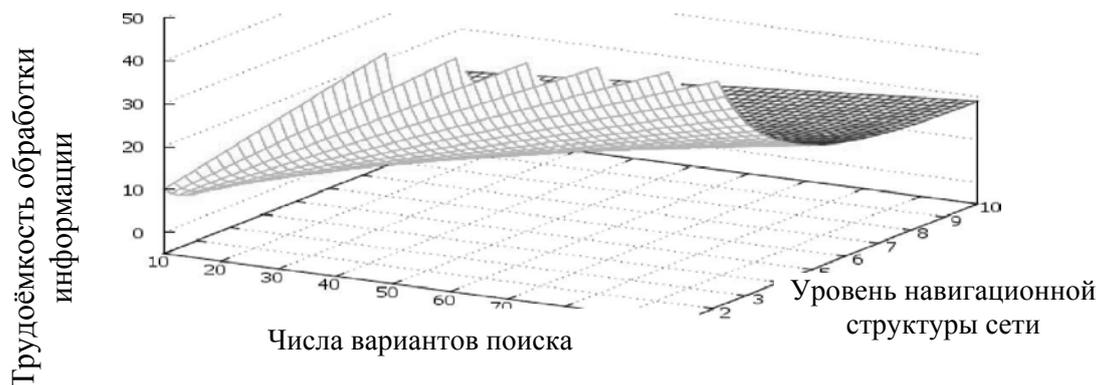


Рис.2. Эффективность обобщенного алгоритма по коэффициенту трудоёмкости обработки информации.

На рис.3. показана схема обобщенного алгоритма со интерфейсом пользователя, который позволяет визуализировать следующие результаты: информационную потребность пользователя; множество концептов поиска в семантической сети; число пересекающихся связей между вершинами; разделения множество концептов на подмножества с последующим их размещением на отдельных плоскостях многомерного интерфейса пользователя; деление множество концептов семантической сети по типам отношений; деление связанных концептов одной плоскости в виде горизонтальных и связанных концепты различных плоскостей в виде вертикальных линии.

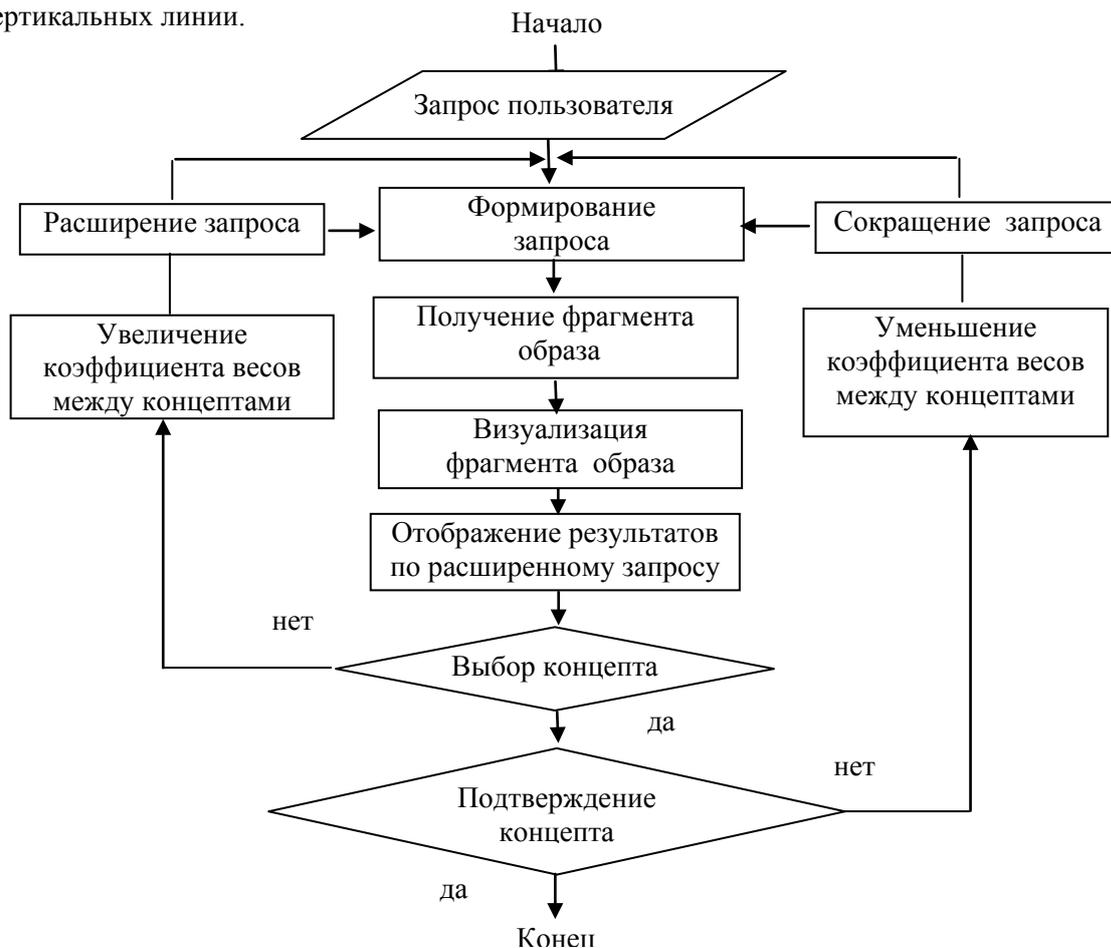


Рис. 3. Схема адаптации пользовательского интерфейса.

Таблица 1

Методика построения механизма для обобщенного алгоритма обработки информации документа

№	Механизм	Модель (математическое выражение) расчета	Описания обозначений
1	2	3	4
1	Определения сходства типов концептов документа	$\forall c_i : E_q(c_i, c_j) = \frac{x / len}{\max(l_i, l_j)}$ $c_i \in C^D, c_j \in C^{KB}$ $i = \overline{1, N_D}, j = \overline{1, N_{KB}}$	C^D - множество концептов в документе D ; L^D - множество типов отношений в документе D ; C_{Syn}^D, C_{Syn}^{KB} - множество синонимов, соответственно концепта документа и модели KB .
2	Определения сходства структуры концепта документа с контекстом	$\forall c_m : Poseq(c_i, c_j) = \frac{|C_{Hyp}^D \cap C_{Hyp}^{KB}|}{|C_{Hyp}^{KB}|},$ $c_i \in C^D, c_j \in C^{KB},$	$Poseq()$ - сходства структурной части двух концептов документа; C_{Hyp}^D, C_{Hyp}^{KB} - множество гипонимов концепта c_i и c_j .
3	Задания пороговой функции оценки среднего сходства полноты документа	$f(c_i, c_j) = \frac{a \cdot Eq(c_i, c_j)}{3} +$ $+ \frac{b \cdot Poseq(c_i, c_j)}{3} + \frac{c \cdot Syn(c_i, c_j)}{3} > z$	z - значение пороговой оценки; a, b, c - значения коэффициентов полноты документа.
4	Ранжирования оценки релевантности документа в соответствии с весовыми коэффициентам и элементов либо концептов документа	$G_i^d = \{g_k \mid (\forall g_k, g_m \exists l \in L :$ $: w(c_k, c_m) > x) \wedge$ $\wedge, l_{Hyp}(c_m, c_z) \in L)\}$ $k, m, z = \overline{1, N_G}, z = \overline{1, N_L},$ $G = \{g \mid \exists c_i = g\}$	G_i^d - i -я группа элементов документа d -го уровня навигационной структуры сети поиска; C - множество концептов в документе; L - множество отношений между концептами документа;
5	Ранжирования с учетом весовых коэффициентов отношений концептов документов	$R(d_k) = \sum_{L_{d_k}} (f(\overline{w_k}, r) - \sum_{L'_{d_k}} f(\overline{w_k}, r))$ $L_{d_k} = \{l^d \mid (c_i, c_j \in d_k)$	$\overline{w_k}$ - k -я компонента вектора весовых коэффициентов отношений l концептов; x -коэффициент, включения отношений концептов в расширенный запрос;

Литература

1. Бессонов, С. В. Оптимизация электронного документооборота в корпоративных системах: дис. канд. экон. наук. М., 2000 г. 187 с.
2. Норенков И.П., Уваров М.Ю. База и генератор образовательных ресурсов // Информационные технологии, 2005, № 9, с. 60-65.
3. Лукашевич Н. В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. М.: Изд-во Московского университета, 2011. 512 с.
4. Жуманов И.И. Концептуальные принципы и методы контроля достоверности информации в структуре пакетов передачи данных на основе статистической избыточности // «Илмий тадқиқотлар ахборотномаси» илмий-назарий, услубий журнал. – Самарқанд: СамДУ, 2013. - №1 (77) – 39-49 б.
5. Жуманов И.И., Каршиев Х.Б. Методы обеспечения достоверности электронных документов на основе структурной избыточности и лексикологического синтеза // «Наука и мир», Международный научный журнал, Изд-во «Научное обозрение», Волгоград. – №3(55), Том 1, 2018. – с. 49-51.
6. Жуманов И.И., Каршиев Х.Б. Expanding the possibilities of instruments to improve the information reliability of electronic documents of industrial management SYSTEMS// Tenth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS-2018, 25-26 October 2018, Tashkent, Uzbekistan, ISBN: 933609-37-2-2018, , b-Quadrat Verlag-86916 Kaufering, –312-316 p.

УДК: 681.3

MUTLAQO BARDOSHLI SHIFRLASH ALGORITMLARINING KRIPTOBARDOSHLILIK MEZONLARINI TEKSHIRISH VOSITALARI**Akbarov D.E., Umarov Sh.A.***Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali*E-mail: sh.umarov81@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada mutlaqo bardoshli turkumdagi kriptotalgoritmlarning umumiy xususiyatlari tahlil etilgan. Ularning mutlaqo bardoshli bo'lishi zaruriylik mezonlarini–kriteriyalarini tekshirishning: matematik model, umumiy ta'moil, qoida, tavsiya kabi vositlarini ishlab chiqish masalalari yechimlari yoritilgan.

Kalit so'zlar: mutlaqo bardoshli shifrlash algoritmi, bardoshlikni zaruriylik kriteriyalari, o'rniga qo'yish akslantirish, ko'p alfavitli shifrlash, kalit uzunligi, statistik bog'liqsizlik.

Средства проверки особенностей условий криптостойкости алгоритмов идеального шифрования

Аннотация. В статье исследованы общие особенности класса алгоритмов шифрования идеальной стойкости. Выявлены и изложены решения задач разработки средств проверки критерий идеальной стойкости: математические модели, общие принципы, правила, рекомендации.

Ключевые слова: идеально стойкий алгоритм шифрования, необходимые критерия стойкости, преобразование замены, много алфавитное шифрование, длина ключа, статистическая независимость.

Means of verification of cryptographic security conditions for idial encryption algorithms

Abstract. In the article the general features of the class of encryption algorithms perfect strength are studied. Solutions are identified and presented for the development of tools for testing the criterion of ideal stability: mathematical models, general principles, rules, recommendations.

Keywords: ideally strong encryption algorithm, necessary strength criteria, replacement conversion, multi-letter encryption, key length, statistical independence.

Kirish.

Kriptotalgoritmlar kriptobardoshlik darajasining ishonchliligiga ko'ra: *mutlaqo bardoshli, ishonchli bardoshli va bardoshli* turlarga ajratiladi[4], [6]. *Mutlaqo bardoshli kriptotalgoritmlar* shifrlash algoritmi kalitini topish amaliy jihatdan topish mumkin emasligi isbotlangan teoremlarga yoki kalitni topish uchun ko'p vaqt sarflanishiga asoslangan hamda katta miqdordagi resurs xarajatlari sarflanib, natijada ularni oqlamasligiga olib keladi. Bunday kriptotalgoritmlar turkumiga: "*bir martalik bloknot*" usuli bilan shifrlash algoritmi, kaliti bir marta ishlatiladigan *Vernam* shifrlash algoritmi, aniqmaslikning kvant mexanikasi tamoillariga asoslangan – *kvant kriptografiyasi* tizimlari misol bo'la oladi [4], [5].

Masalaning qo'yilishi.

Shifrlash algoritmlarining kriptobardoshlik darajasining ishonchliligiga ko'ra ular turlarining bardoshli bo'lishining zaruriylik mezonlari–kriteriyalari tizimli aniqlash [5]. Mutlaqo bardoshli turkumdagi kriptotalgoritmlarning umumiy xususiyatlari tahlil etilganda, ularning mutlaqo bardoshli bo'lishi zaruriylik mezon (kriteriy)lari va tasniflari quyidagicha bo'ladi:

1) O'rniga qo'yish shifrlash algoritmlarining ko'p alfavitli sinfiga tegishli: shifrlash jarayoni bosqichlarida ochiq ma'lumot alifbosi belgilarini shifirma'lumot alifbosi belgilariga almashtirish jadvalida shifirma'lumot alifbosi belgilarining joylashish tartibi o'zgarib turadi;

2) Kalit uzunligi yetarli katta yoki shifrlash alfaviti belgilari to'plamining quvvati yetarli katta bo'ladi;

3) Aksariyat hollarda algoritmnining akslantirish amallari kalitni ifodalovchi alfavitning bitta belgisi bilan shifrlanishi kerak bo'lgan ochiq ma'lumot alfavitining ham faqat bitta belgisi ustida bajariladi;

4) X - ochiq ma'lumot alfaviti belgilari va Y – shifirma'lumot alfaviti belgilari — shifriqiyatlari statistik bog'liq emas, ya'ni ixtiyoriy x - ochiq ma'lumot va y -shifirma'lumot uchun ularning ehtimolligi munosabatlari bilan aniqlanuvchi ushbu tenglik $P(X=x/Y=y)=P(X=x)$ o'rinli;

5) Kalitning uzunligi K ochiq ma'lumot uzunligi M dan kam emas $K \geq M$;

6) Shifrlash kaliti faqat bir marta ishlatiladi.

Zaruriylik mezonlari tasniflari bu mezonlar shartlari buzilganda kriptobardoshlikka salbiy ta'sir etuvchi holatlarni vujudga kelishi bilan asoslangan.

Ushbu maqolada bardoshlikni zaruriylik mezonlarini tekshirishning ilmiy asoslangan qoida, usul va boshqa vositalari modellarini ishlab chiqish hamda amalda qo'llash kabi masalalar tahlil etilib, ularni yechimlari yoritiladi.

Masalaning yechilishi.

Ta'kidlash joizki, har bir yangi yaratilgan kriptografik algoritmnin tahlili biror oldindan qabul qilingan yoki berilgan qoida (shablon) bo'yicha hisob-kitob hamda solishtirishlarni amalga oshirilib xulosa qilinadigan muxandislik masalasi emas. Shuning uchun har bir yangi yaratilgan kriptografik algoritmnin tahlili yangi ilmiy masala hisoblanadi. Chunki, kriptotahlil masalalari tegishli turkum kriptografik algoritmlar akslantirishlarining birtomonlamalik, mumkin bo'lgan barcha holatlarni tanlab chiqish imkoniyatining mavjud yoki mavjud emasligi, dasturiy ta'minotlarini va apparat vositalarini yaratilishining qulayligi kabi kriptografik xususiyatlarini o'rganishdan iborat bo'ladi. Shuningdek, sonli eksperimentlar natijalarini taqqoslab, umumiy qonuniyatlar asosida deshifrlash kalitini topishning matematik modellari yaratilishi mumkin yoki mumkin emasligi bilan bog'liq hisoblashlarning ratsional matematik modellarini qurish imkoniyati tahlil qilinadi, elektron hisoblash qurilmalari hamda tarmoqlarida ularning amalga oshirishning dasturiy ta'minotlarini, vaqt va xotira bilan bog'liq murakkabliklarini yechish kabi keng qamrovli muammolarni tizimli xal etishni talab etadi.

Quyida mutlaqo bardoshli shifrlash algoritmlari uchun zaruriylik shartlari mezonlarini tekshirishning qoida, usul va boshqa vositalari modellarini ishlab chiqish hamda amalda qo'llash kabi masalalar tahlil etilib, ularning yechimlari yoritiladi.

1. Mutlaqo bardoshli shifrlash algoritmining o'rniga qo'yish shifrlash algoritmlarining ko'p alfavitli sinfiga tegishli bo'lishi: shifrlash jarayoni bosqichlarida ochiq ma'lumot alifbosi belgilari yoki belgilari birikmalarini shifirma'lumot alifbosi mos belgilariga yoki belgilari birikmalariga kalit sifatida maxfiy jadvali almashtirishda shifirma'lumot alifbosi belgilarining joylashish tartibi o'zgarib turishi bilan aniqlanadi.

Va aksincha, o'rniga qo'yish shifrlash algoritmining ko'p alfavitli sinfiga tegishli bo'lmasligi – bir alfavitli o'rniga qo'yish shifrlash algoritmi sinfiga tegishli bo'lishi: shifrlash jarayoni bosqichlariga ochiq ma'lumot alifbosi belgilarini shifirma'lumot alifbosi belgilariga almashtirish jadvalida shifirma'lumot alifbosi belgilarining joylashish tartibini o'zgarmasligi, ya'ni 1-kriteriy bajarilmasligi, ochiq ma'lumot tuzilgan tilning xususiyatlariga ko'ra uning alifbosi belgilari, so'zlari va gaplari tuzilishining chastotaviy xususiyatlarini shifirma'lumotga–kriptogrammaga o'tishiga zamin bo'lib, shu asosda kriptoxujum uyushtirishga imkon yaratadi.

Shifrlash algoritmini ko'p alifboli bo'lishligi, ochiq ma'lumot alifbosi belgilari – shifr qiymatlari to'plamini $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ va shifr ma'lumot (kriptogramma) alifbosi belgilari – shifr belgilar to'plamini $\{y_1, y_2, \dots, y_M\}$ deb belgilansa, ko'p alifboli shifrlash algoritmining maxfiy kaliti sifatida qo'llaniladigan akslantirishning jadvali modeli quyidagicha bo'lib:

Ochiq ma'lumot alifbosi belgilari	x_1	x_2	...	...	x_N
Shifirma'lumot alifbosi belgilari	$y_{i_1}^1$	$y_{i_2}^1$	...	...	$y_{i_N}^1$
Shifirma'lumot alifbosi belgilari	$y_{i_1}^2$	$y_{i_2}^2$	...	...	$y_{i_N}^2$
...
...
Shifirma'lumot alifbosi belgilari	$y_{i_1}^w$	$y_{i_2}^w$	...	...	$y_{i_N}^w$

barcha $y_i^d \in \{y_1, y_2, \dots, y_M\}$ hamda har bir satr va ustundagi y_i^d shifr belgilar juft-jufti bilan har xil bo'lishi bilan aniqlanadi.

Ochiq ma'lumot bitlari yoki bit birikmalariga maxfiy kalitni mos bitlarini yoki bit birikmalarini biror amal bilan o'rniga qo'yish akslantirishi bajarilsa, ko'p alfavitli o'rniga qo'yish shifrlash amalga oshiriladi. Ammo, bir xil kalit bilan shifrlangan har xil ochiq ma'lumot unga mos keluvchi shifirma'lumot juftliklariga ega bo'lishi maxfiy kalitni topish imkoniyatini tug'diradi.

Haqiqatan ham, biror alifbo belgilarida aniqlangan x – ochiq ma'lumot shifrlashni amalga oshirishda ochiq ma'lumot aifbosi bilan bog'liq shifr qiymatlarni x_i va shifr belgilarni y_i deb belgilansa, biror maxfiy jadvali yoki maxfiy kalit $k = k_1 k_2 \dots k_i \dots k_m$ bilan shifr qiymatlar ustida $*$ – amal bajarish orqali amalga oshiriladigan ko'p alfavitli akslantirishning matematik modelini umumiy holda $x_i * k_i = y_i$ ko'rinishida ifodalash mumkin. Bu yerda x_i va y_i ma'lum bo'lganda k_i ni yoki maxfiy akslantirish jadvali bir qiymatli tiklanadi. Shuning uchun kalitni bir marta ishlatish talab etiladi.

Yuqoridagi fikr-mulohazalarga asoslanib, ochiq ma'lumot va unga mos keluvchi kriptogrammalar juftliklariga egalik sharti bajarilganda maxfiy jadval yoki kalitni tiklash kriptohujumini amalga oshirish algoritmi hamda dasturini tuzish qiyin emas.

2. Kalit uzunligi yetarli katta yoki shifrlash alfaviti belgilari to'plamining quvvatini yetarli katta bo'lishi ta'minlanganligini aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi.

Tabiiyki, hisoblash texnika va texnologiyalarining rivojlanib borishi kalit uzunliklarining ham kattalashtirib borishni talab etadi. Kalit uzunligining yoki shifrlash alfaviti belgilari to'plamining quvvatini yetarli katta bo'lmasligi, ya'ni 2-kriteriy bajarilmasa: kalit alifbosi belgilarining tuzilishini aniqlashga hamda mumkin bo'lgan barcha kalitlarni tanlab chiqish kriptoxujum turini amalga oshirishga imkon beradi. Shuningdek, shifrlash alfaviti belgilari to'plami quvvatining yetarli katta bo'lmasligi kichik hajmdagi ochiq ma'lumotlarni shifrlashda noqulaylik tug'dirib, mumkin bo'lgan barcha kalitlarni tanlab chiqish imkoniyatini murakkab bo'lmasligiga zamin tug'diradi.

Kriptoalgoritmlar kaliti uzunliklari hozirda eng zamonaviy hisoblash texnika va texnologiyalarining takomillashuvi bilan bog'liq amallar bajarish – operatsion tizim imkoniyatlaridan, tarmoq resurslaridan, paralel hisoblash algoritmlaridan, samarali hisoblash matematik modellari kabi barcha manbaalardan mumkin qadar to'la foydalanilganda ham kalitni tiklashning amaliy jihatdan imkoniyati yo'q bo'ladigan yoki sarf-xarajatlarni qoplamasligi darajasidagi minimal kalit uzunligidan kam bo'lmasligi lozim. Bu haqidagi ochiq e'lon qilingan turli sohalardagi manbaalarning tahlili va ilmiy analitik xulosalar hozirda kalit uzunlikni 128 dan kam bo'lmasligini etirof etadi.

Kalit alfaviti shifrlash algoritmi akslantirishlarida kalitni tashkil etuvchi belgilarning qanday ishlatilishi bilan aniqlanadi. Agar akslantirishlar bitlar ustida amalga oshiriladigan bo'lsa, maxfiy kalit alfaviti bitlardan iborat bo'lib, 128 bitdan kam bo'lmasligi lozim.

Shuningdek, akslantirishlar baytlar ustida amalga oshiriladigan bo'lsa, maxfiy kalit alfaviti baytlardan iborat bo'lib, 128 baytdan kam bo'lmasligi kabi holatlar muhim hisoblanadi.

Shunday qilib, shifrlash algoritmi akslantirishlarida kalitni tashkil etuvchi belgilarning qanday ishlatilishiga ko'ra kalit alfaviti aniqlanib, kalitni tashkil etuvchi alfavit belgilari soni 128 tadan kam emasligi tekshirilishi lozim.

3. Algoritmning akslantirishi amallari bajarilishida maxfiy kalit alfaviti bitta belgisi shifrlanishi kerak bo'lgan ma'lumotning ham faqat bitta belgisiga bog'liq bo'ladi.

Algoritmning akslantirishi amallari bajarilishida maxfiy kalitning bitta belgisini shifrlanishi kerak bo'lgan ma'lumotning ham faqat bitta belgisiga bog'liq bo'lmasligi, ya'ni 3-kriteriy bajarilmasligi, tabiiyki biror ochiq ma'lumotga yoki uning biror qismiga mos keluvchi kriptogrammalar juftliklariga ega bo'linganda shu manbaaga tegishli boshqa kriptogrammalarni yoki kriptogrammaning qolgan qismlarini ochish uchun ma'lumot olishga imkon yaratadi.

Bu kriteriyning bajarilishi shifrlash algoritmi akslantirishlari asosidagi amal yoki amallarni faqat va faqat maxfiy kalit alfaviti bitta belgisi shifrlanishi kerak bo'lgan ma'lumotning ham faqat bitta belgisi ustida amalga oshirilganligini tekshirish orqali aniqlanadi. Ya'ni shifrlash akslantirishi umumiy modeli $x_i * k_i = y_i$ bo'lib, ikkita x_i, k_i – nomalumli bitta tenglikdan iborat.

4. X - ochiq ma'lumot va Y – shifirma'lumotlarning statistik bog'liq emasligi ta'minlangan, ya'ni ixtiyoriy x - ochiq ma'lumot va y -shifirma'lumot uchun ularning ehtimolligi munosabatlari bilan aniqlanuvchi ushbu shartli ehtimollik bilan aniqlanuvchi tenglik $P(X=x/Y=y)=P(X=x)$ o'rinli.

X - ochiq ma'lumot va Y – shifirma'lumotlarning statistik bog'liq bo'lsa, ya'ni ixtiyoriy x - ochiq ma'lumot va y -shifirma'lumot uchun ularning ehtimolligi munosabatlari bilan aniqlanuvchi ushbu tenglik $P(X=x/Y=y)=P(X=x)$ biror xususiyatlarga ko'ra o'rinli bo'lmasa, ya'ni 4-kriteriy bajarilmasa, tengsizlikka asos bo'lgan xususiyatlarga ko'ra ochiq ma'lumotga mos shifirma'lumotga ega bo'lingan holda, ochiq ma'lumot bahosining aniqligini qisman yoki to'la holda baholash mumkin bo'ladi. Keltirilgan uchinchi va oltinchi kriteriyalarning bajarilishi bu shartli ehtimollikni bajarilishiga zamin yaratadi.

5. Kalitning hajmi (uzunligi) K ochiq ma'lumot hajmidan (uzunligidan) M dan kam bo'lmasligi kerak $K \geq M$.

Kalitning uzunligi K ochiq ma'lumot uzunligidan M dan kichik bo'lishi $K < M$, ya'ni 5-kriteriy bajarilmasa, shifirma'lumot qismlarida davriylik borligini aniqlash imkoniyati tug'ilib, kalit alfaviti belgilarining tuzilishini aniqlashga, shifrlash jarayoni bosqichlarida o'rniga qo'yish shifrlash algoritmining qaysi sinfga tegishli turlaridan foydalanilganligini topishga zamin bo'ladi.

Kalit uzunligini to'g'ri aniqlashda 2-kriteriydagi kabi shifrlash algoritmi akslantirishlarida kalitni tashkil etuvchi belgilarining qanday ishlatilishiga ko'ra kalit alfaviti aniqlanib, kalitni tashkil etuvchi alfavit belgilarining sonini bevosita sanab chiqilishi amalga oshiriladi. Tegishli bandlarda keltirilgan fikr va mulohazalar har bir algoritm hamda uning har bir akslantirishiga nisbatan alohida yechilishi kerak bo'lgan masalalar ekanligi asoslandi.

Olingan natijalarning tahlili.

Mutlaqo bardoshli shifrlash algoritmi turkumi uchun zaruriylik mezonlari shartlarini tekshirish bo'yicha taklif etilgan tavsiyalar ilmiy asoslangan umumiy asos bo'lib, kriptanalitik uchun tekshirilayotgan algoritm hamda uning har bir akslantirishlarini tegishli mezonlar bo'yicha tahlil etish imkoniyatini beradi [1],[3].

Xulosa.

Olingan natijalardan mutlaqo bardoshli turkumdagi shifrlash algoritmlarini zaruriylik mezonlari shartlarini amalda tekshirishda ilmiy asoslangan qo'llanma sifatida foydalanilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Akbarov D.E, Umarov Sh.A. Working out the new algorithm enciphered the data with a symmetric key // Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2016, 9(2), 214-224 p, DOI: <https://doi.org/10.17516/1999-494X-2016-9-2-214-224>
2. Акбаров Д.Е. Ахборот хавфсизлигини таъминлашнинг криптографик усуллари ва уларнинг қўлланилиши – Тошкент, “Ўзбекистон маркаси” 2009 – 432 б.
3. Акбаров Д.Е., Умаров Ш.А. Новый алгоритм блочного шифрования данных с симметричным ключом. //Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Приладобудування. 2016. № 52 (2). С. 82-91. DOI: [https://doi.org/10.20535/1970.52\(2\).2016.92963](https://doi.org/10.20535/1970.52(2).2016.92963)
4. Алферов А. П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А. В. Основы криптографии: Учебное пособие, 2-е изд. –М.: Гелиос АРВ, 2002.-480 с.
5. Харин Ю. С., Берник В.И., Матвеев Г. В., Агиевич С. Г. «Математические и компьютерные основы криптологии» ООО «Новое знание» 2003 г. 381 с.
6. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. –М.: издательство ТРИУМФ, 2003 - 816 с.

УДК: 539.16.04

РАДИОАКТИВНОСТЬ МОЛЛЮСКОВ И РЫБ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАРАФШАН**Иззатуллаев З.И., Ахмедова Г., Маматкулов О.Б., Нурмурадов Л.Т.,
Хакимов Д.А., Хасанов Ш.Х.***Самаркандский государственный университет*E-mail: orifjon.m1974@gmail.com

Аннотация. Представлены измерения удельной активности природных радионуклидов - ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th и техногенного - ^{137}Cs у рыб и моллюсков, обитающих в бассейне реки Зарафшан. Показано, что накопление ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в моллюсках выше, чем у рыб. А удельная активность ^{137}Cs у рыб в три раза превышала у этих моллюсков. Это явление обусловлено следующими факторами: способами накопления радионуклидов в организме, функциональными особенностями животных, их трофической специализацией и размером поверхности тела. Обсуждается специфика селективного накопления отдельных радионуклидов в растениях и водных животных.

Ключевые слова: накопление радионуклидов, рыба, моллюска, техноген.

Zarafshon daryosi havzasidagi mollyuskalar va baliqlar radioaktivligi

Annotatsiya. Zarafshon daryosi havzasida yashovchi baliq va mollyuskalarda tabiiy radionuklidlarning – ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th va texnogen – ^{137}Cs ning solishtirma aktivligi o'Ichandi. Mollyuskalarda ^{226}Ra , ^{232}Th va ^{40}K to'planishi baliqlarga nisbatan yuqoriroq ekanligi ko'rsatilgan. Aksincha, baliqdagi ^{137}Cs ning solishtirma aktivligi mollyuskalardan ko'ra, uch baravar yuqori ekanligi aniqlandi. Bu hodisa quyidagi omillarga bog'liq: organizmda radionuklidlarni to'planish usullari, hayvonlarning funktsional xususiyatlari, ularning trofik ixtisoslashuvi va tana yuzasining o'Ichami. O'simliklar va suvda yashovchi hayvonlarda alohida radionuklidlarning selektiv to'planishlarining o'ziga xosligi muhokama qilindi.

Kalit so'zlar: radionuklidlar to'planishi, baliqlar, mollyuskalar, texnogen.

Radioactivity of mollusks and fish in the Zarafshan river basin

Abstract. Measurements of specific activity of natural radionuclides – ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}T and technogenic – ^{137}Cs in fish and the mollusks inhabiting Zarafshan river basin are presented. It is shown that accumulation of ^{226}Ra , ^{232}T and ^{40}K in mollusks is higher than in fish. On the contrary, the ^{137}Cs specific activity in fishes three times exceeded those ones in mollusks. This phenomenon is caused by following factors: ways of radionuclides accumulation in organism, functional features of animals, their trophic specialization and the size of body' surface. Specificity of selective accumulation of separate radionuclides in plants and water animals is discussed.

Keywords: accumulation of radionuclides, fishes, mollusks, technogenic.

В природных водах определяются естественные радионуклиды (ЕРН) уран-238, торий-232, радий-226, радон-222, полоний-210, радий-228, радий-224, уран-234 а также естественные радиоактивные изотопы калий-40, рубидий-87. Концентрация ЕРН в воде изменяются в очень широких пределах и главным образом зависят от радионуклидного состава пород и почвы, с которыми контактирует вода [1].

Кроме того, атмосферные и подводные ядерные испытания, произведенные разными странами, сбросы радиоактивных отходов в реках, аварии ядерных установок привели к загрязнению природных сред, в том числе и водоёмов техногенными радионуклидами ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{144}Ce и др. Техногенные радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr в водах находятся в высокодисперсном и растворимом виде, что способствует их интенсивному участию в метаболических процессах биотических систем.

Радиоактивные вещества, содержащиеся в водной среде, водорослях, подводных глинах могут восприниматься водными животными также, как и другие минеральные элементы, по пищевым цепочкам и путем поглощения по пограничным тканям.

Некоторые водоросли служат пищей для моллюсков. Моллюски поедаются рыбами. Водоросли могут накапливать естественные радионуклиды как из воды, так и из подводных глин. Радиоактивные элементы в организме водных животных накапливаются по разной величине и это зависит от содержания радионуклидов в воде, на дне и в водорослях, от свойств и внешних строений самих животных.

Например, концентрация радия-226 и урана в морском планктоне достигает 100 пКюри/кг, а содержание тория не превышает 25 пКюри/кг свежей ткани. Отмечено [2], интенсивное накопление радионуклидов в раковинах моллюсков.

В настоящей работе методом сцинтилляционной гамма-спектрометрии определена удельная радиоактивность естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и техногенного радионуклида ^{137}Cs в моллюсках и рыбе, выловленных из бассейнов реки Зарафшан.

Рыбу (*Cyprinidae*) и моллюски (*Unionidae*) высушивали, измельчали, взвешивали и упаковывали в однолитровые сосуды Маринелли. Масса образцов составляла 1000-1200 грамм. Измерения гамма-спектров образцов проведены в геометрии Маринелли на гамма-спектрометре со сцинтилляционным детектором (NaI(Tl)), 63×63 мм, энергетическое разрешение 10% на гамма линии ^{60}Co с энергией $E=1332$ кэВ.

Гамма-спектры регистрировались в памяти РС-IBM, работающего в режиме 1024 канального анализатора импульсов. Длительность измерений образцов составляла 2 часа. Идентификация, обнаруженных в спектрах фотопиков проведена по энергии, с учетом квантовых выходов, периодов полураспада и положение фотопиков в спектрах. Во всех измеренных гамма-спектрах образцов четко проявляется фотопик с энергией 1460 кэВ естественного радионуклида ^{40}K , а также фотопики, принадлежащие радионуклидам ураноториевых семейств. В спектрах наблюдается фотопик с энергией 661 кэВ техногенного радионуклида цезия-137.

Удельная активность радионуклидов, обнаруженных в спектрах рассчитана относительным методом. Были использованы эталонные радиоактивные источники ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs входящие в ОМАСН.

В результате исследований, удельная активность радионуклидов в Бк/кг, в моллюсках составляла: ^{226}Ra составлял <10.02, ^{232}Th равнялся <7.99, ^{40}K составил <68.28 и ^{137}Cs составил <3.9; в рыбе: ^{226}Ra составлял <5.55, ^{232}Th равнялся <2.59, ^{40}K составил <59.74, ^{137}Cs составил <12.22. Здесь значок “<” соответствует чувствительности спектрометра для данного времени измерений.

Из этих данных, следует что радиоактивность моллюсков и рыб в основном обусловлена естественным радиоактивным изотопом калия-40 и частично радионуклидами уранового и ториевого рядов, а также техногенным радионуклидом цезий-137. Различие в удельной активности калия-40 в рыбе и в моллюсков не существенное. Накопление естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K моллюсками превышает чем у рыб.

Калий принадлежит распространенным элементам. Повышенное накопление калия-40 в рыб и в моллюсках показывает, что в водах калий обладает повышенным содержанием. Основная масса калия как и других элементов находится в изверженных горных породах. Содержание калия в земной коре равно 2,4% [2]. При выщелачивании горных пород калий вымывается сравнительно легко, переходит в растворы и частично поступает в водные бассейны. Установлено, что радиоактивность речной воды обуславливается в основном калием-40 [4].

Радий также сравнительно легко выщелачивается из горных пород, что обусловлено его расположением вне кристаллической решетки минералов [2]. Радий из минералов переходит в водные бассейны, соответствующая часть радия, поступенно оседает на дно водоёма, участвуя в формировании осадочных пород. Радий плохо вымывается из почвы, а также из глины по сравнению с ураном, что приводит к обогащению глины радием [3]. Торий в природных водах растворяется значительно слабее, поэтому тория в водах содержится в сотни раз меньше чем уран. Торий поступает в подводные глины не из растворов, а при выветривании изверженных пород в которых присутствовал первоначально. В глинистых осадках заключена главная масса тория [5].

Повышенное накопление естественных радионуклидов моллюсками, заселяющие дно водоёмов видимо, обусловлена накоплением радионуклидов из воды и водорослей. Накопление радионуклидов в рыбе обусловлено как из воды, так из водных животных, которые поедаются рыбами как пища.

Как видно из данных таблицы, наблюдается значительное различие в удельной активности техногенного радионуклида ^{137}Cs в рыбе и моллюсков. Удельная активность ^{137}Cs в рыбе в 3 раза больше чем в моллюсках. По видимому техногенные радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr образующиеся после ядерных взрывов в воде находятся высокодисперсным и растворимом виде, что способствует их интенсивному участию в метаболических процессах биотических систем. Существенная часть продуктов взрыва находится в воде в растворимом состоянии, отчего длительное время может оставаться в верхних слоях воды [3]. Установлено, что водные животные обладают выраженной способностью избирательно накапливать в своих тканях отдельные радионуклиды, что обуславливается их функциональными свойствами. Например, коэффициент концентрирования ^{90}Sr бурыми водорослями колеблется от 20 до 40. Зеленые водоросли стронций практически не накапливают. Морской фитопланктон интенсивно концентрирует ^{60}Co и ^{65}Zn . Однако, ^{137}Cs им почти не воспринимается.

Беспозвоночные животные обладают способностью усваивать радиоактивные вещества из воды при её фильтрации. Накопление радиоизотопов беспозвоночными происходит также при поедании загрязненного корма, коэффициент накопление ^{137}Cs в тканях двустворчатых моллюсков составляет 20-50. ^{137}Cs депонируется в основном в мышцах моллюсков.

Проникновение радиоактивных веществ в организм рыб происходит через жабры, кожу, а также пищеварительный тракт при поедании зараженного корма и заглатывании воды. На покровных тканях происходит отложение радионуклидов без выраженной их сепарации. Рядом авторов проведены радиохимические анализы тканей рыб и показана, что ^{137}Cs преимущественно накапливается в мышцах и в некоторых паренхиматозных органах. Установлено, что уровень загрязнения внутренних тканей рыб радионуклидами ниже удельной активности воды. И только жабры, плавники и голова накапливали ^{137}Cs и ^{90}Sr в количествах, в несколько раз превышающих удельную активность воды [3]. Радионуклиды интенсивно накапливаются внутренними и покровными тканями

Итак, можно понять различие в удельной активности ^{137}Cs в моллюсках и рыбе, если учесть, что водные организмы обладают способностью избирательно накапливать в своих тканях отдельные радионуклиды, что обуславливается их функциональными свойствами. Кроме того, интенсивность накопления радионуклидов на покровных тканях водных животных во многом зависит от их площади. Особенно эффективна адсорбция формами, отличающимся большой поверхностью тела. Рыбы обладают сравнительно большей площадью чем моллюски. Очаг радиоактивного загрязнения воды не может быть стойким и быстро разрушается, что в свою очередь снижает опасность радиоактивного загрязнения рыб и других гидробионтов.

Литература

1. Сафаров А.А., Салимов М.И., Усмонов Т.М. и др. Суммарная альфа и бета активность питьевой воды в Ташкентском регионе Узбекистана. // Самарканд давлат университети илмий ахборотномаси. Аниқ ва табиий фанлар серияси. 2016, №5 (99). – С.32-33.
2. Перцов А.А. Ионизирующие излучения биосферы. – Москва: Атомиздат, 1973. – С.26-97, 218, 220, 236-248.
3. Сауков А.А. Радиоактивные элементы Земли. – Москва: Атомиздат, 1961. – С.45-53, 120.
4. Кочан Р.М., Назаров И.М. Основы гамма-спектрометрии природных сред. – Москва: Атомиздат, 1969. – С.18-21.
5. Иззатуллаев З.И., Ахмедова Г., Боймуродов Х., Носиров А. Радиоактивность глины и двухстворчатых моллюсков бассейна р. Зарафшан // Узбекский биологический журнал. 2002, №1. – С.48-51.

УДК: 537.539

**INVESTIGATION OF TRAJECTORY AND ANGULAR DISTRIBUTIONS SCATTERED
Ar IONS FROM THE DEFECT InP(001) SURFACE**¹Kutliev U.O., ²Karimov M.K., ³Otaboeva K.U., ³Otaboev M.U.*Urgench State University*E-mail: uchkunk@mail.ru

Abstract. The Ar⁺ ions scattering from the defect InP(001)<110>,<110>surfaces at the grazing incidence have been simulated by the computer simulation method. The trajectory and angular distributions of scattered argon ions on above mentioned surface semichannels have been calculated.

Keywords: computer simulation, ion scattering, semichannels, semiconductors.

**Nuqsonli InP(001) sirtidan sochilgan Ar ionlarining trektoriyalari va burchak taqsimotlarini
tadqiq qilish**

Annotatsiya. InP(001)<110>,<110> sirtidan Ar⁺ ionlarining kichik burchaklarga sochilish jarayoni kompyuterda modellashtirish usuli bilan o'rganildi. Sochilgan argon ionlarning traektoriyalari va burchak taqsimotlari o'rganildi.

Kalit so'zlar: kompyuterda modellashtirish, ion sochilish jarayoni, yarim kanal, yarimo'tkazgichlar.

**Исследование траектории и угловые распределения при рассеяние ионов Ar с дефектной
поверхностью InP(001)**

Abstract. Малоугловое рассеяния ионов Ar⁺ с поверхностью InP(001)<110>,<110> изучена с помощью метода компьютерного моделирования. Траектории и угловые распределения рассчитаны для ионов аргон, рассеянных вышеупомянутой поверхности.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, рассеяния ионов, полуканалы, полупроводники.

1. Introduction.

In the last few decades, research on surfaces and interfaces has grown to a mature branch of science. Subject of surface science is the study of processes on or properties of the interface between two media. The knowledge obtained can be fruitfully applied in various technological fields such as microelectronics, micro precision mechanics and heterogeneous catalysis. This works mainly concentrates on the surface analysis by means of ion scattering spectroscopy. The applications discussed will be on the solid-vacuum interface. The insight was grown, that for the understanding of many surface related problems, properties which are known from bulk physics cannot directly be extended to the surface[1]. It can easily be apprehended, that there will be a difference between bulk and surface atoms. In the bulk, without defects, an atom is fully surrounded by neighbor atoms and it is in equilibrium with its neighbors. If a surface is being made, for instance by cleavage of a crystal, bonds of the atoms in the cleavage plane with part of their neighboring atoms will be broken and the equilibrium will be disturbed. Breaking the bonds between atoms costs energy; the surface contains extra energy, the surface energy. Because of the disturbance of the equilibrium of the bulk atoms, it is not likely that the freshly cut surface is in the energetically most favorable state. The surface atoms will rearrange, so that the surface energy will be minimized. Three processes by which this minimization of the surface energy can take place will be mentioned [2-4].

Recently, Low Energy Ion Scattering (LEIS) has gained some momentum with the availability of high-end instrumentation for real-world surface analytical applications. These instruments make the unique capabilities of LEIS accessible by implementing a special analyzer design, allowing the quantitative analysis of the elemental composition of the outermost atomic layer of a material with high sensitivity and mass resolution. The technique [5] is based on the scattering of noble gas ions that are directed at the surface with a kinetic energy of 1 – 8 keV. In binary collision some of the ions are scattered back from the surface and can be detected by the energy analyzer. In the collision event, the ions exhibit a characteristic energy loss that is measured and used to determine the

mass of the surface atom that was acting as the scattering partner. In contrast to non-dedicated instruments, the sensitivity of the analyzer is high enough to detect all required information of a given area before the surface is modified by the ion bombardment. The energy resolution and scattering geometry allow separating virtually any pair of elements, even with overlapping isotopes [6-7]. Applications of LEIS range from fundamental research to industrial materials, especially in the field of thin films and catalysis. The extreme surface sensitivity and the ability to analyze extremely rough and insulating samples make it the ideal technique for catalysis applications, where the functionality of the material is localized in the outer surface and simultaneously the concentrations of the analyte on the support may be very low. With detection limits in the range of a few atomic per cent for light elements up to the 10 ppm range for heavy elements – always as a fraction of the outermost atomic layer – modern LEIS does not have a need for model systems with higher concentrations of the active phase, but works on production catalysts. On these samples, the technique can determine the amount of metal on the support that is really available to the catalysis, which is important for optimizing material usage. Amongst others, poisoning processes and formation of coke can be studied, including the localization of nucleation of coke. Recently [8] even the size of nanoparticles has been determined with a non-imaging methodology that does not suffer from statistical errors caused by the limited field of view of imaging techniques.

2. Computational method and results.

The present computer program for a calculation of the ion trajectories is based on the binary collision approximation. The binary collision approximation (BCA) has long been used in computer simulations of the interactions of energetic atoms with solid targets, as well as being the basis of most analytical theory in this area. While mainly a high-energy approximation, the BCA retains qualitative significance at low energies and, with proper formulation, gives useful quantitative information as well. Moreover, computer simulations based on the BCA can achieve good statistics in many situations where those based on full classical dynamical models require the most advanced computer hardware or are even impracticable. The foundations of the BCA in classical scattering are reviewed, including methods of evaluating the scattering integrals, interaction potentials, and electron excitation effects. For the description of the particle interactions the Biersack-Ziegler-Littmark (BZL) potential which gives quite good agreement with experiment over a wide range of interatomic spacing was used [9]. The inelastic energy losses were regarded as local depending on the impact parameter and included into the scattering kinematics. These losses have been calculated on the basis of Firsov model modified by Kishinevsky [10]. The simulations were run with the crystal atoms initially stationary at equilibrium lattice sites because in the conditions of grazing incidence the influence of the thermal vibrations of lattice atoms at room temperature on ion sputtering and implantation results is insignificant.

The angle of incidence of primary ions ψ and the polar escape angle δ of scattered atoms were counted from a target surface and the azimuthal escape angle φ - from the incidence plane of the ions. The number of incident ions is 10^4 . The incident ions and the recoil atoms were followed throughout their slowing-down process until their energy falls below a predetermined energy: 25 eV was used for the incident ions, and the surface binding energy was used for the knock-on atoms.

The possibilities of this code are following: 1) to carry out the calculations without inelastic energy losses or with their inclusions on one of three models: Kishinevsky, Firsov, Oen-Robinson (for light particles); 2) to vary the interaction potentials: Born-Mayer, Moliere, BZL; 3) to compute the time integral or to use the hard sphere model; 4) to calculate the parameters of the scattering ions for different values of mass ratio of colliding particles; These calculations do not require the change of code structure and may be performed by choice input parameters.

Using this methodology was simulated the behaviour of the scattering of 5 keV Ar^+ ions from defect $\text{InP}(001)\langle 110 \rangle$ and $\langle \bar{1}10 \rangle$ surfaces have been investigated at the grazing incidence. It has been shown that the behaviour of the scattering depend to the orientation of single crystal. The structure of InP are very interesting. The atoms In and P located layer by layer in directions $\langle 110 \rangle$ and $\langle \bar{1}10 \rangle$.

In Fig.1 the simple trajectory at the angle incidences $\psi=5^\circ$ (a) and 13° (b) with a initial energy 5 keV of Ar^+ ions bombarding of $\text{InP}(001)\langle 110 \rangle$ surface are shown.

It is seen the ion moved inside the semichannel in both angle of incidence. We can see from the structure some defects like absence of atom. In the case $\psi=5^\circ$ the coefficient of collision - 23,

inelastic energy loss -121eV . But in the case $\psi=13^{\circ}$ we can also observe quasi double scattering effect in semichannel. The quasi single scattering prevail in the case $\psi=11^{\circ}$. In the case of $\psi=13^{\circ}$ the coefficient of collision - 7, inelastic energy loss -53 eV

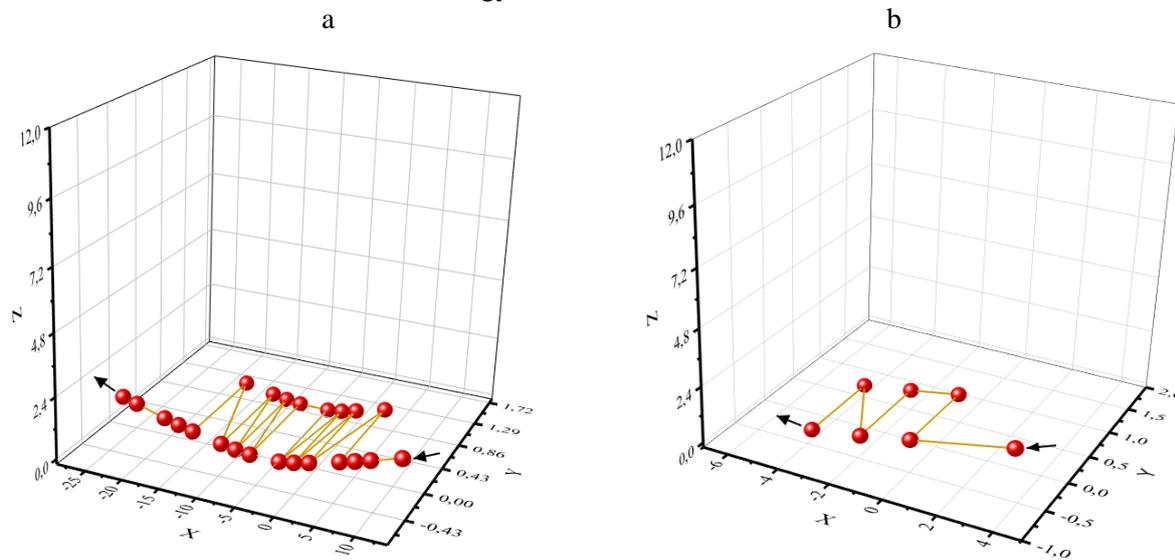


Fig.1. Simple trajectory on the angle of incidences $\psi=5^{\circ}$ (a) and 13° (b) for 5 keV Ar^+ ions bombarding of InP(001) $\langle 110 \rangle$ surface.

In Fig.2 presents the characteristic trajectory on the angle of incidences $\psi=5^{\circ}$ (a) and 13° (b) for 5 keV Ar^+ ions bombarding of InP(001) $\langle 110 \rangle$ surface. In this case the semichannel which formed on the surface. It is seen in the case $\psi=5^{\circ}$ (fig.2a) the ion at first scattered from four atoms which located on the surface. There are observed collision with atoms which located at the bottom of semichannel (five atoms). And then the ion turn to the up of semichannel and fully scattered from this semichannel. The coefficient of collision - 31, inelastic energy loss -108eV . In the case $\psi=13^{\circ}$ (fig.2b) the ion after capture by semichannel have almost same trajectory, but the number of collision with a semichannel atoms is difference. The coefficient of collision is 8 and inelastic energy loss is 44eV.

Also was received an angular distribution of Ar^+ ions, scattered from the defect InP(001) $\langle 110 \rangle \langle 110 \rangle$ with a initial energy 5 keV and on the angle of incidence $\psi=5^{\circ}, 9^{\circ}, 13^{\circ}$.

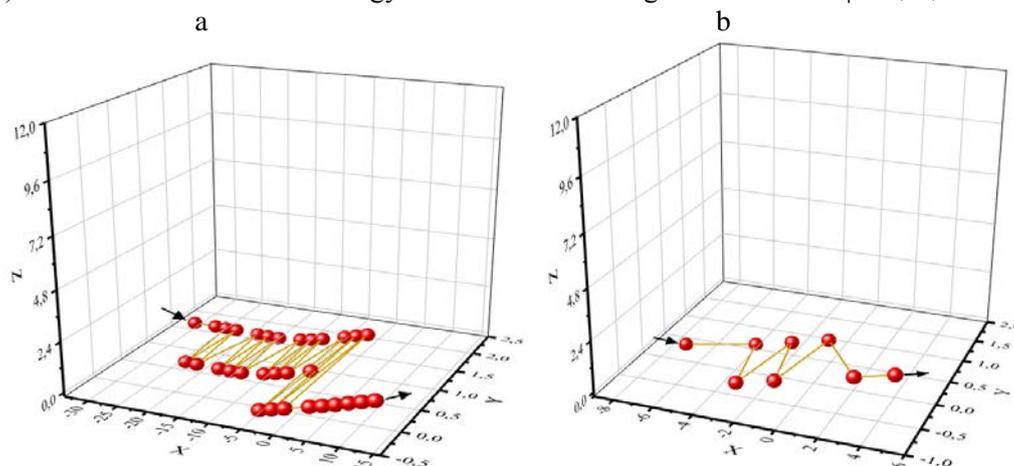


Fig.2. Characteristic trajectory on the angle of incidences $\psi=5^{\circ}$ (a) and 13° (b) for 5 keV Ar^+ ions bombarding of InP(001) $\langle 110 \rangle$ surface.

The analysis of angular distributions on the InP(001) $\langle 110 \rangle$ and $\langle 110 \rangle$ directions we can see high intensity at the angle of incidence $\psi=5^{\circ}$ (fig.3a). The high intensity peaks on the angular distribution are observed by the effect ion focusing. At the ion incidence $\psi=9^{\circ}$ also more intensity peak are observed since values of this angle very close to the ion focusing angle. At the ion bombarding InP(001) $\langle 110 \rangle$ direction dominated the effect mirror scattering of ions(fig.3b). The mirror effect,

especially the mirror effect, has prevalence on $\psi=13^{\circ}$. The high intensity on angular distributions' will get more information about effects ion focusing.

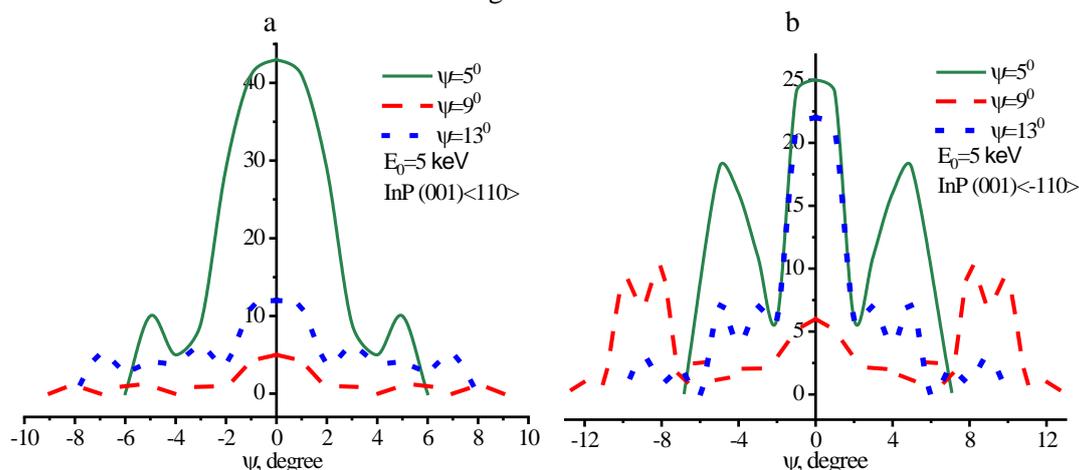


Fig.3. Angular distribution at the angle incidences $\psi=5^{\circ}, 9^{\circ}, 13^{\circ}$ for 5 keV Ar^+ ions bombarding of $\text{InP}(001)\langle 110 \rangle$ (a) and $\langle 110 \rangle$ (b) surfaces.

3. Conclusion.

It was shown that the scattered Ar ions from the defect $\text{InP}(001)$ surface have special trajectories. The incidence ions had collision with surface atoms which located on atomic chains and semichannels. The fact that the inelastic losses exceed the elastic ones for small angle of incidence is due to an increase in the number of collisions and the particle trajectory length in the surface region, as well as to the absence of small impact parameters in the course of scattering. The predominance of the inelastic energy losses should reveal itself in the efficiency of the various inelastic processes accompanying the glancing ion scattering from a single crystal surface. The study of angular distributions of scattered ions from defect surfaces can give opportunity determinate the effect of ion focusing.

References

1. Redemonte L., Tatarek R., Aschoff M., Bruning K., Heiland W. Surface structure and dynamics of the $\text{Ag}(110)$ surface studied by low energy ion scattering // Nucl.Instr.and Method B, –Amsterdam, 2000. -N164-165.-P.645-649.
2. Bouarissa N. [Phonons and related crystal properties in indium phosphide under pressure](#) // Physica B: Condensed Matter. 2013.406 (13):2583–2587.
3. Robin A., Hatke N. and et al. Energy loss of fast N^+ ion scattered off a $\text{Pt}(110)$ surface // Nucl.Instrum.Methods.Phys.Res.Sect.B.165 –Amsterdam,2000. -P.566-574.
4. Moller I., Heiland W., Unertl W. Molecular adsorption N_2 on $\text{Ni}(111)$ studied with Ion Scattering Spectroscopy//Nucl.Instr.and Method B, –Amsterdam,1984. V.B2.-P.366-400.
5. Gou F., Gleeson M. A., Villette J., Kley A. W. Investigation monocystal surfaces by low energy ions scattering spectroscopy // Nucl. Instr. Meth.Phys. Res., Sect. B. –Amsterdam, 2006.-N247-P.244-247.
6. Taglauer E. Beikler R. Surface segregation studied by low-energy ion scattering: experiment and numerical simulation //doi:10.1016/j. Vacuum.–Amsterdam, 2003.12.040.
7. Gou F., Kley A.W., Gleeson M.A. MD simulation of Ar scattering from defected $\text{Si}(100)$ at grazing incidence//Nucl. Instr. and Methods in Phys. Amsterdam, 2007. -V.258. 52-56 p.
8. Redemonte L., Tatarek R., Aschoff M., Bruning K., Heiland W. Surface structure and dynamics of the $\text{Ag}(110)$ surface studied by low energy ion scattering // Nucl.Instr.and Method B, –Amsterdam, 2000. № 164-165. 645-649 p.
9. O'Connor D.J., Biersack J.P. Comparison of theoretical and empirical potentials // Nucl.Instr.Meth.Phys.Res. –Amsterdam, 1986.-V.B15. 14-17 p.
10. Parilis E.S., Kosshinevsky L.M., Turaev N.Yu. et al. Atomic collisions on solid surfaces. - Amsterdam: North-Holland, 1993.664 p.

УДК: 539.16.04

**ПЕРВИЧНЫЕ, ТЕХНОГЕННЫЕ И КОСМОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ
НУРАТИНСКОГО И ОТРОГАХ ЗАРАВШАНСКОГО ХРЕБТОВ**

¹Базарбаев Н.Н., ²Иванов А.К., ²Мавланов Т.Т., ¹Муминов И.Т., ^{1,2}Муминов Т.М.,
^{2*}Маматкулов О.Б., ²Нурмуродов Л.Т., ²Сафаров А.А., ¹Синдаров Б.А.,
³Худайбердиев А.Т., ¹Чиндалиев М.Х.

¹Национальный университет Узбекистана

²Самаркандский государственный университет

³Каршинский филиал ТУИТ

*E-mail: orifjon.m1974@mail.ru

Аннотация. Гамма-спектрометрическим методом исследованы распределения первичных ²²⁶Ra, ²³⁰Th, ⁴⁰K, техногенного ¹³⁷Cs и космогенного ⁷Be радионуклидов в почвах местностей Нуратинского и отрогов Заравшанского хребтов. Выявлена их корреляция с природными факторами.

Ключевые слова: радионуклид, гамма-спектр, атмосферные осадки, почва, активность.

Nurota va zarafshon tog'lari yonbag'irlari tuproqlarida dastlabki, texnogen va kosmogen radionuklidlar

Annotatsiya. Nurota va Zarafshon tog'laridagi ayrim joylarining tuproqlaridagi birlamchi ²²⁶Ra, ²³⁰Th, ⁴⁰K, texnogen ¹³⁷Cs va kosmogen ⁷Be radionuklidlarining taqsimoti o'rganildi. Ularning tabiiy faktorlari bilan bog'lanishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: radionuklid, gamma-spektr, atmosfera tushumlari, tuproq, aktivlik

Primordial, technogenic and cosmogenic radionuclides in soils of nurata and spurs of zarafshan ridges

Abstract. Gamma-spectrometric technique was utilized to study distribution of primordial ²²⁶Ra, ²³⁰Th, ⁴⁰K, technogenic ¹³⁷Cs and cosmogenic ⁷Be radionuclides in soils of Nurata and spurs of Zarafshan ridges. Their correlations with natural factors were discovered.

Keywords: radionuclide, gamma-spectrum, atmospheric fallouts, soil, activity.

Радиоактивность Земли обусловлена:

– долгоживущими первичными естественными радионуклидами (ПЕРН), образовавшихся на ранних этапах возникновения Вселенной. Наиболее распространенными среди них являются радионуклиды урано-ториевых семейств и ⁴⁰K;

– космогенными радионуклидами (КРН), постоянно образующихся в верхних слоях атмосферы в реакциях расщепления ядер азота, кислорода и других атомов воздуха под воздействием высокоэнергетической составляющей космического излучения и выпадающих на поверхность Земли вместе с атмосферными осадками. Наиболее удобным для исследования является ⁷Be с периодом полураспада $T_{1/2} = 54$ дня, распад которого сопровождается гамма-излучением $E_{\gamma} = 478$ кэВ.

– техногенными радионуклидами (ТРН), являющихся продуктами ядерного деления (ПЯД), образовавшихся при атмосферных испытаниях ядерного оружия, интенсивно проводившихся в 50-60 годы прошлого столетия, глобальные и региональные выпадения которых загрязняли всю поверхность Земли. Наиболее долгоживущим ПЯД является ¹³⁷Cs ($T_{1/2} = 30$ лет, $E_{\gamma} = 661$ кэВ).

Гамма-излучение, содержащихся в окружающей среде радионуклидов, вносит в среднем 30% в дозу облучения населения Земли ионизирующими излучениями [1].

Содержащиеся в почвах радионуклиды могут служить трассерами почвенных процессов: ПЕРН – долго-, ТРН ¹³⁷Cs – средне- и КРН ⁷Be – краткосрочных.

Радионуклидный состав наряду элементным, является фундаментальной характеристикой вещества, установление которого для природных и техногенных объектов,

предназначенных к использованию в тех или целях, в соответствии с международными и национальными законодательствами, обязательно.

В настоящей работе исследованы распределения активностей ПЕРН – ^{232}Th , ^{220}Ra и ^{40}K , ТРН – ^{137}Cs и КРН – ^7Be в верхних слоях горных почв отдельных участков местностей Нурагинского, северо-западных и юго-западных отрогов Заравшанского хребтов.

1. Характеристика местностей и пробных площадок

Исследования проведены на участках горных местностей Самаркандской области (рис.1):

– в урочище ПАНГАТ, на южном склоне Центральной части Северо-Нурагинского хребта, урочище САРЫКУЛЬ в Каратепинских горах, северо-западной оконечности Заравшанского хребта. Эти местности относятся к аридным зонам – летом температура и влажность воздуха достигает значений $t = 47^\circ$ и $V = 10\%$, большинство водных источников пересыхают, среднегодовые выпадения мокрых осадков составляют $\bar{V} = 250 - 300$ мм/год, рельеф местности характеризуется мягкими формами [2,3],

– в СЕДЛОВИНЕ гор Каратапа и Чакрыкалан юго-западных отрогов Заравшанского хребта, находящихся в зоне с благоприятным климатом, летом температура воздуха не превышает $t = 36^\circ$, а влажность не опускается ниже $H = 20\%$, многоводные родники и горные реки не пересыхают, среднегодовые выпадения мокрых осадков составляют $\bar{V} = 800$ мм/год.[3]



Рис.1. Расположение – ● исследованных местностей

Выбранные на местностях пробные площадки, в первом приближении, равноудалены друг от друга и расположены на азимутальных линиях, проходящих через, начальные – n1 и конечные – nf, площадки (табл.1).

Таблица 1.

Географические координаты (с.ш. – N, в.д. – E) и высота над уровнем моря (H, м) местностей.

Местность	F	n1	nf
ПАНГАТ	21	N – $40^\circ 24' 8''$ E – $66^\circ 33' 9''$ H – 1196	N – $40^\circ 24' 39''$ E – $66^\circ 32' 11''$ H – 1050
САРЫКУЛЬ	15	N – $39^\circ 29' 59''$ E – $66^\circ 31' 41''$ H – 1077	N – $39^\circ 29' 55''$ E – $69^\circ 31' 34''$ H – 874
СЕДЛОВИНА	9	N – $39^\circ 17' 17''$ E – $66^\circ 56' 8''$ H – 1779	N – $39^\circ 17' 45''$ E – $66^\circ 54' 29''$ H – 1690

2.Отбор образцов почвы, изготовление проб.

Для исследования вертикальных распределений в почвах активностей ПЕРН – ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{40}K и ТРН – ^{137}Cs с площадок размерами $S \sim 40 \times 40$ см, с глубин $\Delta X_1 = 0-2$, $\Delta X_2 = 2-4$, $\Delta X_3 = 4-6$, $\Delta X_4 = 6-10$, $\Delta X_5 = 10-15$, $\Delta X_6 = 15-20$, $\Delta X_7 = 20-30$ см, последовательно срезались слои почвы (7 слоев).

Для исследования запасов КРН – ^7Be с площадок размерами $S_0 = 1 \times 1$ м, срезался поверхностные слои почвы толщиной – $\Delta X_0 \sim 0,5$ см вместе с растительностью.

Отобранные образцы доводились до воздушно-сухого состояния, измельчались, тщательно перемешивались, взвешивались (устанавливалась исходная масса – m_0 образца), засыпались в однолитровые сосуды Маринелли, которые герметизировались, взвешивались (устанавливалась масса пробы – m_p) и маркировались.

Масса глубинных проб варьировалась в пределах $m_p = 1050 \sim 1300$ г. а поверхностных – $m_p = 670 \sim 950$ г (масса растительного покрова была незначительна).

3.Измерения и обработка гамма-спектров.

Гамма-спектры проб измерялись на сцинтиляционном спектрометре с кристаллом NaI(Tl) , размерами – $\varnothing 63 \times 63$ мм с энергетическим разрешением $\sim 10\%$ на линии 1372 кэВ ^{60}Co . Регистрация и обработка гамма-спектрометрической информации осуществлялась на РС. Длительность измерений глубинных проб – $t = 2$ часа, поверхностных – 6 часов.

Обработка гамма-спектров проводилась по методике [4] последовательным их разложением на составляющие излучений фона, ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K , ^{137}Cs , а в спектрах поверхностных слоев и ^7Be , с использованием инертных проб (радиоактивность пренебрежимо мала плотности соответствует исследуемым пробам), эталонных источников – ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{40}K , ^{137}Cs из комплекта объемных мер активностей специального назначения (ОМАСН) ВНИИМ имени Д.И.Менделеева. Эта методика иллюстрируется на рис.2, на примере разложения спектра пробы поверхностного слоя почвы – P на составляющие: – фона – F , – ПЕРН ^{232}Th – E_{Th} , ^{226}Ra – E_{Ra} и ^{40}K – E_{K} , ТРН ^{137}Cs – E_{Cs} аппроксимированных, нормированных по интенсивности к спектру – P , спектрами соответствующих эталонных источников, – КРН – ^7Be .

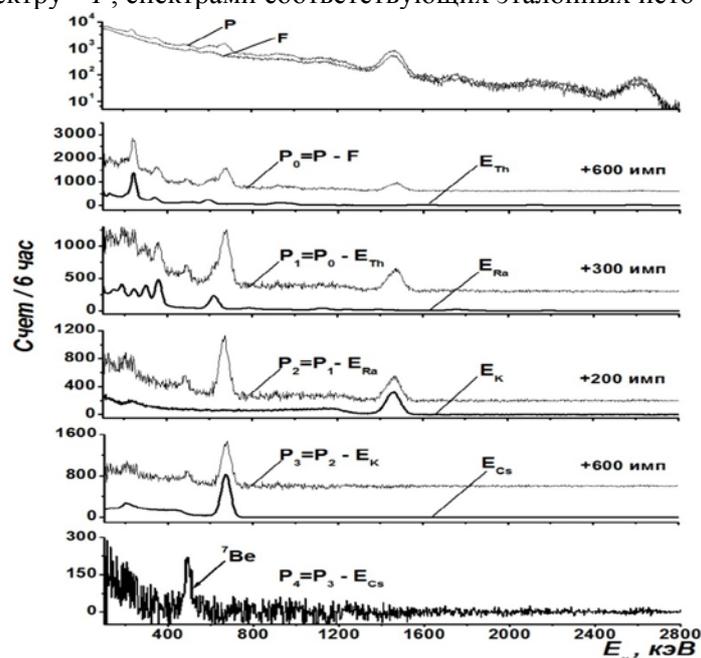


Рис. 2. Спектр – пробы поверхностного слоя почвы и его составляющие. Удельные активности ^{226}Ra – 32(4) Бк/кг, ^{232}Th – 26(3) Бк/кг, ^{40}K – 620(65) Бк/кг, ^{137}Cs – 64 (7) Бк/кг, ^7Be – 73(8) Бк/кг.

Активности радионуклидов, за исключением – ^7Be , устанавливались по интенсивностям составляющих аппроксимированных спектрами эталонных источников. Активность КРН ^7Be устанавливалась по интенсивности пика полного поглощения (ППП) 478 кэВ в спектре его составляющей, с учетом эффективности регистрации детектора, квантового выхода перехода и длительности измерения.

Минимально детектируемые активности составляли для $^{40}\text{K} \sim 20$ Бк/кг, для остальных радионуклидов $\sim 3-5$ Бк/кг. Погрешности в установлении значений активностей с учетом точности аттестации активностей эталонных источников, составляет 10-15% и только для ^{137}Cs в пробах близких к предельным глубинам миграции, возрастают до 50%.

4. Экспериментальные результаты и их обсуждение.

Содержание ПЕРН – ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{40}K в почвах характеризуются удельными активностями: - в отдельных слоях – $A_i = U_i / m_i$, в 30 сантиметровых верхних слоях площадок

$$A_j = \sum_{i=1}^7 A_i \Delta X_i / \sum_{i=1}^7 \Delta X_i, \text{ а также их усредненными значениями для местности – } \bar{A}_j = \sum_{i=1}^f A_i / f$$

Рассмотрение полученных данных (Таблица 2, рис.3):свидетельствует

– значения удельных активностей ПЕРН – А в слоях -i почв площадок флуктуируют в пределах факторов $F (\text{max/min}) = 1,2-1,6$, причем, на большинстве площадок верхние слои заметно обедняются относительно нижних, наиболее сильно это происходит на площадках СЕДЛОВИНЫ,

– в 30 сантиметровых верхних слоях почв площадок – j местности удельные активности – A_j флуктуируют в пределах факторов $F (\text{max/min}) = 1,3-1,7$,

– средние значения удельных активностей \bar{A} на площадках в СЕДЛОВИНЫ и САРЫКУЛЯ близки между собой, а в почвах ПАНГАТА они заметно выше.

Таблица 2.

Усредненные и предельные значения активностей ПЕРН в почвах площадок местностей.

Местность	$\bar{A} (A_{\text{мин}} - A_{\text{макс}}), \text{ Бк/кг}$		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
ПАНГАТ	37(22-46)	54(43-59)	840(720-940)
САРЫКУЛЬ	25(19-49)	40(23-86)	640(500-860)
СЕДЛОВИНА	28(18-47)	41(34-63)	620(570-760)

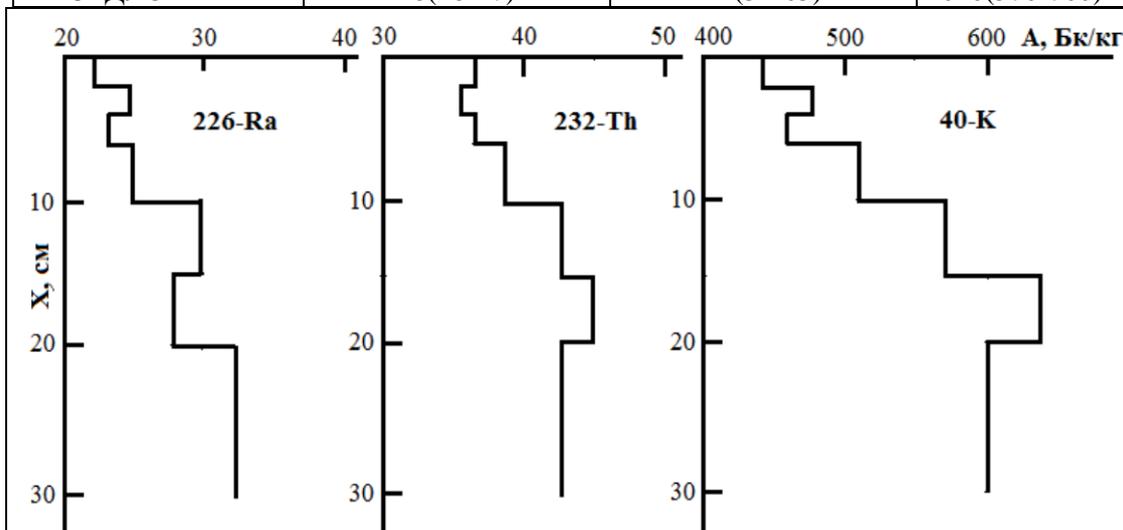


Рис.3. Вертикальные распределения ПЕРН в слоях почвы площадки №4 СЕДЛОВИНЫ.

Отмеченные факты можно объяснить следующим:

– естественная неоднородность состава природных объектов обуславливает флуктуации содержания ПЕРН в слоях почв площадок и на различных участках местности,

– обеднение верхних слоев почв ПЕРН связано с их растворением дождевыми и тальными водами, часть растворов стекает с поверхности площадок, другая – поглощается корневыми системами растений, которые поедаются скотом, либо после отмирания уносятся с площадок,

– содержания ПЕРН в почвах обусловлены радионуклидным составом подстилающих их горных пород. САРЫКУЛЬ и Седловина расположены в пределах Заравшанского хребта,

поэтому содержание в их почвах ПЕРН сопоставимы между собой, а ПАНГАТ относится к Нуратинским горам богатых урано-содержащими минералами [7].

Техногенный – ¹³⁷Cs и космогенный – ⁷Be радионуклиды выпадают на поверхность Земли с мокрыми и сухими осадками.

Распределение ТРН в почвах характеризуется:

– его удельными активностями его активностями в отдельных слоях почв – $A_i = U_i / m_i$,

– глубиной миграции – X^* в почве, определяемым нижней границей слоя почвы, где он еще прослеживается,

– глубиной слоя почвы с максимальной удельной активностью – I ,

– запасом в почве площадки

$$Q_j = \sum_{i=1}^7 A_i \Delta X_i \rho_i,$$

где ρ_i – удельная плотность почвы в i -том слое (нами для всех слоев почвы принято значение $\rho = 1,4$ г/см),

– глубиной почвы в которой содержится половина запаса ¹³⁷Cs – $X_{1/2}$,

– усредненными значениями запасов и глубин миграции ¹³⁷Cs в почве местности – m .

$$Q_m = \sum_{i=1}^7 Q_j / S \quad \text{и} \quad X_m^* = \sum_{j=1}^7 X_j^* / f,$$

а также другими параметрами.

КРН – ⁷Be, в отличие от ТРН – ¹³⁷Cs, постоянно выпадает из атмосферы и распадается с периодом $T_{1/2} = 54$ дня, в связи с чем, он проявляется только в поверхностных слоях почвы, толщиной, как правило в наших условиях, не превышающей $X \leq 5$ мм. Его содержание в почвах характеризуется величиной запаса на площадках

$$q_j = A_j m_p / m_0$$

и усредненным значением запасов на местности $q_m = \sum_{j=1}^f q_j / f$.

Очевидно, что характеристики ТРН ¹³⁷Cs слабо изменяются в пределах нескольких лет, а КРН ⁷Be могут в дождливых сезонах резко возрастать в пределах нескольких минут, а в сухих – в пределах недель.

Результаты этих исследований (таблица 3, рис.4 и 5) показали:

– запасы ТРН – ¹³⁷Cs и КРН – ⁷Be в почвах площадок исследованных местностей флуктуируют в пределах фактора – $F(\max/\min) \sim 3$ и не коррелируют между собой,

– средние значения запасов – \bar{Q}_n глубинных характеристик \bar{X}^* , \bar{I} , $\bar{X}_{1/2}$ ТРН ¹³⁷Cs в почвах местности находятся в прямой зависимости от соответствующих среднегодовых выпадений мокрых осадков – \bar{V} , а для запасов КРН ⁷Be – \bar{q} эта зависимость нарушается и преобразуется в обратную.

Таблица 3.

Характеристики ¹³⁷Cs и ⁷Be в почвах местностей.

Местность Дата отбора	V, мм/год	¹³⁷ Cs				⁷ Be
		$Q_{\min} - Q_{\max}$ кБк/кг	\bar{X}^* $X_{\min}^* - X_{\max}^*$ см	I, слой	\bar{X} см	\bar{q} кБк/кг $q_{\min} - q_{\max}$
ПАНГАТ	250	2,8 1,7-4,9	4,1 2-6	1	0,75 0,6-0,9	0,44 0,26-0,65
САРЫКУЛЬ	300	4,7 2,4-5,8	7,8 6-8	1-2	2,5 1,1-3,8	0,33 0,16-0,4
СЕДЛОВИНА	800	7,6 5,8-11,2	20 15-33	2-3	5,6 3,9-6,5	0,06* 0,03-0,09

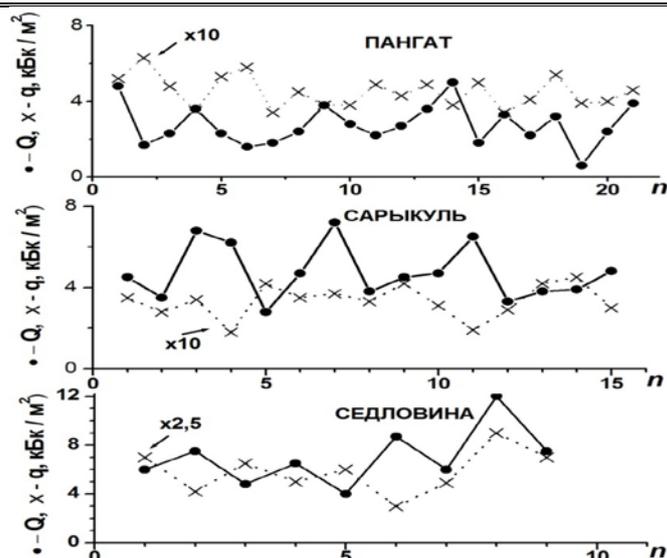


Рис.4. Запасы КРН ^7Be и ТРН ^{137}Cs на площадках местностей.

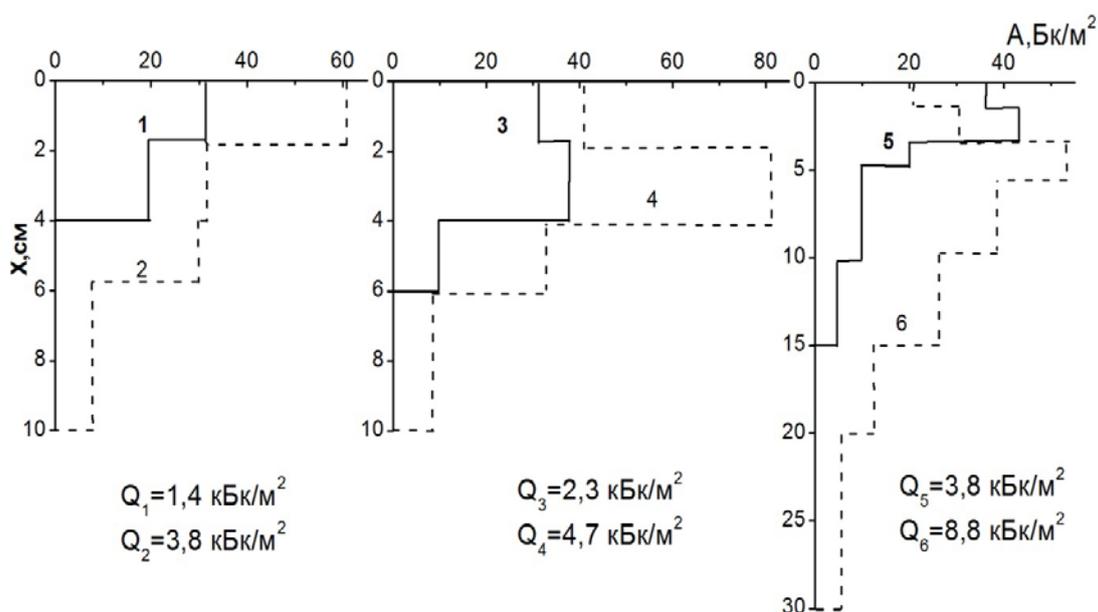


Рис.5. Вертикальные распределения активностей ТРН ^{137}Cs в слоях почвы площадок ПАНГАТА (1,2), САРЫКУЛА (3,4) И СЕДЛОВИНЫ (5,6) с минимальными и максимальными его запасами.

Здесь следует отметить, что предыдущие данные (2003 г. [5], 2009 г. [6], 2010 г. [7]) о запасах КРН ^7Be в почвах рассматриваемых местностей в весенних (апрель, май) и летних (июль, август.) сезонах, в отличие от данных 2018 года, находятся в прямой зависимости от среднегодовых выпадений мокрых осадков – \bar{V} , при чем в весенних сезонах она в несколько раз выше, чем в летних.

Установленные зависимости характеристик ТРН ^{137}Cs от местности и их флуктуации на отдельных площадках можно понять (см. [8]) учитывая следующее:

– основное количество ТРН ^{137}Cs выпало на поверхность Земли в 50-60 годы прошлого столетия, за прошедшие годы оно аккумулировалось и перераспределялось по поверхностям и глубинам почв и донных отложений, при этом, несмотря на то, что к настоящему времени значительная его часть ($\sim 3/4$) распалась, его активность в верхних слоях почв сопоставимы с активностью ПЕРН,

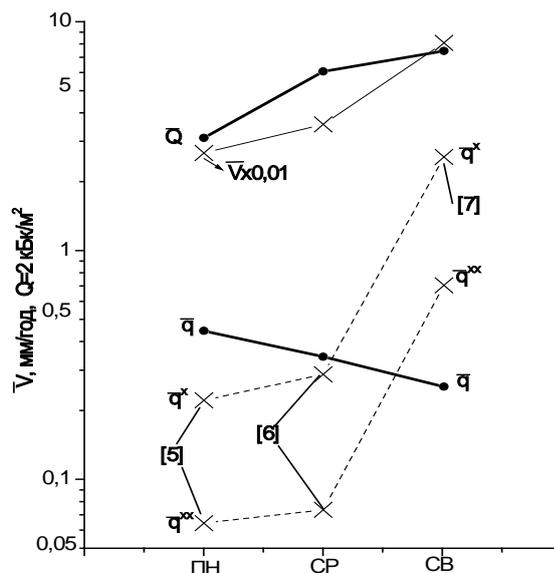


Рис.6. Среднегодовые значения мокрых осадков – \bar{V} , средние значения в запасах ТРН ^{137}Cs – \bar{Q} и КРН ^7Be – \bar{q} – в апреле 2018 г., \bar{q}^* – в весенних и \bar{q}^{**} – летних сезонам 2003-2010 гг. в почвах ПАНГАТА – ПН, САРЫКУЛЯ – СР, СЕДЛОВИНЫ – СВ

– его характеристики на площадках обусловлены: количеством поглощенных в них, в указанные годы, – дождевых и талых вод и, в меньшей степени, сухих выпадений а также последующими почвенными процессами (эрозия, седиментация), антропогенным влиянием, интенсивность которых определяется:

- географическими (широта, долгота, высота над уровнем моря) и климатическими (температура, количество осадков, ветровой режим и т.д.) характеристиками местности,
- физико-химическими характеристиками (тип) почв,
- рельефом местности, расположением на ней площадки, состоянием ее поверхности (растительный покров, плотность, нарушенность).

Выявленные зависимости запасов КРН ^7Be в почвах рассматриваемых местностей и сопоставление их с данными полученными в ранних исследованиях [5-7] можно связать со следующим:

– запасы КРН ^7Be в почвах площадок обусловлены такими же факторами как и ТРН – ^{137}Cs , но, в отличие от него, он постоянно выпадает и распадается с относительно коротким периодом $T_{1/2} = 54$ дня,

– концентрация КРН ^7Be в мокрых осадках много выше, чем в сухих, этот факт установлен в многочисленных исследованиях атмосферных выпадений ^7Be в мокрых и сухих сезонах, проводимых в различных регионах мира на протяжении нескольких последних десятилетий (см. [9]),

– в годы нормальных выпадений мокрых осадков (2003, 2009, 2010 гг.) весенние запасы КРН ^7Be в почвах коррелируют с соответствующими значениями ТРН ^{137}Cs и среднегодовых выпадений мокрых осадков, а летние обусловлены, в основном, расходом весенних запасов,

– в аномально засушливых годах в частности 2018 году, выпадения КРН ^7Be обусловлены сухими осадками, интенсивность которых в аридных зонах (ПАНГАТ, САРЫКУЛЬ) многократно возрастают, а во влажных (СЕДЛОВИНА) практически не изменяется.

Заключение

Таким образом проведенные исследования позволяют заключить:

- содержание ПЕРН в почвах местности, помимо ее типа, определяются радиоактивностью подстилающих горных пород,
- содержания и вертикальные распределения ТРН ^{137}Cs в почвах, помимо их типа и рельефа местности, зависят от среднегодовых значений выпадений мокрых осадков,

– запасы КРН ^{7}Be в почвах местности определяются количеством мокрых и, в меньшей степени, сухих выпадений, а в аномально засушливые годы последний фактор становится определяющим.

Литература

1. МУ 2.6.1.2397-08. Оценка доз облучения групп населения, подвергающихся повышенному облучению за счет природных источников ионизирующего излучения. Российская Федерация. – Москва, 2008.
2. Машрапов Р. Ораграфические характеристики и некоторые особенности рельефа Нуратинских гор. Изв. УзГО, вып. XI, ФАН, 1968, стр.18-19.
3. Джуракулов М.Д., Зуева О.В., Мамедов Э.Д., Трофимов Г.Н., Холматов Н.У. Полевая практика в горах Каратюбе. – Самарканд: СамГУ, 1992.
4. Azimov A.N., Hushmuradov Sh.Kh., Muminov I.T., Muminov T.M., Osmanov B.S., Safarov A.N., Safarov A.A. Gamma-spectrometric determination of natural radionuclides and ^{137}Cs concentrations in environmental samples. The improved scintillation technique. // Radiation measurements, v.43 (1) (2008), pp.66-71.
5. Inoyatov A.Kh., Muminov I.T., Mukhamedov A.K., Rashidova D.Sh., Osmanov B.S., Safarov A., Safarov A.N., Khushmurodov Sh.Kh. Radionuclides in the environment of Nuratau. // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2007, Vol.273, No.2, pp.497-506.
6. Азимов А.Н., Маматкулов О., Сафаров А.А., Халикулов З.А., Базарбаев Н.Н., Иноятлов А.Х., Муминов И.Т., Худайбердиев А.Т. Радионуклиды в лишайниках, растениях и почве отрогов Заравшанского хребта. // Атомная энергия, 2016, Т.120, вып.4, стр.232-234.
7. Tolib Muminov, Muhtor Nasyrov, R.Scott Van Pelt, Akmal A. Safarov, Amriddin V. Halikulov and Shaymon X. Hushmuradov. Radionuclides in soils along a mountain – Basin transect in the Koratepa Mountains of Uzbekistan. // Journal of Soil and Water Conservation. 2010 – vol. 65, No.5. pp.117-121.
8. Базарбаев Н.Н., Иноятлов А.Х., Муминов И.Т., Рашидова Д.Ш., Мухамедов А.К., Сафаров А.Н. Выпадение космогенного ^{7}Be в окрестностях Самарканда в 2002-2009 гг. // Атомная энергия, т.111, вып.4, 2011. С.228-231.
9. Павлоцкая Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. – М., Атомиздат, 1979.

УДК: 669.85/86.018.872

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ БИНАРНЫХ СИСТЕМ
Nd-In и Tb-In МЕТОДОМ ТЕРМОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА****Шакаров Х.О.***Samarqand davlat universiteti*E-mail: shakarov_x@samdu.uz.

Аннотация. Впервые методом термомангнитного анализа(ТМА) построены диаграммы состояния (ДС) бинарных систем Nd-In и Tb-In. Установлено, что результаты ТМА хорошо согласуются с данными других методов построения ДС-дифференциально термического и рентгенофазового анализов. На основе полученных экспериментальных результатов рекомендовано использование метода ТМА как независимый метод для построения ДС бинарных систем редкоземельный металл (РЗМ) – немагнитный металл (НМ) в области концентрации (50-100) ат.%НМ.

Ключевые слова: Диаграмма состояния, фазовое превращение, термомангнитный анализ, растворимость, магнитная восприимчивость, эвтектика.

Nd--In va Tb-In binar sistemalarining holat diagrammasini termomagnit tahlil usuli bilan tadqiq qilish

Annotatsiya. Termomagnit tahlil usuli (TTU) bilan Nd-In va Tb-In binary sistemalarining holat diagrammasi(HD) birinchi marta qurilgan. TTU natijalari HDni qurishning boshqa usullari – differensial termik va rentgenfazaviy tahlil usullari natijalari bilan mos kelishi aniqlangan. Olingan tajriba natijalariga tayanib kamyob yer metal(KYeM) – nomagnit metall (NM) binar sistemalarining HDsini qurishda (50-100) at.%NM konsentratsiyalar sohasi uchun TTUdan foydalanish mumkinligi haqida tavsiya berilgan.

Kalit so‘zlar: holat diagrammasi, fazaviy o‘tish, termomagnit tahlil, eruvchanlik, magnit qabulqiluvchanlik, evtektika.

The study of the phase diagram of binary systems Nd-In and Tb-In by the method of thermomagnetic analysis

Abstract. By using the method of thermomagnetic analysis (TA) the diagram of state of binary systems Nd-In and Tb-In have been constructed for the first time. The results of DS taken by MTA are in good agreement with the results of other methods of constructing the diagram of state, such as differential thermic analysis and X-ray analysis. Based on the received results the recommendation was given to use the MTA for constructing the diagram of state in the concentration range 50-100 at.% of nonmagnetic metal.

Keywords: diagram of state, phase transition, thermomagnetic analysis, solubility, magnetic susceptibility, eutectic.

I. Введение

Диаграмма состояния(ДС) (фазового равновесия) металлических систем являются надёжной информационной базой при выборе условий приготовления сплавов и синтеза интерметаллических соединений в этих системах и для исследования температурных зависимостей физических свойств в широком интервале температур, охватывающие твердое состояние, процесс плавления и жидкое состояние, а также для управления металлургическими процессами.

В настоящее время имеются различные экспериментальные методы построения диаграмм состояния металлических систем дифференциально термической анализ(ДТА), рентгенофазовый анализ(РФА), металлографический анализ(МГА), по данным растворимости компонентов друг в друге. Детальный обзор этих методов описан в монографии [1]. Кроме этих методов, при построении диаграмм фазового равновесия металлических систем, также используется метод исследования экспериментальных зависимостей структурно-

чувствительных физических свойств, в частности магнитная восприимчивость от температуры и от концентрации компонентов системы.

Известно [2], что магнитная восприимчивость РЗМ, и соединений на их основе обусловлено электронами недостроенных 4f- оболочек, локализованные в узлах их кристаллической решетки. Магнитная восприимчивость непосредственно отражает особенности заполнения и степень локализованности этих электронов в узлах кристаллической решетки, следовательно, является структурно-чувствительной характеристикой этих материалов, т.е. резко изменяется в процессе (магнитные, структурные и агрегатное) фазовых превращений.

Сущность метода, термомагнитного анализа(ТМА), заключается в следующем: измеряются температурные зависимости магнитной восприимчивости от температуры [$\chi(T)$] сплавов исследуемой системы. Строится зависимости $\chi^{-1}(T)$ и зависимости χ от концентрации компонентов системы. Фазовые переходы (превращения), происходящие в исследуемом сплаве изменяют ход его зависимости $\chi^{-1}(T)$ изломом или скачком. Определяются температуры, вызывающие этих изломов (или фазовых переходов). По анализу зависимости χ от концентрации компонентов системы обнаруживаются промежуточные фазы, например, интерметаллические соединения, образующихся в изучаемой системы. Если стехиометрический состав сплава соответствует составу интерметаллической соединению, тогда ход этой зависимости изменяется изломом, т.е. на этой зависимости появляются особые точки, называемые сингулярными точки.

В работе [3] была опубликована результаты исследовании диаграмма состояния систем Dy-In и Er-In методом ТМА. Данная работа является продолжением этого исследование, цель которого является построение диаграмма состояния систем Nd-In и Tb-In методом ТМА.

II. Результаты и их обсуждение

В работе [4] методами ДТА, РФА и по данным растворимости индия в жидкое РЗМ [5] была построена диаграмма состояния изучаемых систем. В работе [6] была измерена зависимости $\chi(T)$ этих систем методом Фарадея с помощью высокотемпературное маятниковое магнитного веса [1] в широком интервале высоких температур 20-1700°C, охватывающие твердое состояние, процесс плавления и жидкое состояние. Относительная ошибка измерения магнитной восприимчивости составляла не более 3%.

Диаграммы состояния бинарных систем Nd-In и Tb-In приведена на рис.1 и рис.3, соответственно. Из этих рисунков видно, что в этих системах образуются по пять интерметаллических соединений. Анализ рис.1 показывает, что соединения Nd_3In и Nd_2In образуются по перитектической реакции при 930°C и 1070°C, соответственно, а соединения $NdIn$, Nd_3In_5 и $NdIn_3$ плавятся конгруэнтно при температурах 1230°C, 1190°C, и 1220°, соответственно. Соединения $NdIn$ и Nd_3In_5 обнаружены впервые. Анализ диаграммы по кривым ликвидуса и солидуса показывает, что эвтектические реакции происходят при 880°C и 15 ат.%In, 1130°C и 55 ат.%In, 1150°C и 65ат.%In и вблизи 160°C и ≈ 100 ат.%In . Эвтектоидная реакция протекает при 740°C и 10 ат.%In в результате добавки индия, понижающего температуру полиморфного превращения диспрозия($\alpha-Nd \rightarrow \beta-Nd$, при 850 °C). Максимальная твердая растворимость индия в α - и β - диспрозия составляет 5 и 12 ат.%In, соответственно.

Из рис.3 видно, что соединение Tb_3In_3 образуется по перитектической реакции при 1190°C. Соединения Tb_2In , $TbIn$, Tb_3In_5 и $TbIn_3$ плавятся конгруэнтно при температурах 1180°C, 1260°C, 1140°C и 1140°C, соответственно. Соединение Tb_3In_5 найден впервые. В системе происходят эвтектические реакции при 1040°C и 20ат.%In, 1150°C и 36ат.%In, 1130°C и 55ат.%In, 1110°C и 65ат.%In и при 160° C и ≈ 100 ат.%In, а также эвтектоидная реакция при 970°C и 15ат.%In. Максимальная твердую растворимость индия в α - и β - тербия составляет 10 и 17ат.%In, соответственно.

Линия ликвидуса в индиевом угле диаграммы исследуемых систем построена по данным растворимости РЗМ в жидком индии [5].

На рис.2 и 4 приведены зависимости $\chi^{-1}(T)$ изучаемых систем. Анализ рис.2 показывает, что для Nd и его соединений с индием носят нелинейный характер зависимости $\chi^{-1}(T)$ и обнаруживают вогнутость, обращенную к оси температур, как для твердых, так и для жидких

состояний. Это свидетельствует о возможности использования для описания этих зависимости модифицированном законе Кюри-Вейсса $\chi = \chi_0 + C/(T - \theta_p)$, где C - постоянная Кюри-Вейсса, θ_p - парамагнитная температура Кюри, χ_0 - температурно - независимое слагаемое магнитной восприимчивости. Анализ рис.4 показывает, что все зависимости для системы Tb-In носят линейный характер, как для твердых, так и для жидких состояний. Это свидетельствует о возможности использования для описания экспериментальных зависимости $\chi(T)$ этих соединений законом Кюри-Вейсса $\chi=C/(T-\theta_p)$. Из рис.2 и 4 видно, что при плавлении (фазовом переходе твердое состояние - жидкое состояние) соединений со стехиометрическими формулами $P3MIn$, $P3M_3In_5$ и $P3MIn_3$ ($P3M=Nd,Tb$) на их зависимости $\chi^{-1}(T)$ наблюдается небольшой скачок.

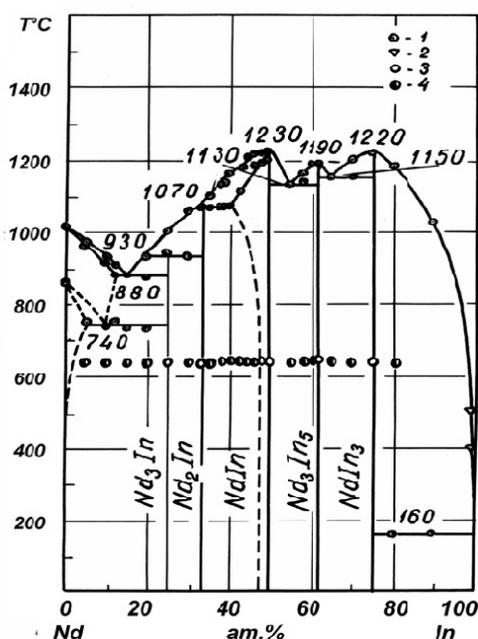


Рис.1 ДС системы Nd-In: 1-ДТА, 2-данные растворимости [5], 3-4-данные РФА (3 и 4-однофазный и двухфазный сплав).

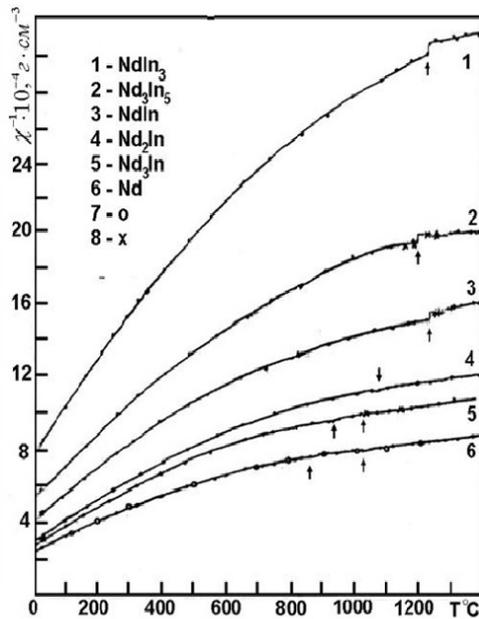


Рис.2 Зависимости $\chi^{-1}(T)$ интер-металлидов в системе Nd-In: 7- данные работы [7], 8- измеренно при охлаждении.

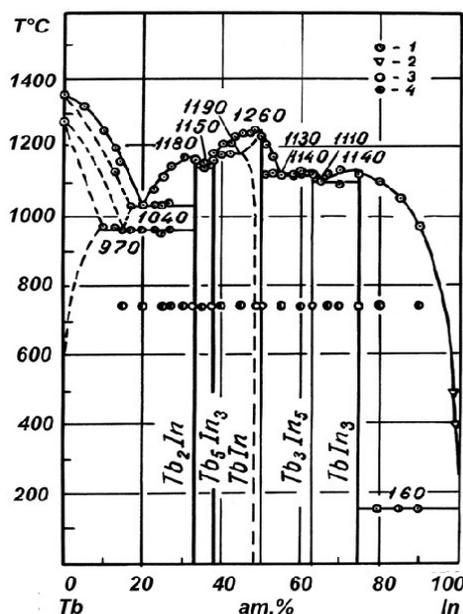


Рис.3 ДС системы Tb-In: 1-ДТА, 2-данные растворимости [5], 3-4- данные РФА (3 и 4 -однофазный и двухфазный сплав).

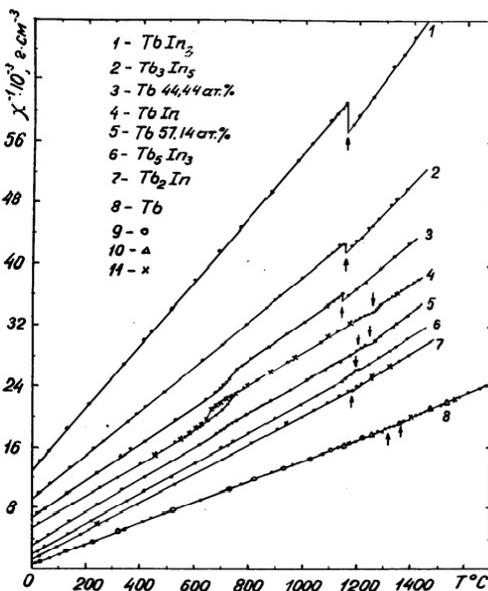


Рис.4 Зависимости $\chi^{-1}(T)$ интер-металлидов в системе Tb-In: 7- данные работ[8], 8- измеренно при охлаждении.

Зависимость $\chi^{-1}(T)$ чистого Nd, Tb и остальных соединений не претерпевает резких изменений при переходе из твердой фазы в жидкую, лишь наблюдается излом этой зависимости. Эти опытные факты свидетельствуют о том, что процесс плавления и немагнитный(диамагнитный) металл индий почти не влияет на квантовое состояние 4f-электронов, преимущественно обуславливающие парамагнетизм изучаемых образцов. В твердом состоянии изучаемых объектов эти электроны остаются локализованными в узлах их кристаллической решетки. Энергетическое состояние 4f-электронов, почти не изменяется, как в твердом, так и в жидком состоянии соединений, т.е. остается близко к основному энергетическому состоянию свободного иона РЗМ³⁺.

Анализ зависимости $\chi^{-1}(T)$ для соединения эквиатомного состава TbIn показывает, что на это зависимости в интервале температур 620-740°C наблюдается тепловой гистерезис (рис.4), несмотря на длительные(30-40минут) изотермические выдержки при измерениях χ . Это явление можно объяснить только с перестройкой кристаллической решетки этих соединений, т.е. со структурным(полиморфным) фазовым превращением. Это предположение согласуется с результатом работы [9], где обнаружено полиморфное превращение в этом соединении при 900°C из тетрагональной модификации к высокотемпературной кубической.

На рис.5 иллюстрирована концентрационные зависимости χ для твердых и жидких состояний изучаемых соединений. Там же приведена (наверху рисунка) высокотемпературная область диаграммы состояния изучаемых систем, построенное методом ТМА, где сплошная кривая показывает данные ДТА, а значки x-результаты ТМА. Из рис.5 видно, что данные ДТА и ТМА очень хорошо согласуются между собой. Анализ зависимости χ от стехиометрического соотношения индия в соединениях показывает, что с ростом концентрации индия наблюдается нелинейное убывание этих зависимостей, как в твердом, так в жидком состоянии. Но, на этих зависимостях наблюдаются изломы (сингулярные точки), когда состав сплава соответствует составу интерметаллических соединений. Магнитная восприимчивость механических сплавов, находящиеся между соединениями, уменьшается линейно с ростом концентрации индия.

Анализ рис.5 так же показывает, что для эквиатомного соединения TbIn данные ДТА и ТМА согласуются при 740°C, т.е. результаты ТМА (рис.4) подтверждает данные ДТА (рис.3) о полиморфном превращении в кристаллической решетке этого соединения в интервале температур 620-740°C.

Таким образом, результаты ТМА полностью согласуются с данными ДТА с точки зрения определения температур структурных и агрегатных фазовых переходов в системах (Nd,Tb)-In, вообще в бинарных системах РЗМ-НМ.

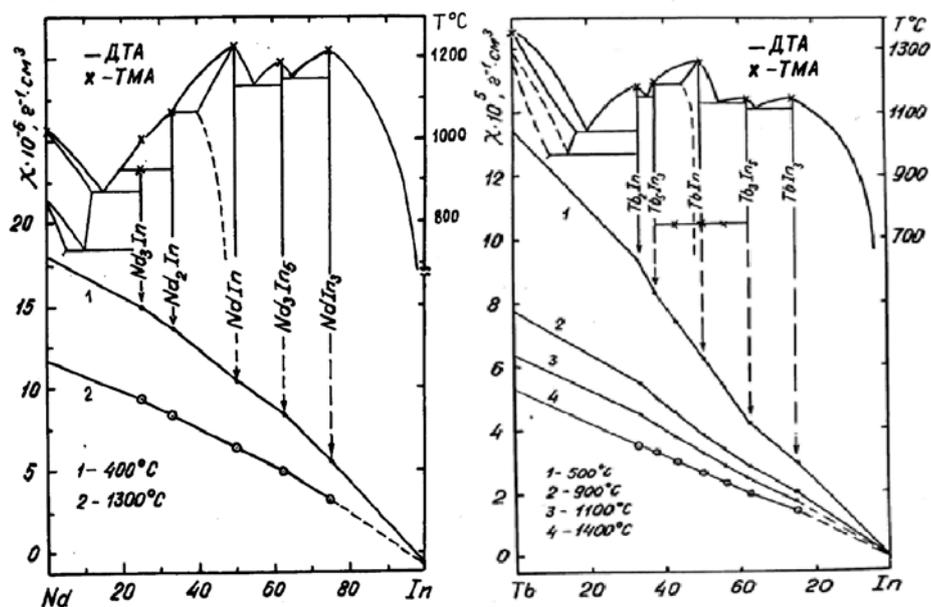


Рис.5 Высокотемпературная область ДС и концентрационные зависимости магнитной восприимчивости системы Nd-In твердых (кр.1) и жидких (кр.2) соединений и системы Tb-In твердых (кр.1,2,3) и жидких (кр.4) соединений.

III. Выводы:

1. Впервые сделана попытка построения диаграммы состояния бинарных систем Nd-In и Tb-In методом ТМА.

2. Установлено, что результаты ТМА коррелируют с результатами ДТА для изучаемых систем. На основании этого экспериментального факта можно рекомендовать метода ТМА как независимый метод для построения диаграммы фазового равновесия бинарных систем РЗМ-НМ в области концентрации (50-100) ат.%НМ.

Литература

1. Кувандиков О.К., Шакаров Х.О. Структурные и магнитные свойства соединений редкоземельных металлов с нормальными и переходными металлами при высоких температурах. –Т..«Fan va texnologiya», 2017.-308с.
2. Тейлор К., Дарбий М. Физика редкоземельных соединений. –М.: Мир, 1974.-374с.
3. Yatsenko S.P., Semyannikov A.A., Shakarov H.O., Fedorova E.G. Phase diagrams of binary rare earth metal-indium systems//J.Less-Common Metals.-1983.-v.90.-№1.-pp.95-108.
4. Диева Э.Н. Растворимость редкоземельных металлов в жидком индии. Сборник статей: Физико-химические исследования жидких металлов и сплавов.-Свердловск: РИСО.УНЦ, 1974.-с.98-104.
5. Шакаров Х.О. Построение диаграммы состояния бинарных систем РЗМ-немагнитный металл методом термомагнитного анализа // СамДУ илмий ахборотомаси.- 2018.- №3.-с. 68-73.
6. О.К. Кувандиков, Х.О. Шакаров, А. Абдурахмонов. Исследование магнитных свойства интерметаллидов в системе РЗМ- In в твёрдом и жидком состояниях. // Металлофизика и новейшие технологии. – 2013.- Т. 35.- №7.- с.879-888
7. Arajs S., Miller D.S. Magnetic Behavior of Polycrystalline neodymium, holmium and erbium from 300 to 1500⁰K//J.Appl.Phys..– 1960.–Vol.31.–N5.–pp.325S-326S.
8. Arajs S. and Colvin R.V. Paramagnetism of Polycrystalline Gadolinium, Terbium and Dysprosium Metals// J. Appl. Phys..– 1961.– Vol.32.– №3.– pp. 336S -337S.
9. Lethuillier P., Percheron-Gougan A.Crystallographyc and Magnetic Properties of the Compounds (Gd,Tb,Dy,Ho)In//J.Less-Common Metals.-1976.-Vol.46.-pp. 85-89.

УДК: 538.621

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ МАГНЕТИТА В ШИРОКОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ**Бабкин Е.В., Уринов Х.О., Жуманов Х.А., Хидиров А.М., Мирзокулов Х.Б., Уринов Ж.О.***Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезмий*E-mail: liverpool_2592@mail.ru

Аннотация. Исследования магнитосопротивления в магнетите показали, что поперечный и продольный эффекты имеют отрицательный знак и растут при понижении температуры. Поскольку эффект магнитосопротивления близок к изотропному, причину указанного явления следует искать в анализе процессов рассеяния носителей тока, не зависящих от ориентации магнитного поля.

Ключевые слова: магнитосопротивления, магнетит, магниторезистивных элемент, монокристаллические пленки, поперечный эффект, ориентации магнитного поля, плоскости пленки, относительная намагниченность.

Magnetitning keng harorat sohasidagi magnit qarshiligini o'rganish

Annotasiya. Magnetitdagi magnit qarshilik tadqiqotlari ko'ndalang va bo'ylama ta'sirlarning natijasida salbiy belgiga ega ekanligini va harorat pasayganda o'sib borishini ko'rsatdi. Magnit qarshilikning ta'siri izotropikaga yaqin bo'lgani uchun, ushbu hodisaning sababi magnit maydonning yo'nalishidan qat'i nazar, oqim ommaviy axborot vositalarining tarqalish jarayonlarini tahlil qilishda izlash kerak.

Kalitli so'zlar: magnit qarshilik, magnetit, magnit-rezistiv element, monokristal qoplama, ko'ndalang ta'sir, magnit maydon yo'nalishi, qoplama yuzalari, nisbiy magnitlanish.

Study of magnetoresistance of magnetite in a wide temperature range

Abstract. Studies of magnetoresistance in magnetite have shown that the transverse and longitudinal effects have a negative sign and grow with decreasing temperature. Since the effect of magnetoresistance is close to isotropic, the cause of this phenomenon should be sought in the analysis of the processes of scattering of current carriers that do not depend on the orientation of the magnetic field.

Keywords: magnetoresistance, magnetite, magnetoresistive element, a single crystal film, the transverse effect, the orientation of the magnetic field, the plane of the film, the relative magnetization.

В настоящее время эффекты магнитосопротивления уже получили широкое коммерческое применение. Наиболее часто эти эффекты используются для создания магниточувствительных элементов датчиков различного назначения. Так, уже более 10 лет магниточувствительные элементы на основе магниторезистивных наноструктур используются в считывающих головках в жестких дисках. Кроме того, широким фронтом идут разработки новых видов памяти, основанных на магниторезистивных элементах; совсем недавно начались продажи одного из них – так называемой магнитной оперативной памяти MRAM. По целому ряду показателей последняя превосходит существующие в настоящее время полупроводниковые аналоги.

Исследования гальваномагнитных свойств магнетоупорядоченных веществ дают важную информацию об их зонной структуре, взаимосвязи магнитных и электрических свойств. По сравнению с ферромагнитными металлами гальваномагнитным свойствам оксидов уделено значительно меньшее внимание, что, по-видимому, связано с их достаточно высоким электросопротивлением. Тем не менее, как это следует из обзора [1], магнетосопротивление магнетоупорядоченных оксидов проявляет особенности, не свойственные металлам.

Исследования магнетосопротивления в магнетите показали, что поперечный и продольный эффекты имеют отрицательный знак и растут при понижении температуры [2]. Измерения были выполнены на образцах естественного магнетита в температурной области

300-400 К в интервале магнитных полей до 15кОе. Эти результаты коррелируют с неопубликованными данными А.Н.Горяги и Л.А.Скипетровой [1]. Целью настоящей работы явилось исследование магнитосопротивления магнетита в более широкой температурной области.

Образцами для исследования были выбраны монокристаллические пленки магнетита толщиной 3-5 μm, осажденные методом химических транспортных реакций на подложки оксида магния. Технология получения и паспортизация образцов приведены в [3]. Измерения магнитосопротивления проведены в интервале магнитных полей до 17кОе. Образцы размером 10 × 6 mm были помещены в держатель с выводами для питающих и измерительных приборов. Установка позволяет производить измерения электрических и гальваномагнитных свойств в температурном интервале 77-500 К.

Измерения выполнены на серии образцов. На рисунке приведены типичные результаты для температур 77 и 350К. Как и в [2], характерной особенностью является уменьшение продольного и поперечного магнитосопротивлений в магнитном поле. Поперечный эффект измерен при ориентации магнитного поля в плоскости пленки.

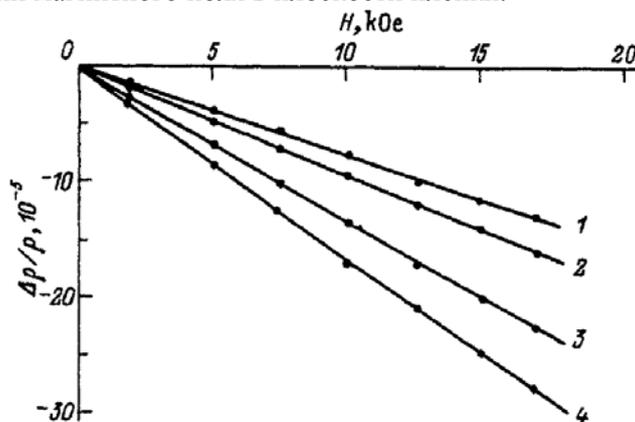


Рис. 1. Зависимость поперечного (1,3) и продольного (2,4) эффектов магнитосопротивления магнетита от напряженности магнитного поля при температурах 300 (1,2) и 77К (3,4).

Поскольку эффект магнитосопротивления близок к изотропному, причину указанного явления следует искать в анализе процессов рассеяния носителей тока, не зависящих от ориентации магнитного поля. Одним из механизмов этого явления может быть влияние магнитного порядка на процессы рассеяния. Следуя [4] (см., например, [5,6]), рассмотрим кристалл, в котором относительно широкая s-зона перекрывается с почти заполненной узкой d-зоной. Намагниченность при этом определяется как разность концентраций d-дырков с противоположными спинами за счет обменного расщепления подзон. Поскольку время релаксации рассеяния s-электрона на d-электроне обратно пропорционально плотности состояний, то соответственно без учета процессов переброса s-электроны с противоположными спинами будут вносить разный вклад в s-d-рассеяние и, следовательно, в проводимость. Конечное выражение для сопротивления имеет вид ,

$$P=c\left[\frac{1}{(1+z_0)^{1/3}+\alpha} + \frac{1}{(1-z_0)^{1/3}+\alpha}\right]^{-1}.$$

Здесь c — некоторая константа, α — отношение вероятностей s-s- и -s-d-рассеяния, z₀ — относительная намагниченность.

Эффект магнитосопротивления в этой модели можно рассматривать как дополнительное расщепление d-подзон во внешнем магнитном поле. Поскольку магнитное поле намного меньше обменного, то можно показать, что относительная намагниченность линейна по полю

$$Z= z_0 +\beta H. \tag{2}$$

Отсюда следует выражение для магнитосопротивления

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{A_1\varphi^2 - A_2\psi^2}{\varphi\psi(\varphi+\psi)}, \tag{3}$$

$$A_1=1/3\beta\frac{1}{(1+z_0)^{2/3}}; \quad A_2=1/3\beta\frac{1}{(1-z_0)^{2/3}}; \quad \varphi=(1-z_0)^{1/3}+\alpha, \quad \psi=(1+z_0)^{1/3}+\alpha.$$

Этим выражением объясняется уменьшение электросопротивления в магнитном поле, линейность эффекта, увеличение эффекта с понижением температуры и, естественно, его изотропия.

В заключение стоит отметить, что неограниченный рост магнитосопротивления вблизи абсолютного нуля не имеет физического смысла, так как должно существовать критическое магнитное поле, обеспечивающее полное заполнение одной из подзон и приводящее к насыщению эффекта. Напряженность этого поля зависит от степени обменного расщепления подзон или в конечном итоге от температуры.

Литература

1. Белов, К. П. Никитин С. А. //Магнитные свойства кристаллических и аморфных сред. Новосибирск : Наука, 1989. С. 19-42
2. Комник Ю.Ф. Физика металлических пленок(Размерные и структурные эффекты) Москва 1979 год. стр – 264 .
3. Babkin E.V., Koval K.P., Pynko V.G. Epitaxial Films of Iron Oxides Grown by the method of chemical Transport Reaction // Thin Solid Films (1984 year) p 217-221.
4. Уринов Х.О. Фазовый переход металл-диэлектрики явление памяти в пленках оксинитридаванадия. Вкн. Актуальные проблемы молекулярной спектроскопии конденсированных сред (IV Международная конференция Самарканд 22-24 сентября 2016 год.) стр 117-118.
5. Уринов Х.О., Салахтдинов А.Н., Мирзокулов Х.Б., Метод определения намагниченности тонких пленок из измерений вращающего момента. Новое в магнетизме и магнитных материалах (XXIII Международная конференция Москва 30 июня- 5 июля 2018) стр 593-595.
6. Уринов Х.О., Жуманов Х.А., Салахтдинов А.Н., Насимов Х.М., Мирзокулов Х.Б., Хидиров А.М. Основное состояние тонких магнитных пленок и фазовые диаграммы. Научный вестник 2019 год. стр 90-93.

УДК:539.16.04

**О РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ****Мухамедов А.К., Маматкулов О.Б., Сафаров А.А., Журакулов Ш., Муратов Р.Р.,
Шаронов И.А.***Самаркандский государственный университет*

Аннотация. Методом сцинтилляционной гамма спектрометрии на радиационную безопасность исследованы 304 пробы 16 видов строительных материалов, производимых в различных областях Узбекистана. Показано, что суммарная эффективная удельная активность радионуклидов радия Ra-226, тория Th-232 и калия K-40 в исследованных образцах не превышает нормативных значений.

Ключевые слова: Радионуклиды, стройматериалы, гамма спектры, активность, сцинтиллятор, калибровка, доза, сосуд Маринелли, гамма фон.

Mahalliy qurilish materiallarining radiatsion xavfsizligi haqida

Annotatsiya. Radiatsion xavfsizlik uchun ssintillyatsion gamma-spektrometriya yordamida O'zbekistonning turli mintaqalarida ishlab chiqarilgan 16 turdagi qurilish materiallarining 304 namunasi tekshirildi. O'rganilgan namunalarda Ra-226, Th-232 va K-40 radionuklidlarining umumiy aktivligi o'rnatilgan standart normative qiymatlardan oshmaganligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: radionuklidlar, qurilish materiallari, gamma-spektr, aktivlik, ssintilyator, kalibrovka, doza, Marinelli idishi, gamma-fon.

Radiation safety of local building materials

Abstract. Scintillation gamma spectrometry technique was utilized to study 304 samples of 16 types of building materials manufactured in different regions of Uzbekistan. It is shown, that radium equivalent activity in measured samples does not exceed regulated values.

Keywords: radionuclides, building materials, gamma spectrometry, activity, scintillator, calibration, dose, Marinelli beaker, gamma background.

В мировой практике, в том числе в Узбекистане, безопасность строящегося жилья регламентируется соответствующими строительными и санитарными правилами. Важнейшим аспектом безопасности жилья является его радиационная безопасность. Одним из факторов, определяющих радиационное качество жилой среды, относится гамма-излучение естественных радионуклидов, которые содержатся в строительных материалах конструкций зданий. Естественные (природные) радионуклиды присутствуют повсюду в окружающей среде и обуславливают до 85% дозы, получаемой населением. Современные люди проводят 80% времени в помещениях на работе и дома и поэтому данные о содержании радионуклидов в строительных материалах необходимы для определения радиационного воздействия на человека. Поэтому нормативными документами регламентируется радиационное качество строительных материалов - щебень, гравий, песок, бутовый и пилонный камень, цементное и кирпичное сырье и пр., добываемые на месторождениях или являющихся продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов. Показателем является содержание в них естественных (природных) радионуклидов радия Ra-226, тория Th-232 и калия K-40. Для оценки радиоактивности строительных материалов определяется эффективная удельная активность ($A_{эфф}$).

В Узбекистане безопасность строительных материалов регламентируется соответствующими национальными и международными межгосударственными стандартами [1,2]. При этом строительные материалы разделяются на 3 класса:

- 1) материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях ($A_{эфф}$ не более 370 Бк/кг);
- 2) материалы, используемые в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений ($A_{эфф}$ не более 740 Бк/кг);

3) материалы, используемые в дорожном строительстве вне населенных пунктов ($A_{эфф}$ не более 1500 Бк/кг).

Измерения радионуклидного состава проб строительных материалов и изделий из них проводились по методике ВНИИМ им. Менделеева (Россия) [3] выполнения измерений с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра NaI(Tl) детектором, утвержденной в Узбекистане. Калибровка спектрометров проводилась с помощью объемных активностей специального назначения с радионуклидами Ra-226, Th-232, K-40. Для измерения фона использовался, заполненный дистиллированной водой сосуд Маринелли соответствующей геометрии. Для подготовки счетных образцов использовались стандартные процедуры пробоподготовки, включающие в себя измельчение, просеивание и сушку образцов строительных материалов. Эффективная удельная активность образца $A_{эфф}$ вычислялась по формуле [3]

$$A_{эфф} = A(Ra) + 1,3 \times A(Th) + 0,09 \times A(K),$$

где $A(Ra)$, $A(Th)$ и $A(K)$ - удельные активности радионуклидов Ra-226, Th-232, K-40.

С целью выяснения соответствия строительных материалов нормативам [1, 2] в настоящей работе были проанализированы 304 пробы 16 основных видов строительных материалов и производимых из них изделий, отобранных в период с 2016 по 2018 годы в следующих регионах Республики Узбекистан - Андижанская, Джизакская, Кашкадарьинская, Навоийская, Самаркандская, Сурхандарьинская, Сырдарьинская, Ташкентская области и Каракалпакия (см. таблицу 1).

Таблица 1

Виды анализированных проб строительных материалов и изделий из регионов Узбекистана

№	Вид / наименование проб	Кол-во проб	Районы отбора проб
1	Алебастр	2	Андижанская область
2	Асфальт (асфальтобетонная смесь)	10	Андижанская, Самаркандская, Сурхандарьинская области
3	Бетонные изделия (блоки, плиты тротуарные)	30	Джизакская, Самаркандская, Сурхандарьинская области
4	Гипс	7	Андижанская, Самаркандская, Сурхандарьинская области
5	Кирпич, сырье кирпичное	100	Андижанская, Джизакская, Кашкадарьинская, Навоийская, Самаркандская, Сурхандарьинская, Сырдарьинская, Ташкентская области и Каракалпакия
6	Мел молотый из мрамора	6	Кашкадарьинская, Самаркандская, Ташкентская области
7	Минеральный порошок	3	Джизакская, Ташкентская области
8	Мрамор и изделия из него (камни, плитка, блоки)	8	Самаркандская область
9	Песок разный	42	Андижанская, Джизакская, Самаркандская, Сурхандарьинская, Ташкентская области
10	Песчано-гравийные смеси	15	Андижанская, Джизакская, Кашкадарьинская, Самаркандская, Сырдарьинская области и Каракалпакия
11	Плитка тротуарная	4	Андижанская, Ташкентская области
12	Смеси шпаклевочные строительные разные	5	Самаркандская область
13	Цемент	5	Андижанская, Навоийская, Самаркандская области
14	Шлакоблоки	3	Андижанская область
15	Щебень из гравия	60	Андижанская, Джизакская, Кашкадарьинская, Самаркандская, Сурхандарьинская, Ташкентская области и Каракалпакия

№	Вид / наименование проб	Кол-во проб	Районы отбора проб
16	Щебень из мрамора и горных пород	4	Джизакская, Самаркандская области

Результаты измерений сведены в таблицу 2, в которой приведены максимальные, минимальные и средние значения удельной эффективной активности анализированных проб строительных материалов и изделий. При этом максимальные и минимальные значения вычислялись следующим образом:

- определялась эффективная удельная активность каждой пробы из совокупности всех 304 проб;
- результаты измерений распределялись по соответствующим 16 группам (табл. 1, наименование проб);
- в каждой группе для каждой пробы находились максимальные и минимальные значения $A_{эфф}$, вычисляемые как " $A_{эфф} + \text{погрешность } A_{эфф}$ " и " $A_{эфф} - \text{погрешность } A_{эфф}$ ", соответственно;
- из массива этих значений выбирались наибольшие и наименьшие значения активности, которые и будут характеризовать диапазон возможных значений эффективной удельной активности для каждого вида материалов (по соответствующим 16 группам).

Таблица 2

Максимальные ($A_{эфф_max}$), минимальные ($A_{эфф_min}$) и средние ($A_{эфф_av}$) значения удельной эффективной активности проб строительных материалов и изделий

№	Вид / наименование проб	$A_{эфф_min}$ Бк/кг	$A_{эфф_max}$ Бк/кг	$A_{эфф_av}$ Бк/кг
1	Алебастр	10,6	34,7	22,7
2	Асфальт (асфальтобетонная смесь)	65,4	169,4	117,4
3	Бетонные изделия (блоки, плиты тротуарные)	58,9	143,0	101,0
4	Гипс	3,1	25,5	14,3
5	Кирпич, сырье кирпичное глинистое	54,6	251,4	153,0
6	Мел молотый из мрамора	4,8	22,0	13,4
7	Минеральный порошок	27,0	116,5	71,8
8	Мрамор и изделия из него (камни, плитка, блоки)	3,2	13,0	8,1
9	Песок разный	23,6	185,3	104,5
10	Песчано-гравийные смеси	35,8	125,0	80,4
11	Плитка тротуарная	39,6	157,1	98,4
12	Смеси шпаклевочные строительные разные	12,3	80,9	46,6
13	Цемент	44,8	84,6	64,7
14	Шлакоблоки	54,3	83,0	68,7
15	Щебень из гравия	17,2	180,7	99,0
16	Щебень из мрамора и горных пород	3,3	14,1	8,7

Для наглядности полученные результаты показаны также на гистограмме (рис. 1), что позволяет визуальную оценку безопасности строительных материалов и изделий.

Обозначение видов проб на этой гистограмме дано в сокращенном виде (код). Расшифровка кодов показана в нижеследующей табл. 3.

Результаты проведенных испытаний показали, что максимальные значения удельной эффективной активности исследованных строительных материалов и изделий меньше уровня 370 Бк/кг (1 класс строительных материалов), поэтому они могут быть безопасно использованы в качестве материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях.

При этом следует отметить возможную высокую радиоактивность кирпича, песка, гравия, в связи с чем необходим тщательный радиационный контроль таких материалов в масштабе всего Узбекистана для правильного распределения такой продукции по классам строительных материалов и локализации мест/районов с высоким содержанием естественных

радионуклидов уранового и ториевого рядов, а также калия К-40.

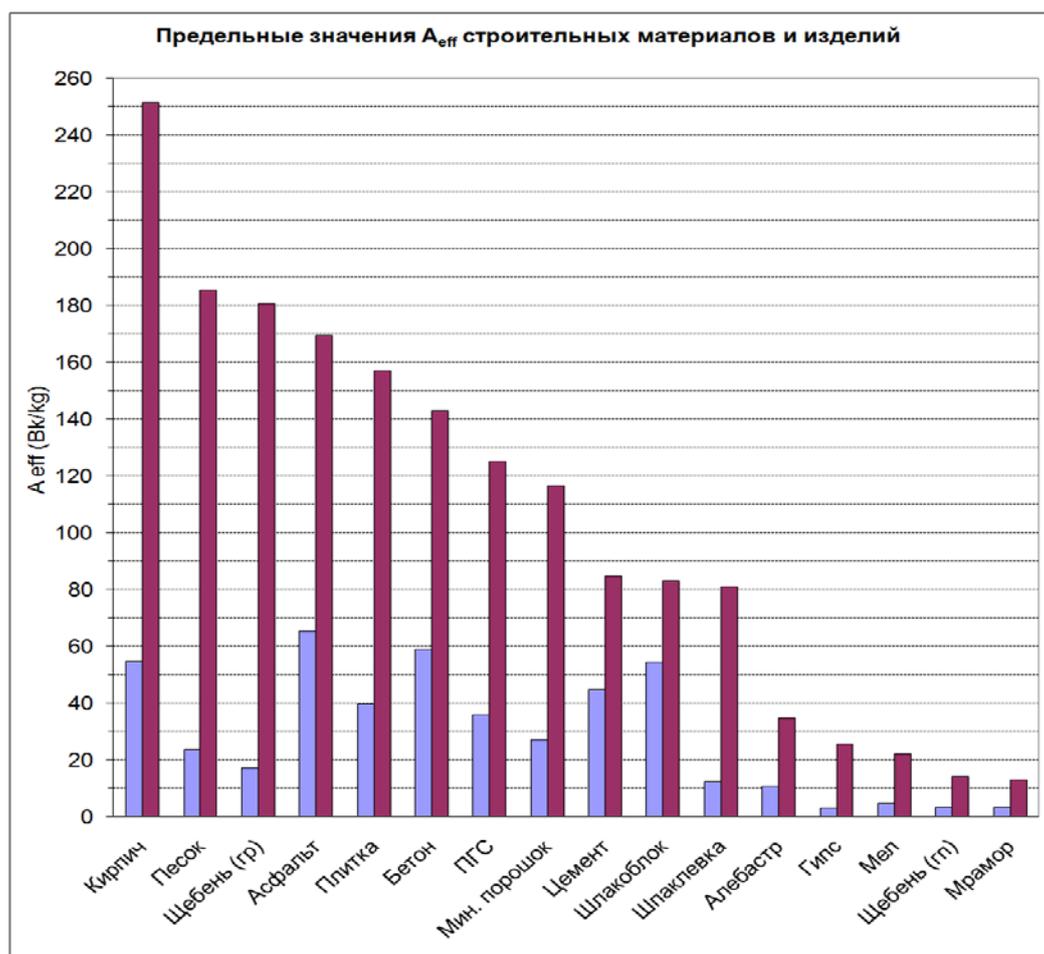


Рис. 1 – Максимальные и минимальные значения удельной эффективной активности анализируемых проб строительных материалов и изделий

Таблица 3

Расшифровка сокращенных наименований (кодов) проб

№	Код	Проба
1	Алебастр	Алебастр
2	Асфальт	Асфальт (асфальтобетонная смесь)
3	Бетон	Бетонные изделия (блоки, плиты тротуарные)
4	Гипс	Гипс
5	Кирпич	Кирпич, сырье кирпичное
6	Мел	Мел молотый из мрамора
7	Мин. порошок	Минеральный порошок
8	Мрамор	Мрамор и изделия из него (камни, плитка, блоки)
9	ПГС	Песчано-гравийные смеси
10	Песок	Песок разный
11	Плитка	Плитка тротуарная
12	Цемент	Цемент
13	Шлакоблок	Шлакоблоки
14	Шпаклевка	Смеси шпаклевочные строительные разные
15	Щебень (гр)	Щебень из мрамора и горных пород
16	Щебень (гр)	Щебень из гравия

Литература

1. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы Республики Узбекистан, СанПиН № 0193 06 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006)". Республика Узбекистан, Ташкент. 2006 г.
2. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. ГОСТ 30108-94, Москва, 1994 г.
3. Методика выполнения измерений удельной активности радионуклидов радия-226, тория-232, калия-40, цезия-137, стронция-90 в пробах продукции промышленных предприятий, предприятий сельского хозяйства и объектов окружающей среды. МВИ № 805/05 Аналитический комплекс "РАДЭК". Санкт-Петербург, 2005 г. (Методика выполнения измерений O'z O'U 0539:2011 (126/210-(01.00250-2008)-2011)).

MUALLIFLAR DIQQATIGA!

Hurmatli mualliflar, maqola muallif tomonidan qog'ozda chop etilgan va elektronshaklida taqdim qilinishi shart. **Maqolada quyidagi bandlar:**UDK, ishning nomi (o'zbek, rus va ingliz tillarida), maqola hammualliflarining ro'yxati (to'liq familiya, ismi, otasining ismi –o'zbek, rus va ingliz tillarida), muallif haqida ma'lumotlar: ish joyi, lavozimi, pochta va elektron pochta manzili; maqola annotatsiyasi (300 belgigacha, o'zbek, rus va ingliz tillarida), kalit so'zlar (5-7, o'zbek, rus va ingliz tillarida) bo'lishi lozim.

MAQOLALARGA QO'YILADIGAN TALABLAR!

Maqolalarning nashr etilishi uchun shartlar nashr etilishi mo'ljallangan maqolalar dolzarb mavzuga bag'ishlangan, ilmiy yangilikka ega, muammoning qo'yilishi, muallif tomonidan olingan asosiy ilmiy natijalar, xulosalar kabi bandlardan iborat bo'lishi lozim; ilmiy maqolaning mavzusi informativ bo'lib, mumkin qadar qisqa so'zlar bilan ifodalangan bo'lishi kerak va unda umumiy qabul qilingan qisqartirishlardan foydalanish mumkin; "Ilmiy axborotnoma" jurnali mustaqil (ichki) taqrizlashni amalga oshiradi.

**MAQOLALARNI YOZISH VA RASMIYLASHTIRISHDA
QUYIDAGI QOIDALARGA RIOYA QILISH LOZIM:**

Maqolalarning tarkibiy qismlariga: kirish (qisqacha), tadqiqot maqsadi, tadqiqotning usuli va obyekti, tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi, xulosalar yoki xotima, bibliografik ro'yxat. Maqola kompyuterda Microsoft Office Word dasturida yagona fayl ko'rinishida terilgan bo'lishi zarur. Maqolaning hajmi jadvallar, sxemalar, rasmlar va adabiyotlar ro'yxati bilan birgalikda doktorantlar uchun 0,25 b.t. dan kam bo'lmasligi kerak. Sahifaning yuqori va pastki tomonidan, chap va o'ng tomonlaridan - 2,5 sm; orientatsiyasi - kitob shaklida. Shrift - Times New Roman, o'lchami - 11 kegl, qatorlar orasi intervali - 1,0; bo'g'in ko'chirish - avtomatik. Grafiklar va diagrammalar qurishda Microsoft Office Excel dasturidan foydalanish lozim. Matndagi bibliografik havolalar (ssilka) kvadrat qavsda ro'yxatda keltirilgan tartibda qayd qilish lozim. Maqolada foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati keltirilishi lozim. Bibliografik ro'yxat alfavit tartibida - GOST R 7.0.5 2008 talablariga mos tuziladi.

- Ikki oyda bir marta chiqadi.
- "Samarqand davlat universiteti ilmiy axborotnomasi" dan ko'chirib bosish faqat tahririyatning yozma roziligi bilan amalga oshiriladi.
- Mualliflar maqolalardagi fakt va raqamlarning haqqoniyligiga shaxsan mas'ul.

MAQOLAGA QUYIDAGILAR ILOVA QILINADI:

- Yo'llanma xati;
- Ekspert xulosasi.

E- mail:axborotnoma@samdu.uz

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTNOMASI

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

SCIENTIFIC REPORTS

Mas'ul kotib
Musahhih
Texnik muharrir

X.Sh. Tashpulatov
M.M. Ro'ziboyev
S. D. Aronbayev

Muharrirlar:

E. U. Arziqulov	- f.-m.f.n., dotsent
O. R. Raxmatullayev	- geogr.f.n., dotsent
B. S. G'oyibov	- t.f.n., dotsent
I.Sulaymonov	- f.f.n., dotsent
A.I.Inatov	

Mas'ul muharrirlar:

D. M. Aronbayev	- k.f.n., dotsent
A. Sh. Yarmuxamedov	- f.-m.f.n.
R.Toshquvatova	- fals.f.n., dotsent

Muassis: Samarqand davlat universiteti
Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15.
Telefon: (0 366) 239-14-07, Faks: (0 366) 239-13-87
e-mail: axborotnoma@samdu.uz

SamDU «Ilmiy axborotnoma» jurnali tahririyati kompyuterida terildi.
Bosishga 23.07.2019 yilda ruxsat etildi. Qog'ozo'lchami A-4. Nashriyot hisobtabog'i 10,00.
Buyurtma raqami 206. Adadi 500 nusxa.

Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15.
SamDU bosmaxonasida chop etildi.