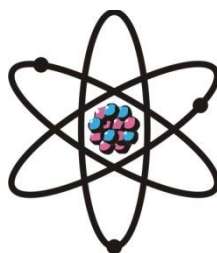


ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал основан
в январе 1952 г.



№ 3 (148)
2012 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

М.И.Илолов – главный редактор, академик, доктор физико-математических наук, профессор; **С.О.Одинаев** – зам.главного редактора, академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Н.Г.Сапожников** – ответственный секретарь; **Х.М.Ахмедов** – академик, доктор химических наук; **П.Б.Бабаджанов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **И.Н.Ганиев** – академик, доктор химических наук, профессор; **Р.М.Марупов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **У.М.Мирсаидов** – академик, доктор химических наук, профессор; **Х.Х.Муминов** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **С.Х.Негматуллаев** – академик, доктор технических наук; **Н.Р.Раджабов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **З.Х.Рахмонов** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **З.Д.Усманов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **А.Р.Файзиев** – член-корреспондент, доктор геолого-минералогических наук, профессор; **Д.Х.Халиков** – академик, доктор химических наук, профессор.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Н.Раджабов. К теории одного класса нелинейного интегрального уравнения типа И.Н.Векуа с фиксированными сингулярными ядрами	7
С.А.Исхоков, А.Г.Каримов. О разрешимости вариационной задачи Дирихле для вырождающегося квазилинейного эллиптического уравнения в предельно-цилиндрической области.....	21
Г.Джангибеков, М.Ч.Чоршанбиева. О нётеровости и индексе одного класса двумерных сингулярных интегральных операторов с разными чётными характеристиками.....	29

ИНФОРМАТИКА

- С.Т.Наврузов, З.Б.Шомуродов.** Математическая модель функционирования водохозяйственного комплекса в речном бассейне 42
- Г.М.Довудов.** Статистика частей речи таджикского языка 54

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

- С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Н.А.Абдурасулова, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев.** Вариации содержания CO₂ в приземном слое воздуха в аридной и высокогорной зоне Таджикистана 57

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А.Т.Джумаев, Г.А.Ташбаев, О.Тухтасунов.** Сульфиды и сульфоны 1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида 64

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Е.Н.Аликина, М.И.Дёгтев, А.А.Аминджанов.** Экстракция ионов Co, Zn, Cd и Hg из тиоцианатных растворов расплавами смесей диантипирилалканов и бензойной кислоты 69

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Б.Д.Бобоев, Н.Хакимов, Х.М.Назаров, И.У.Мирсаидов, А.М.Баротов, Ф.Дж.Саломов.** Состояние урана в хвостохранилищах №1-2 г. Истиклол при присутствии гематита 79
- А.Х.Хакимов, И.Н.Ганиев, И.Т.Амонов, А.Э.Бердиев.** Влияния церия на кинетику окисления твердого сплава Al+2.18% Fe 87
- З.Р.Обидов, С.Д.Алиханова, И.Н.Ганиев.** Кинетика окисления сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных неодимом 92

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

- Азим Иброхим, М.М.Мамадвафоев, А.А.Бригинский.** Месторождение Истошон: геолого-геохимические особенности и перспективы золотоносности (Центральный Таджикистан) 98

ТЕХНИКА

- Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов, М.Али, З.Кабутов, Ф.Ахмедов.** Мониторинг параметров фотоэлектрической установки 106

ЭНЕРГЕТИКА

- Ш.Ш.Шоёкубов, М.Нарзиев, И.Т.Ходжахонов, Ш.Шоёкубов, Ф.М.Мирзоев.** Эффективность свободнопоточной микроэнергетики в реках Таджикистана 112

- ХРОНИКА** 120

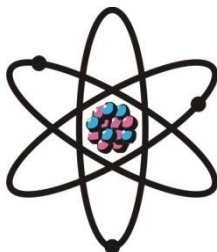
ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

- Академику Зафару Джураевичу Усманову – 75 лет** 127

- НОВЫЕ КНИГИ** 130

ШҮЪБАИ
ИЛМҲОИ ФИЗИКАЮ МАТЕМАТИКА,
ХИМИЯ, ГЕОЛОГИЯ ВА ТЕХНИКА

Мачалла аз мохи
январ соли 1952
нашр мешавад



№ 3 (148)
с. 2012

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

М.И.Илолов – сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **С.О.Одинаев** – муовини сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Н.Г.Сапожников** – котиби масъул; **Ҳ.М.Аҳмедов** – академик, доктори илми химия; **Р.Б.Бобочонов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **И.Н.Ғаниев** – академик, доктори илми химия, профессор; **Р.М.Маърупов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Ҷ.М.Мирсаидов** – академик, доктори илми химия, профессор; **Ҳ.Ҳ.Муминов** – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **С.Х.Неъматуллоев** – академик, доктори илмҳои техника; **З.Х.Раҳмонов** – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Н.Р.Рачабов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **З.Ҷ.Усмонов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **А.Р.Ғайзиев** – узви вобаста, доктори илмҳои геология ва минералогия, профессор; **Ҷ.Х.Холиқов** – академик, доктори илми химия, профессор.

МУНДАРИҶА

МАТЕМАТИКА

- Н.Рачабов.** Дар бораи назарияи як синфи муодилаҳои интегралӣ ғайри хатӣ намуди И.Н.Векуа бо ядроҳои кайдкардашудаи махсус.....7
- С.А.Исҳоқов, А.Г.Каримов.** Оиди ҳалшавандагии масъалаи вариатсионӣ дирихле барои муодилаи квазихатӣ эллиптикӣ таназзулбанда дар соҳаи ҳудудан цилиндрӣ.....21
- Г.Джангибеков, М.Ч.Чоршанбиева.** Оиди нётеровӣ будан ва индекси як синфи операторҳои интегралӣ сингулярӣ дученака бо характеристикаҳои гуногуни чуфти.....29

ИНФОРМАТИКА

- С.Т.Наврузов, З.Б.Шомуродов.** Модели математикии ғайрихатӣ комплекси хоҷагии об дар ҳавзаи дарё.....42
- Г.М.Довудов.** Омори ҳиссаҳои нутқи забони тоҷикӣ.....54

ФИЗИКАИ АТМОСФЕРӢ

С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Н.А.Абдурасулова, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев.

Тағйирёбии консентрасияи CO₂ дар муҳити хушк ва баландкуҳи Тоҷикистон..... 57

ХИМИЯИ ОРГАНИКӢ

А.Т.Чумаев, Ғ.А.Ташбаев, О.Тухтасунов. Ҳосилаҳои аминҳо 1,3-

дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид 64

ХИМИЯИ АНАЛИТИКӢ

Е.Н.Аликина, М.И.Дёгтев, А.О.Аминҷонов. Экстракцияи ионоҳои Co, Zn, Cd ва

Hg аз маҳлулҳои тиосуанатӣ бо омехтаи ғудохтаҳои диантипирилалканҳо ва

тезоби бензоат 69

ХИМИЯИ ФИЗИКАВӢ

Б.Д.Бобоев, Н.Ҳакимов, Х.М.Назаров, И.Ӯ.Мирсаидов, А.М.Баротов,

Ф.Ҷ.Саломов. Ҳолати уран дар партовгоҳҳои №1-2 ш.Истиклол бо иштироки

гематит 79

А.Ҳ.Ҳакимов, И.Н.Ғаниев, И.Т.Амонов, А.Э.Бердиев. Таъсири серий ба

кинетикаи оксидшавии хӯлаи саҳти Al+2.18% Fe 87

З.Р.Обидов, С.Д.Алиханова, И.Н.Ғаниев. Кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al

ва Zn55Al, ки бо неодим чавҳаронида шудаанд 92

МАЪДАНҲОИ ФОИДАНОК

Азим Иброҳим, М.М.Мамадвафоев, А.А.Бригинский. Кони Истошон:

хусусиятҳои геологӣ – геохимиявӣ ва оянданокии тиллонокии он..... 98

ТЕХНИКА

Ҳ.С.Каримов, Ҳ.М.Ахмедов, М.Алӣ, З.Кабутов, Ф.Ахмедов. Мониторинги

нишондиҳандаҳои дастгоҳи фотоэлектрикӣ..... 106

ЭНЕРГЕТИКА

Ш.Ш.Шоёқубов, М.Нарзиев, И. Т.Хочахонов, Ш.Шоёқубов, Ф.М.Мирзоев.

Самаранокии микроэнергетикаи чараёнҳои табиӣ дарёҳои Тоҷикистон..... 112

ХРОНИКА..... 120

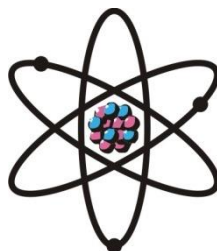
ЧАШНИ ОЛИМОН

Академик З.Д.Усманов - 75 сол..... 127

КИТОБҲОИ НАВ..... 130

**DEPARTMENT OF
PHYSICAL, MATHEMATICAL, CHEMICAL,
GEOLOGICAL AND TECHNICAL SCIENCES**

The journal was established
in January 1952



№ 3 (148)
2012

EDITORIAL BOARD

Prof. **Mamadsho Ilolov**, Doctor of Physical and Mathematical, Editor-in-Chief; Prof. **Saidmukhammad Odinaev**, Doctor of Physical and Mathematical, Deputy Editor-in-Chief; **Nikolay Sapozhnikov**, Secretary; **Khakim Akhmedov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Pulat Babadzhanov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Abdulkhak Faysiev**, Doctor of Geology and Mineralogy; Prof. **Izatullo Ganiev**, Doctor of Chemistry; Prof. **Dzhuraboy Khalikov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Rakhim Marupov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Ulmas Mirsaidov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Khikmat Muminov**, Doctor of Physical and Mathematical; **Sabit Negmatullaev**, Doctor of Engineering; Prof. **Nusrat Rajabov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Zarullo Rakhmonov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Zafar Usmanov**, Doctor of Physical and Mathematical.

CONTENTS

MATHEMATICS

- N.Rajabov**. To theory one class of non linear I.N.Vekua integral equation with fixed singular kernels..... 7
- S.A.Iskhokov, A.G.Karimov**. On solvability of the variational Dirichlet problem for a quasi-linear degenerate elliptic equation in a limit-tube domain 21
- G.Jangibekov, M.Ch.Chorshanbieva**. On the noether and the index of a class of two-dimensional singular integral operators 29

INFORMATICS

- S.T.Navruzov, Z.B.Shomurodov**. A mathematical model of operating the water economic sysytem in the river basin 42
- G.M.Dovudov**. Statistic of parts of speech in tajik language..... 54

ATMOSPHERE PHYSICS

S.F.Abdullaev, V.A.Maslov, N.A.Abdurasulova, B.I.Nazarov, U.Madvaliev. Daily changes of the concentration of carbon dioxide in the atmosphere arid and high mountain zone of Tajikistan **57**

ORGANIC CHEMISTRY

A.T.Jumaev, G.A.Tashbaev, O.Tuhtasunov. Sulfide and sulfone 1,3-dihydrobenzo [c] tiofen2,2-dioksida **64**

ANALITICAL CHEMISTRY

E.N.Alikina, M.I.Degtev, A.A.Amindzhanov. Extraction of Co, Zn, Cd and Hg ions by the molten mixtures of diantipyrylmethane and benzoic acid from thiocyanate solutions **69**

PHYSICAL CHEMISTRY

B.D.Boboev, N.Khakimov, Kh.M.Nazarov, I.U.Mirsaidov, A.M.Barotov, F.J.Salomov. Uranium condition in tailings №1-2 of Istiklol at presence of hematite **79**

A.H.Hakimov, I.N.Ganiev, I.T.Amonov, A.E.Berdiev. The influences cerium on kinetics of the oxidation of the hard alloy Al+2.18%Fe **87**

Z.R.Obidov, S.J.Alikhonova, I.N.Ganiev. Kinetic oxidation of Zn5Al and Zn55Al alloys, doped with neodymium **92**

MINERAL RESOURCES

Azim Ibrokhim, M.M.Mamadvafoev, A.A.Briginskiy. The deposit of Istoshon: geological and geochemical features and perspectives of gold mineralisation (Central Tajikistan) **98**

TECHNICS

Kh.S.Karimov, Kh.M.Akhmedov, M.Ali, Z.Kabutov, F.Akhmedov. Monitoring of photo-electric module's parameters **106**

ENERGETICS

Sh.Sh.Shoyoqubov, M.Narziev, I. T.Khojakhonov, Sh.Shoyoqubov, F.M.Mirzoev. Effectivity of free-flow microenergetics in rivers of Tajikistan **112**

CHRONICLE **120**

JUBILEE OF SCIENTIST

Academician Z.D.Usmanov - 75 years **127**

NEW BOOKS **130**

УДК 517.968.220

Н.РАДЖАБОВ

К ТЕОРИИ ОДНОГО КЛАССА НЕЛИНЕЙНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО
УРАВНЕНИЯ ТИПА И.Н.ВЕКУА С ФИКСИРОВАННЫМИ
СИНГУЛЯРНЫМИ ЯДРАМИ

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 11.07.2012 г.

В работе для одного нового класса двумерного комплексного интегрального уравнения в зависимости от знака параметров и корней соответствующего характеристического уравнения найдены явные представления многообразия решений.

Ключевые слова: двумерное интегральное уравнение – фиксированные сингулярные ядра – явное решение – свойство решений.

Пусть $D = \{|z| < R\}$ и $\Gamma = \{|z| = R\}$. В области D рассмотрим нелинейное комплексное интегральное уравнение следующего вида

$$\varphi(z) + \frac{1}{2\pi} \iint_D \left[p + q \ln \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right) \right] \frac{\exp(i\psi) \overline{\varphi(t)}}{(R-\rho)(t-z)} d\theta d\mu = f(z), \quad (1)$$

где p, q - заданные вещественные числа, $\psi = \arg t$, $t = \theta + i\mu$, $z = x + iy$, $r^2 = x^2 + y^2$, $\rho^2 = \theta^2 + \mu^2$, $f(z)$ – заданная функция, $\varphi(z)$ – искомая функция.

Решение уравнения (1) будем искать в классе функций $\varphi(z) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ и имеющих следующее асимптотическое поведение

$$\varphi(z) = o[(R-r)^\varepsilon], \quad \varepsilon > 0 \text{ при } r \rightarrow R.$$

Уравнение (1) при $q = 0$ были изучены в [1]. Проблеме исследования интегральных уравнений типов (1) при $q = 0$ с граничными и внутренними сингулярными и сверхсингулярными линиями и их приложениям посвящены работы [1-4], [6,7].

В случае, когда $p > 0$, $q < 0$, имеет место следующие утверждения:

Адрес для корреспонденции: Раджабов Нусрат. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: nusrat38@mail.ru

Теорема 1. Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0$, $q < 0$, $p^2 > 4|q|$, $f(z) = f(r) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k (R-r)^{k+\gamma}$, где f_k - известные постоянные, $\gamma = \text{const} > 0$. Тогда любое решение уравнения (1) из класса $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающегося в нуль на Γ , представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_1} C_1 + (R-r)^{\lambda_2} C_2 + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(k+\gamma)^2 \left\{ (k+\gamma)^2 f_k - [(k+\gamma)p-q] \overline{f_k} \right\}}{(k+\gamma)^4 - [(k+\gamma)p-q]^2} (R-r)^{k+\gamma} \quad (2)$$

где $\lambda_1 = \frac{p+\sqrt{\Delta}}{2}$, $\lambda_2 = \frac{p-\sqrt{\Delta}}{2}$, $\Delta = p^2 - 4|q|$, C_1, C_2 - произвольные вещественные постоянные.

Теорема 2. Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0$, $q < 0$, $p^2 > 4|q|$, $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0$, $t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением $f(z) = o[(R-r)^{\delta_1}]$, $\delta_1 > \lambda_1$ при $r \rightarrow R$.

Тогда любое решение уравнения (1) из класса функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ , представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_1} C_1 + (R-r)^{\lambda_2} C_2 + f(z) - \frac{1}{4(\lambda_2 - \lambda_1)\pi} \iint_D \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_1} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_1} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_2} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_2} \right\} f(\rho) + \right. \\ \left. + \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_1} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_1} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_2} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_2} \right\} \overline{f(\rho)} \right] \right] \times \\ \times \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \quad (3)$$

где C_1, C_2 - произвольные постоянные.

Замечание 1. Утверждения, подобные теореме 1, получены и в случаях: 1) $p < 0, q > 0, \Delta > 0$; 2) $p < 0, q < 0, \Delta > 0$; 3) $p > 0, q > 0, \Delta > 0$; 4) $p > 0, \Delta = 0$; 5) $p < 0, \Delta = 0$; 6) $p > 0, q < 0, \Delta < 0$; 7) $p < 0, q < 0, \Delta < 0$.

Следствие 1. Если выполнены все условия теоремы 1 или 2, тогда решения видов (2) и (3) обращаются в нуль на Γ и их поведение определяется соответственно из следующих асимптотических формул

$$\varphi(z) = o[(R-r)^{\lambda_2}], \gamma > \lambda_2 \text{ при } r \rightarrow R,$$

когда выполнены все условия теоремы 1;

$$\varphi(z) = o[(R-r)^{\lambda_2}], \text{ при } r \rightarrow R,$$

когда выполнены все условия теоремы 2 .

В случае, когда $p < 0, q > 0, \Delta > 0$, имеет место следующее утверждение:

Теорема 3. Пусть в интегральном уравнении (1) $p < 0, q > 0, p^2 > 4q, f(z) = f(r) \in C(\overline{D}), f(t) = 0, t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o[(R-r)^{\delta_2}], \delta_2 > |\lambda_2| = \frac{|p| + \sqrt{p^2 + 4q}}{2} \text{ при } r \rightarrow R.$$

Тогда любое решение уравнения (1) из класса функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающиеся в нуль на Γ , представимо в виде

$$\begin{aligned} \varphi(z) = \varphi(r) = & (R-r)^{\lambda_1} C_1 + (R-r)^{|\lambda_2|} C_2 + f(z) - \frac{1}{4(\lambda_2 - \lambda_1)\pi} \cdot \\ & \iint_D \left\{ \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_1} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_1} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_2|} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_2|} \right\} \right] f(\rho) + \right. \\ & \left. + \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_1} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_1} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_2|} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_2|} \right\} \overline{f(\rho)} \right] \right\} \times \\ & \times \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \end{aligned} \quad (4)$$

где C_1, C_2 – произвольные постоянные, $\lambda_1 = \frac{-|p| + \sqrt{p^2 + 4q}}{2}$.

В случае, когда $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, имеет место следующее утверждение:

Теорема 4. Пусть в интегральном уравнении (1) $p < 0, q < 0, p^2 > 4|q|, f(z) = f(r) \in C(\overline{D}), f(t) = 0, t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o[(R-r)^{\delta_3}], \delta_3 > |\lambda_2| = \frac{|p| + \sqrt{p^2 - 4|q|}}{2} \text{ при } r \rightarrow R.$$

Тогда любое решение уравнения (1) из класса функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ , представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) = i(R-r)^{|\lambda_2|} C_3 + i(R-r)^{|\lambda_1|} C_4 + f(z) - \frac{1}{4(\lambda_2 - \lambda_1)\pi}.$$

$$\iint_D \left\{ \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_1|} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_1|} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_2|} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_2|} \right\} \right] f(\rho) + \right. \\ \left. + \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_1|} - \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_1|} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_2|} + \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_2|} \right\} \right] \overline{f(\rho)} \right\} \times \\ \times \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \quad (5)$$

где C_1, C_2 – произвольные постоянные, $|\lambda_1| = \frac{|p| - \sqrt{p^2 - 4|q|}}{2}$.

Следствие 2. Если выполнены все условия теоремы 3, тогда решение вида (4) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется следующей асимптотической формулой

$$\varphi(z) = o\left[(R-r)^{\lambda_1}\right], \text{ при } r \rightarrow R.$$

Следствие 3. Если выполнены все условия теоремы 4, тогда решение вида (5) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется следующей асимптотической формулой

$$\varphi(z) = o\left[(R-r)^{|\lambda_1|}\right], \text{ при } r \rightarrow R.$$

В случае, когда $p > 0, q > 0, \Delta = p^2 + 4q > 0$, имеет место следующее утверждение:

Теорема 5. Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0, q > 0, \Delta = p^2 + 4q > 0$, $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0$, $t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o\left[(R-r)^{\delta_4}\right], \delta_4 > \lambda_2 = \frac{p + \sqrt{p^2 + 4q}}{2} \text{ при } r \rightarrow R.$$

Тогда любое решение уравнения (1) из класса функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ , представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_2} C_5 + i(R-r)^{|\lambda_1|} C_6 + f(z) - \frac{1}{4(\lambda_2 - \lambda_1)\pi}.$$

$$\iint_D \left\{ \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_1|} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_1|} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_2} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_2} \right\} \right] f(\rho) + \right. \\ \left. + \left[\lambda_1^2 \left\{ \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{|\lambda_1|} - \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{|\lambda_1|} \right\} - \lambda_2^2 \left\{ \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\lambda_2} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\lambda_2} \right\} \right] \overline{f(\rho)} \right\} \times \\ \times \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \quad (6)$$

где C_1, C_2 – произвольные постоянные, $\lambda_1 = \frac{p - \sqrt{p^2 + 4q}}{2}$.

Следствие 4. Если выполнены все условия теоремы 5, тогда решение вида (6) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется из следующей асимптотической формулы

$$\varphi(z) = o\left[(R-r)^{|\lambda_1|}\right], \text{ при } r \rightarrow R.$$

В случае, когда $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 + 4q = 0$, имеет место следующее утверждение:

Теорема 6. Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 + 4q = 0$, $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0, t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o\left[(R-r)^{\delta_8}\right], \delta_8 > \frac{p}{2} \text{ при } r \rightarrow R.$$

Тогда любое решение уравнения (1) из класса функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ , представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\frac{p}{2}} \left[C_1 + C_2 \ln(R-r) \right] + f(z) + \\ \frac{1}{4\pi} \iint_D \left[p + q \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \cdot \left\{ \left[\left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{p}{2}} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{p}{2}} \right] f(\rho) + \right. \\ \left. + \left[\left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{p}{2}} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{p}{2}} \right] \overline{f(\rho)} \right\} \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \quad (7)$$

где C_1, C_2 – произвольные вещественные постоянные.

Как следует из интегрального представления (7), если $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 + 4q = 0$, тогда необходимо в интегральном представлении (7) полагать $C_1 = C_2 = 0$. Но при этом две вещественные постоянные появятся за счёт мнимой части $\varphi(z)$.

В этом случае, если решение интегрального уравнения (1) существует, тогда оно дается формулой

$$\begin{aligned} \varphi(z) = \varphi(r) = & i(R-r)^{\frac{|p|}{2}} [C_3 + C_4 \ln(R-r)] + f(z) + \\ & + \frac{1}{4\pi} \cdot \iint_D \left[p + q \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \cdot \left\{ \begin{aligned} & \left[\left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{|p|}{2}} - \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{|p|}{2}} \right] f(\rho) + \\ & + \left[\left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{|p|}{2}} + \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{|p|}{2}} \right] \overline{f(\rho)} \end{aligned} \right\} \\ & \cdot \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Решение вида (8) существует, если $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0$, $t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o[(R-r)^{\delta_9}], \quad \delta_9 > \frac{|p|}{2} \text{ при } r \rightarrow R. \quad (9)$$

Таким образом, доказано следующее утверждение:

Теорема 7. Пусть в интегральном уравнении (1) $p < 0$, $q < 0$, $\Delta = p^2 + 4q = 0$, $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0$, $t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением (9). Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ , представимо в виде (8), где C_3, C_4 – произвольные вещественные постоянные

Следствие 5. Если выполнены все условия теоремы 6, тогда решение вида (7) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется из следующей асимптотической формулы

$$\varphi(z) = o \left[(R-r)^{\frac{p}{2}-\varepsilon} \right], \text{ при } r \rightarrow R,$$

где ε – достаточно малое положительное число.

Следствие 6. Если выполнены все условия теоремы 7, тогда решение вида (8) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется из следующей асимптотической формулы

$$\varphi(z) = o \left[(R-r)^{\frac{|p|}{2}-\varepsilon} \right], \text{ при } r \rightarrow R.$$

Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0, q < 0, p^2 - 4|q| < 0$. Тогда имеет место утверждение:

Теорема 8. Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| < 0$, $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0, t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o[(R-r)^{\delta_{10}}], \delta_{10} > \frac{p}{2} \text{ при } r \rightarrow R. \quad (10)$$

Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся и нуль на Γ , представимо в виде

$$\begin{aligned} \varphi(z) = \varphi(r) = & (R-r)^{\frac{p}{2}} [C_5 \cos[B \ln(R-r)] + C_6 \sin[B \ln(R-r)]] + f(z) + \\ & \frac{1}{4B\pi} \iint_D \left\{ \left[\left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{p}{2}} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{p}{2}} \right] \left(\frac{p^2}{4} - B^2 \right) \sin \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \right. \\ & \left. \left[\left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{p}{2}} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{p}{2}} \right] B p \cos \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \right\} f(\rho) + \\ & + \left\{ \left[\left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{p}{2}} - \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{p}{2}} \right] \left(\frac{p^2}{4} - B^2 \right) \sin \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] + \right. \\ & \left. \left[\left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{p}{2}} + \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{p}{2}} \right] B p \cos \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \right\} f(\rho) \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \quad (11) \end{aligned}$$

где C_5, C_6 – произвольные вещественные постоянные

В случае, когда $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| < 0$, имеет место следующее утверждение:

Теорема 9. Пусть в интегральном уравнении (1) $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| < 0$, $f(z) = f(r) \in C(\overline{D})$, $f(t) = 0, t \in \Gamma$ с асимптотическим поведением

$$f(z) = o[(R-r)^{\delta_{11}}], \delta_{11} > \frac{p}{2} \text{ при } r \rightarrow R. \quad (12)$$

Тогда интегральное уравнение (1) в классе функций $\varphi(z) = \varphi(r) \in C(\overline{D})$, обращающихся в нуль на Γ , представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) = i(R-r)^{\frac{|p|}{2}} [C_7 \cos[B \ln(R-r)] + C_8 \sin[B \ln(R-r)]] + f(z) +$$

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{4B\pi} \cdot \iint_D \left[\left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{|p|}{2}} + \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{|p|}{2}} \right] \left(\frac{p^2}{4} - B^2 \right) \sin \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] + \\
& \left[\left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{|p|}{2}} - \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{|p|}{2}} \right] B p \cos \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \} f(\rho) + \\
& + \left[\left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{|p|}{2}} - \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{|p|}{2}} \right] \left(\frac{p^2}{4} - B^2 \right) \sin \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] + \\
& + \left[\left(\frac{R-\rho}{R-r} \right)^{\frac{|p|}{2}} + \left(\frac{R-r}{R-\rho} \right)^{\frac{|p|}{2}} \right] B p \cos \left[B \ln \left(\frac{R-\rho}{R-r} \right) \right] \overline{f(\rho)} \frac{\exp[i\psi] d\theta d\mu}{(R-\rho)(t-z)}, \quad (13)
\end{aligned}$$

где C_7, C_8 – произвольные вещественные постоянные числа.

Следствие 7. Если выполнены все условия теоремы 8, тогда решение вида (11) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется следующей асимптотической формулой

$$\varphi(z) = o \left[(R-r)^{\frac{p}{2}} \right], \text{ при } r \rightarrow R.$$

Следствие 8. Если выполнены все условия теоремы 9, тогда решение вида (13) обращается в нуль на Γ и его поведение определяется из следующей асимптотической формулы

$$\varphi(z) = o \left[(R-r)^{\frac{|p|}{2}} \right], \text{ при } r \rightarrow R.$$

Замечание 3. Как следует из теоремы 1, если $k + \gamma \neq \frac{p \pm \sqrt{p^2 - 4q}}{2}$ и $k + \gamma \neq \frac{-p \pm \sqrt{p^2 + 4q}}{2}$, функция $f(z)$ представима в виде

$$f(z) = f(r) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k (R-r)^{k+\gamma},$$

тогда частное решение неоднородного уравнения (1) представимо в виде

$$\varphi(z) = \varphi(r) =$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(k+\gamma)^2 \left\{ (k+\gamma)^2 f_k - [(k+\gamma)p-q] \overline{f_k} \right\}}{(k+\gamma)^4 - [(k+\gamma)p-q]^2} (R-r)^{k+\gamma} \equiv K[f].$$

В случае , когда $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_1} C_1 + (R-r)^{\lambda_2} C_2 + K[f], \quad (14)$$

где $\lambda_1 = \frac{p+\sqrt{\Delta}}{2}$, $\lambda_2 = \frac{p-\sqrt{\Delta}}{2}$, $\Delta = p^2 - 4|q|$, C_1 , , C_2 – произвольные вещественные постоянные.

В случае, когда $p < 0, q > 0, \Delta = p^2 + 4q > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_1} C_3 + (R-r)^{|\lambda_2|} C_4 + K[f], \quad (15)$$

где $\lambda_1 = \frac{-|p|+\sqrt{\Delta}}{2}$, $|\lambda_2| = \frac{|p|+\sqrt{\Delta}}{2}$, $\Delta = p^2 + 4q$, C_3 , C_4 – произвольные вещественные постоянные .

В случае, когда $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = i(R-r)^{|\lambda_1|} C_5 + (R-r)^{|\lambda_2|} C_6 + K[f], \quad (16)$$

где $|\lambda_1| = \frac{|p|-\sqrt{\Delta}}{2}$, $|\lambda_2| = \frac{|p|+\sqrt{\Delta}}{2}$, $\Delta = p^2 - 4|q|$, C_5 , C_6 – произвольные вещественные постоянные.

В случае, когда $p > 0, q > 0, \Delta = p^2 + 4q > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = i(R-r)^{|\lambda_1|} C_7 + (R-r)^{\lambda_2} C_8 + K[f], \quad (17)$$

где $\lambda_1 = \frac{p-\sqrt{\Delta}}{2}$, $\lambda_2 = \frac{p+\sqrt{\Delta}}{2}$, $\Delta = p^2 + 4q$, C_7 , C_8 – произвольные вещественные постоянные .

В случае, когда $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| = 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\frac{p}{2}} [C_9 + C_{10} \ln(R-r)] + K[f], \quad (18)$$

где C_9 , C_{10} – произвольные вещественные постоянные.

В случае, когда $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| = 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = i(R-r)^{\frac{|p|}{2}} [C_{11} + C_{12} \ln(R-r)] + K[f], \quad (19)$$

где C_{11}, C_{12} – произвольные вещественные постоянные.

В случае, когда $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| < 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\frac{p}{2}} [C_{13} \cos[\frac{\sqrt{\Delta}}{2} \ln(R-r)] + C_{14} \sin[\frac{\sqrt{\Delta}}{2} \ln(R-r)] + K[f], \quad (20)$$

где C_{13}, C_{14} – произвольные вещественные постоянные.

В случае, когда $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| < 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой

$$\varphi(z) = \varphi(r) = i(R-r)^{\frac{|p|}{2}} [C_{15} \cos[\frac{\sqrt{\Delta}}{2} \ln(R-r)] + C_{16} \sin[\frac{\sqrt{\Delta}}{2} \ln(R-r)] + K[f], \quad (21)$$

где C_{15}, C_{16} – произвольные вещественные постоянные.

Свойства решений и краевые задачи

Как было указано выше, в случае, когда $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой (14). Непосредственным вычислением легко можно увидеть, что

$$D_r \varphi(r) = -\lambda_1 (R-r)^{\lambda_1} C_1 - \lambda_2 (R-r)^{\lambda_2} C_2 + D_r [K(f)], \quad (22)$$

где $D_r = (R-r) \frac{\partial}{\partial r}$.

Используя формулы (14) и (22), легко можно видеть, что в интегральном представлении (14) постоянные C_1, C_2 через значения $\varphi(r)$ и её производных находятся из следующих формул

$$C_1 = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \lim_{r \rightarrow R} [(R-r)^{-\lambda_1} (\lambda_2 \varphi(r) + D_r \varphi(r))] = \frac{1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} [P_1(\varphi)]_{r=R}, \quad (23)$$

$$C_2 = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \lim_{r \rightarrow R} [(R-r)^{-\lambda_2} (\lambda_1 \varphi(r) + D_r \varphi(r))] = \frac{1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} [P_2(\varphi)]_{r=R}. \quad (24)$$

Свойства (23) и (24) дают возможности для интегрального уравнения (1) ставить и исследовать следующую краевую задачу

Задача N_1 . Требуется найти решение интегрального уравнения (1), для которого $\varphi(z) = \varphi(r)$ при $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, по граничным условиям

$$[P_1(\varphi)]_{r=R} = A_1, [P_2(\varphi)]_{r=R} = A_2,$$

где A_1, A_2 – известные постоянные.

Решение задачи N_1 . Пусть функция $f(z) = f(r)$ представима в виде

$$f(z) = f(r) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k (R-r)^{k+\gamma} \quad (25)$$

и в интегральном уравнении (1) $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$.

Тогда, используя формулу (14), свойства (23), (24) и условие задачи N_1 , находим

$$C_1 = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1, \quad C_2 = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} A_2.$$

Подставляя эти значения C_1, C_2 в формулу (14), находим решение задачи N_1 .

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_1} \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1 + (R-r)^{\lambda_2} \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} A_2 + K[f], \quad (26)$$

Итак, доказана

Теорема 10. Пусть в интегральном уравнении (1) $p > 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$ и функция $f(z)$ представима в виде (25), причём $\gamma > \lambda_1, \gamma > \lambda_2$. Тогда задача N_1 имеет единственное решение, которое даётся формулой (26).

В случае, когда $p < 0, q > 0, \Delta = p^2 + 4q > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой (15). Непосредственным вычислением легко можно увидеть, что в этом случае

$$D_r \varphi(r) = -\lambda_1 (R-r)^{\lambda_1} C_3 - |\lambda_2| (R-r)^{|\lambda_2|} C_4 + D_r [K(f)]. \quad (27)$$

Используя формулы (15) и (27), легко можно видеть, что в интегральном представлении (15) постоянные C_3, C_4 через значения $\varphi(r)$ и её производных находятся из следующих формул

$$C_3 = \frac{1}{|\lambda_2| - \lambda_1} \lim_{r \rightarrow R} \left[(R-r)^{-\lambda_1} (|\lambda_2| \varphi(r) + D_r \varphi(r)) \right] = \frac{1}{(|\lambda_2| - \lambda_1)} [P_3(\varphi)]_{r=R}, \quad (28)$$

$$C_4 = -\frac{1}{|\lambda_2| - \lambda_1} \lim_{r \rightarrow R} \left[(R-r)^{-|\lambda_2|} (\lambda_1 \varphi(r) + D_r \varphi(r)) \right] = \frac{-1}{(|\lambda_2| - \lambda_1)} [P_4(\varphi)]_{r=R} \quad (29)$$

Свойства (28) и (29) дают возможность для интегрального уравнения (1) ставить и исследовать следующую краевую задачу

Задача N_2 . Требуется найти решение интегрального уравнения (1), для которого $\varphi(z) = \varphi(r)$ при $p < 0, q > 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, при граничных условиях

$$[P_3(\varphi)]_{r=R} = A_3, \quad [P_4(\varphi)]_{r=R} = A_4,$$

где A_3, A_4 - известные постоянные.

Решение задачи N_2 . Пусть функция $f(z) = f(r)$ представима в виде (25) и в интегральном уравнении (1) $p < 0, q > 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$.

Тогда, используя формулу (15), свойство (28), (29) и условие задачи N_2 , находим

$$C_3 = \frac{1}{|\lambda_4| - \lambda_3} A_3, C_4 = -\frac{1}{|\lambda_4| - \lambda_3} A_4 \cdot \lambda_3 = \frac{-|p| + \sqrt{\Delta}}{2}, |\lambda_4| = \frac{|p| + \sqrt{\Delta}}{2}, \Delta = p^2 + 4q.$$

Подставляя эти значения C_3, C_4 в формулу (15), находим решение задачи N_2 .

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{\lambda_3} \frac{1}{|\lambda_4| - \lambda_3} A_3 - (R-r)^{|\lambda_4|} \frac{1}{|\lambda_4| - \lambda_3} A_4 + K[f]. \quad (30)$$

Итак, доказана

Теорема 11. Пусть в интегральном уравнении (1) $p < 0, q > 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$ и функция $f(z)$ представима в виде (25), причём $\gamma > \lambda_3, \gamma > |\lambda_4|$. Тогда задача N_2 имеет единственное решение, которое даётся формулой (30).

В случае, когда $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 + 4q > 0$, тогда общее решение уравнения (1) даётся формулой (16). Непосредственным вычислением легко можно увидеть, что в этом случае

$$D_r \varphi(r) = -i|\lambda_2|(R-r)^{|\lambda_2|} C_5 - i|\lambda_1|(R-r)^{|\lambda_1|} C_6 + D_r[K(f)], \quad (31)$$

$$|\lambda_1| = \frac{|p| - \sqrt{\Delta}}{2}, |\lambda_2| = \frac{|p| + \sqrt{\Delta}}{2}, \Delta = p^2 - 4|q|.$$

Используя формулы (15) и (31), легко можно видеть, что в интегральном представлении (15) постоянные C_5, C_6 через значения $\varphi(r)$ и её производных находятся из следующих формул

$$C_5 = \frac{i}{|\lambda_1| - |\lambda_2|} \lim_{r \rightarrow R} \left[(R-r)^{-|\lambda_1|} (|\lambda_1| \varphi(r) + D_r \varphi(r)) \right] = \frac{1}{(|\lambda_1| - |\lambda_2|)} [P_5(\varphi)]_{r=R}, \quad (32)$$

$$C_6 = \frac{i}{|\lambda_1| - |\lambda_2|} \lim_{r \rightarrow R} \left[(R-r)^{-|\lambda_2|} (|\lambda_2| \varphi(r) + D_r \varphi(r)) \right] = \frac{1}{(|\lambda_1| - |\lambda_2|)} [P_6(\varphi)]_{r=R} \quad (33)$$

Свойства (32) и (33) дают возможности для интегрального уравнения (1) ставить и исследовать следующую краевую задачу

Задача N_3 . Требуется найти решение интегрального уравнения (1), для которого $\varphi(z) = \varphi(r)$ при $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$, при граничных условиях

$$[P_5(\varphi)]_{r=R} = A_5, [P_6(\varphi)]_{r=R} = A_6,$$

где A_5, A_6 - известные постоянные.

Решение задачи N_3 . Пусть функция $f(z) = f(r)$ представима в виде (25) и в интегральном уравнении (1) $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$.

Тогда используя формулу (16), свойства (32), (33) и условие задачи N_3 , находим

$$C_5 = \frac{1}{|\lambda_1| - |\lambda_2|} A_5, \quad C_6 = \frac{1}{|\lambda_1| - |\lambda_2|} A_6.$$

Подставляя эти значения C_5, C_6 в формулу (16), находим решение задачи N_3 .

$$\varphi(z) = \varphi(r) = (R-r)^{|\lambda_2|} \frac{1}{|\lambda_1| - |\lambda_2|} A_5 + (R-r)^{|\lambda_1|} \frac{1}{|\lambda_1| - |\lambda_2|} A_6 + K[f]. \quad (33)$$

Итак, доказана

Теорема 12. Пусть в интегральном уравнении (1) $p < 0, q < 0, \Delta = p^2 - 4|q| > 0$ и функция $f(z)$ представима в виде (25), причём $\gamma > \lambda_3, \gamma > |\lambda_4|$. Тогда задача N_3 имеет единственное решение, которое даётся формулой (34).

Аналогичным образом ставятся и исследуются граничные задачи в других возможных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rajabov N. Volterra type integral equation with boundary and interior fixed singularity and super-singularity kernels and their application. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, 282 p.
2. Rajabov N. Functional – Analytic and Complex Methods, their Interactions and Applications to Partial Differential Equations, World Scientific, 2001, pp. 313-329.
3. Раджабов Н., Раджабова Л. Введение в теорию многомерных интегральных уравнений типов Вольтерра с сингулярными и сверх-сингулярными ядрами и его приложения. - Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012, 502 p.
4. Раджабов Н. – Материалы II Междунар. Российско-Узбекского симпозиума «Уравнения смешанного типа и родственные проблемы анализа и информатики». – Эльбрус, 2012, с. 227-230.
5. Rajabov N. Introduction to ordinary differential equation with singular and super-singular coefficients, Dushanbe, 1998, 150 p.
6. Раджабов Н. – Материалы междунар. научн. конф., посвящ. 60-летию академика АН РТ М.Ш.Шабозова.(29-30 июня 2012г.) “Современные проблемы математического анализа и теории функций”. – Душанбе, 2012, с. 129-131.
7. Раджабов Н. – “Дифференциальные уравнения, теория функций и приложения”. – Тезисы докладов междунар. конф. посвящ. 80-летию академика М.М.Лаврентьева. – Новосибирск, 2012, с. 178.

Н.РАЧАБОВ

ДАР БОРАИ НАЗАРИЯИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҲОИ ИНТЕГРАЛИИ ҒАЙРИ ХАТИИ НАМУДИ И.Н.ВЕКУА БО ЯДРОҲОИ КАЙДКАРДАШУДАИ МАХСУС

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола як синфи муодилаҳои дученакаи ғайри хатии комплексӣ бо ядроҳои махсус омӯхта шудааст. Вобаста аз аломати параметрҳои дар муодила ҷой-

гиршуда ва решаҳои муодилаи характеристикӣ ба ин муодилаи интегралӣ мувофиқ, ҳалҳои гуногуни ин муодила ба таври ошкор ёфта шудааст.

Калимаҳои калидӣ: дученака – муодилаи интегралӣи комплексӣ – махсусияти сарҳадӣ – ядроҳо.

N.RAJABOV

**TO THEORY ONE CLASS OF NON LINEAR I.N.VEKUA INTEGRAL
EQUATION WITH FIXED SINGULAR KERNELS**

Tajik National University

In this work investigate one non linear complex two – dimensional Integral Equation with boundary singular lines. The solution this integral equation in depend from signs parameters and the roots of the corresponding characteristic equation found in explicit form.

Key words: Two-dimensional – complex integral equation – boundary singular kernels.

УДК 517.948

С.А.ИСХОКОВ, А.Г.КАРИМОВ*

**О РАЗРЕШИМОСТИ ВАРИАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ
ДЛЯ ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ КВАЗИЛИНЕЙНОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО
УРАВНЕНИЯ В ПРЕДЕЛЬНО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ**

Институт математики АН Республики Таджикистан,

**Филиал Таджикского аграрного университета в Дангаре*

Поступила в редакцию 15.06.2012 г.

В статье исследована однозначная разрешимость однородной вариационной задачи Дирихле для одного класса квазилинейных эллиптических уравнений в предельно-цилиндрической области со степенным вырождением на границе.

Ключевые слова: задача Дирихле – квазилинейное эллиптическое уравнение – предельно-цилиндрическая область – степенное вырождение.

1. Разрешимость вариационной задачи Дирихле для вырождающихся эллиптических операторов хорошо изучена в случае линейных операторов в ограниченной области со степенным вырождением на границе (см. [1,2] и имеющуюся там библиографию). Случай неограниченной области сопряжён со многими техническими трудностями. Поэтому в этом направлении имеются лишь отдельные работы, где неограниченная область имеет специальный вид (полупространство, внешность ограниченной области, предельно-цилиндрическая область и т.д.). В этой работе мы изучаем разрешимость однородной вариационной задачи Дирихле для одного класса квазилинейных эллиптических уравнений в предельно-цилиндрической области со степенным вырождением на границе.

2. Пусть r, n – натуральные числа, $n \geq 2$ и $R^n - n$ - мерное евклидово пространство точек $x = (\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n)$. Пусть ω – ограниченная область в пространстве R^{n-1} , удовлетворяющая условию конуса (определение см., например, в [3]), граница которой не является линией уровня многочлена степени не выше $r-1$ по переменным $\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_{n-1}$.

Адрес для корреспонденции: Исхоков Сулаймон Абунасович 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Институт математики АН РТ. E-mail: sulaimon@mail.ru

Пусть $g(t)$ – положительная ограниченная сверху непрерывная функция, определённая в интервале $(t_0 + \infty)$, где $t_0 \geq -\infty$. Далее через Ω обозначим следующую предельно-цилиндрическую область

$$\Omega = \{ \tilde{\omega} = (\tilde{\sigma}, \tilde{\omega}_n) \in R^n; \tilde{\sigma}' / g(x_n) \in \omega \},$$

где $x' = (x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) \in R^{n-1}$.

Регуляризованное расстояние от точки $x \in \Omega$ до границы $\partial\Omega$ области Ω обозначим через $\rho(x)$ и предположим, что $\text{dist}(x, \Gamma_{x_n}) \leq \rho(\tilde{\omega})$ для всех $\tilde{\omega} = (\tilde{\sigma}, \tilde{\omega}_n) \in \Omega$, где $\Gamma_{x_n} = \{(x'; x_n); x' / g(x_n) \in \partial\omega\}$, $\partial\omega$ - граница области ω .

Заметим, что дифференциальные операторы и уравнения в предельно-цилиндрической области ранее изучались в работах [3-8].

Пусть α, p – вещественные числа и $1 < p < \infty$. Символом $L_{p,\alpha}^r(\Omega)$ обозначим класс функций $u(x)$, определённых на Ω , имеющих обобщённые в смысле С.Л.Соболева производные

$$u^{(k)}(\tilde{\omega}) = \frac{\partial^{|k|} u(\tilde{\omega})}{\partial \tilde{\sigma}_1^{k_1} \partial \tilde{\sigma}_2^{k_2} \dots \partial \tilde{\sigma}_n^{k_n}} \quad (k = (k_1, k_2, \dots, k_n), \quad |k| = k_1 + k_2 + \dots + k_n)$$

порядка r с конечной полунормой

$$\| u; L_{p,\alpha}^r(\Omega) \| = \left\{ \sum_{|k|=r} \int_{\Omega} \left(\rho^\alpha(x) |u^{(k)}(x)| \right)^p dx \right\}^{1/p}.$$

Символом $W_{p,\alpha}^r(\Omega)$ обозначим весовое пространство функции $u(x)$ из класса $L_{p,\alpha}^r(\Omega)$ с конечной нормой

$$\| u; W_{p,\alpha}^r(\Omega) \| = \left\{ \| u; L_{p,\alpha}^r(\Omega) \|^p + \int_{\Omega} |u(x)|^p dx \right\}^{1/p}.$$

Замыкание множества $\tilde{N}_0^\infty(\Omega)$ в пространстве $W_{p,\alpha}^r(\Omega)$ обозначим через $\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)$, а символом $\left(\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega) \right)'$ обозначим пополнение пространства $L_2(\Omega)$ по норме

$$\left\| F; \left(\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\| = \sup | (F, v) |,$$

где (\cdot, \cdot) – скалярное произведение пространства $L_2(\Omega)$ и супремум берётся по всем $v \in \overset{0}{W}_{q,\alpha}^r(\Omega)$ таким, что $\|u; W_{p,\alpha}^r(\Omega)\| = 1$, $q = p/(p-1)$.

Далее мы отождествляем элементы $F \in \left(\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)\right)'$ с соответствующими антилинейными функционалами над пространством $\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)$.

Свойства классов $L_{p,\alpha}^r(\Omega)$, $W_{p,\alpha}^r(\Omega)$, $\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)$ хорошо изучены в работах [4-6, 8]. Из соответствующих результатов этих работ, в частности, следует

Теорема 1. Пусть s – целое неотрицательное число меньше r и пусть

$$\alpha + \frac{1}{\delta} \notin \{1, 2, \dots, r\}. \quad (1)$$

Тогда существует положительное число \dot{M}_0 такое, что

$$\|u; L_{p,\alpha-r+s}^s(\Omega)\| \leq M_0 \|u; L_{p,\alpha}^r(\Omega)\|$$

для всех $u \in C_0^\infty(\Omega)$.

Следствие 1. Пусть $r - \alpha \geq 0$ и выполнено условие (1) при $p = 2$. Тогда существует число $\delta > 0$ такое, что

$$\delta \|u; W_{2,\alpha}^r(\Omega)\| \leq \|u; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\| \quad (2)$$

для всех $u \in C_0^\infty(\Omega)$.

Из неравенства (2) следует, что $\|u; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\|$ порождает норму в $\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ если $r - \alpha \geq 0$. Пространство с этой нормой обозначим через ${}^* \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$.

Усовершенствуя метод, использованный в §5 работы [9] при доказательстве теоремы 2, доказывается следующий результат

Теорема 2. Пусть выполнено условие (1). Тогда для любого элемента

$F \in \left(\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)\right)'$ найдутся функции $f_k(x) \in L_{q,loc}(\Omega)$, $|k| \leq r$, $q = p/(p-1)$ такие, что

1. $\|\rho^{r-\alpha-|k|} f_k; L_q(\Omega)\| < \infty$ для всех $k : |k| \leq r$;
2. $\langle F, v \rangle = \sum_{|k| \leq r} \int_{\Omega} f_k(x) \overline{v^{(k)}}(\delta) dx$ для всех $v \in \overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)$;

$$3. \left\| F; \left(\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\| = \left\{ \sum_{|k| \leq r} \left\| \rho^{-\alpha-|k|+r} f_k; L_q(\Omega) \right\|^q \right\}^{1/q}.$$

Обратно, всякое соотношение п.2) при указанном наборе $\{f_k(x)\}_{|k| \leq r}$ задает антилинейный функционал над пространством $\overset{0}{W}_{p,\alpha}^r(\Omega)$ с нормой, не превосходящей правой части равенства п.3).

3. Обозначим через $F_{2,\alpha}^r(\Omega)$ множество всех функционалов $F \in \left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)'$,

для которых все соответствующие в силу теоремы 2 функции $f_k(x)$ при $|k| \leq r-1$ тождественно равны нулю.

Для заданного функционала $F \in F_{2,\alpha}^r(\Omega)$ и заданных операторов \dot{A}_{kl} ($|k|=|l|=r$) таких, что $(A_{kl}v)(x)$ – измеримые функции для всех $v \in W_{2,\alpha}^r(\Omega)$ рассмотрим уравнение

$$\sum_{|k|,|l|=r} \int_{\Omega} (A_{kl}U)(x) U^{(k)}(x) \overline{v^{(l)}(x)} dx = \langle f, v \rangle \quad (3)$$

для всех $v \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$.

Предположим, что операторы A_{kl} удовлетворяют следующим условиям:

$$\text{vrai sup}_{x \in \Omega} \left| (A_{kl}v)(x) \rho^{-2\alpha}(x) \right| < +\infty; \quad (4)$$

$$\text{vrai sup}_{x \in \Omega} \left| \frac{(A_{kl}u)(x) - (A_{kl}v)(x)}{\rho^{2\alpha}(x)} \right| \leq M \|u - v; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\|; \quad (5)$$

$$\text{Re} \sum_{|k|=|l|=r} (\dot{A}_{kl}u)(x) \zeta_k \overline{\zeta_l} \geq \kappa \rho^{2\alpha}(x) \sum_{|k|=r} |\zeta_k|^2 \quad (6)$$

для всех $x \in \Omega$, $u, v \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ и для любого набора комплексных чисел $\zeta = \{\zeta_k\}_{|k| \leq r}$. В этих условиях положительные числа \dot{I} , κ не зависят от u, v, x, ζ .

Задача D_0 . Для заданного функционала $F \in F_{2,\alpha}^r(\Omega)$ требуется найти решение $U(x)$ уравнения (3), принадлежащее пространству $\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$.

Число всех мультииндексов длины r обозначим через K .

Теорема 3. Пусть $r - \alpha \geq 0$ и выполнено условие (1) при $p = 2$. Тогда для любого функционала $F \in F_{2,\alpha}^r(\Omega)$ такого, что

$$KM \left\| F; \left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\| < \kappa^2, \quad (7)$$

где M – постоянная из неравенства (5), а κ – из неравенства (6), задача D_0 имеет единственное решение $U(x)$ и справедлива следующая оценка

$$\|U; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\| < \frac{1}{\kappa} \left\| F; \left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\|. \quad (8)$$

Наметим схему доказательства теоремы 3. Для произвольной функции $\varphi = \varphi(x)$ из $\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ рассмотрим полуторалинейную форму

$$B_\varphi[u, v] = \sum_{|k|, |l|=r} \int_{\Omega} b_{kl(\varphi)}(x) u^{(k)} \overline{v^{(l)}}(x) dx,$$

где $b_{kl(\varphi)}(x) = (A_{kl}\varphi)(x)$.

В силу условия (6) и следствия 1 для всех $u \in C_0^\infty(\Omega)$ имеет место неравенство

$$\operatorname{Re} B_\varphi[u, u] \geq \kappa \|u; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\|^2 \geq \kappa \delta^2 \|u; W_{2,\alpha}^r(\Omega)\|^2. \quad (9)$$

Далее, применяя (4) и неравенство Коши-Буняковского, имеем

$$|B_\varphi[u, u]| \leq C_0 \|u; W_{2,\alpha}^r(\Omega)\| \|v; W_{2,\alpha}^r(\Omega)\| \quad (10)$$

для всех $u, v \in C_0^\infty(\Omega)$, где $C_0 > 0$ не зависит от $u(x)$, $v(x)$.

Неравенства (9), (10) позволяют применить теорему Лакса-Мильграма (см., например, [1]), согласно которой существует оператор A_φ , осуществляющий изоморфизм

пространств $\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ и $\left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)'$ со следующими свойствами:

$$B_\varphi[u, v] = \langle A_\varphi u, v \rangle \quad \forall u, v \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega);$$

всякий антилинейный непрерывный функционал F над $\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ допускает представление

$$\langle F, v \rangle = B_\varphi[U_\varphi, v] \quad \forall v \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega),$$

причём такое представление единственно.

Следовательно,

$$U_\varphi = A_\varphi^{-1} F \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega).$$

Таким образом, каждой функцией $\varphi = \varphi(x) \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ ставится в соответствие единственная функция $U_\varphi = U_\varphi(x) \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$, то есть определен нелинейный оператор

$$T : \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \rightarrow \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega); U_\varphi = T\varphi.$$

Далее докажем, что при выполнении условия (7) оператор T является сжимающим отображением банахова пространства $\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ в себя.

Пусть $\varphi, \psi \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ и $F \in F_{2,\alpha}^r(\Omega)$. Тогда функции $U_\varphi = A_\varphi^{-1} F$, $U_\psi = A_\psi^{-1} F$ удовлетворяют равенству

$$B_\varphi[U_\varphi, v] = \langle F, v \rangle = B_\psi[U_\psi, v] \quad \forall v \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega).$$

Используя это равенство, доказывается, что

$$B_\varphi[U_\varphi - U_\psi, v] = \sum_{|k|, |l|=r} \int_{\Omega} (b_{kl(\varphi)}(x) - b_{kl(\psi)}(x)) U_\psi^{(k)} \overline{v^{(l)}}(x) dx. \quad (11)$$

С другой стороны, в силу условия (5), применяя неравенство Коши-Буняковского, получим

$$\begin{aligned} & \left| \sum_{|k|, |l|=r} \int_{\Omega} (b_{kl(\varphi)}(x) - b_{kl(\psi)}(x)) U_\psi^{(k)} \overline{v^{(l)}}(x) dx \right| \leq \\ & \leq KM \left\| \varphi - \psi; L_{2,\alpha}^r(\Omega) \right\| \left\| U_\psi; L_{2,\alpha}^r(\Omega) \right\| \left\| v; L_{2,\alpha}^r(\Omega) \right\|. \end{aligned}$$

В силу этого неравенства и неравенства (9) при $u(x) = U_\varphi(x) - U_\psi(x)$ из (11) следует, что

$$\frac{K}{KM} \left\| U_\varphi - U_\psi; L_{2,\alpha}^r(\Omega) \right\| \leq \left\| \varphi - \psi; L_{2,\alpha}^r(\Omega) \right\| \left\| U_\psi; L_{2,\alpha}^r(\Omega) \right\|. \quad (12)$$

Так как при $|k| \leq r-1$ все функции $f_k(x)$, соответствующие функционалу $F \in F_{2,\alpha}^r(\Omega)$, равны нулю, то, применяя неравенство Коши-Буняковского, имеем

$$\begin{aligned}
|\langle F, v \rangle| &= \left| \sum_{|k|=r} \int_{\Omega} f_k(x) \overline{v^{(k)}(x)} dx \right| \leq \left\{ \sum_{|k|=r} \int_{\Omega} (\rho^{-\alpha}(x) |f_k(x)|)^2 dx \right\}^{1/2} \|v; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\| = \\
&= \left\| F; \left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\| \|v; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\|.
\end{aligned}$$

С другой стороны (см. (9)),

$$\kappa \|U_{\psi}; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\|^2 \leq \operatorname{Re} B_{\psi} [U_{\psi}, U_{\psi}] \leq |B_{\psi} [U_{\psi}, U_{\psi}]| = |\langle F, U_{\psi} \rangle|.$$

Поэтому

$$\|U_{\psi}; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\| \leq \frac{1}{\kappa} \left\| F; \left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\|. \quad (13)$$

Отсюда и из (12) следует, что

$$\|U_{\varphi} - U_{\psi}; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\| \leq \chi_0 \|\varphi - \psi; L_{2,\alpha}^r(\Omega)\|, \quad (14)$$

где

$$\chi_0 = \frac{KM}{\kappa^2} \left\| F; \left(\overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega) \right)' \right\|.$$

Согласно условию (7) теоремы 3 $\chi_0 < 1$. Поэтому из (14) следует, что оператор T является сжимающим отображением банахова пространства $\overset{0}{*}W_{2,\alpha}^r(\Omega)$ в себя. Следовательно, существует единственная функция $U \in \overset{0}{W}_{2,\alpha}^r(\Omega)$ такая, что $TU = U$. Далее нетрудно проверить, что эта функция $U = U(x)$ будет решением задачи D . Оценка (8) следует из (13).

Теорема 3 доказана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никольский С.М., Лирозкин П.И., Мирошин Н.В. – Известия вузов, Математика, 1988, №8, с.4-30.
2. Исохов С.А., Куджмуродов А.Ё. – ДАН России, 2005, т. 403, №2, с. 165-168.
3. Глазман И.М. Прямые методы качественного спектрального анализа сингулярных дифференциальных операторов. – М.: Изд-во физ.-матлит., 1963, 339 с.
4. Розенблюм Г.В. – Матем. сборник, 1972, т. 89(131), № 2(10), с. 234-247.
5. Бойматов К.Х. – ДАН России, 1989, т. 308, №1, с. 11-14.
6. Гадоев М.Г., Олимов М.И. – ДАН РТ, 1993, т.36, №2, с. 79-82.

7. Исхоков С.А. – Матем. заметки ЯГУ, 1999, т.6, №1, с. 60-76.
8. Исхоков С.А., Каримов А.Г. – ДАН РТ, 2006, т.49, №8, с. 696-703.
9. Лирозкин П.И., Никольский С.М. – Труды Мат. инст-та им. В.А.Стеклова АН СССР, 1983, т.161, с. 157-183.

С.А.ИСҲОҚОВ, А.Г.КАРИМОВ*

**ОИДИ ҲАЛШАВАНДАГИИ МАСЪАЛАИ ВАРИАТСИОНИИ ДИРИХЛЕ
БАРОИ МУОДИЛАИ КВАЗИХАТТИИ ЭЛЛИПТИКИИ ТАНАЗЗУЛЁ-
БАНДА ДАР СОҲАИ ҲУДУДАН СИЛИНДРӢ**

*Институти математикаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Филиали Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон дар Дангара

Дар мақола ҳалшавандагии якқимматаи масъалаи якҷинсаи вариатсионии Дирихле барои як синфи муодилаҳои квазихаттии эллиптикии таназзулѐбанда дар соҳаи ҳудудан силиндрӣ тадқиқ карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: масъалаи Дирихле – муодилаи эллиптиксии квазихаттӣ – соҳаи ҳудудан силиндрӣ – таназзулѐбии дараҷагӣ.

S.A.ISKHOKOV, A.G.KARIMOV*

**ON SOLVABILITY OF THE VARIATIONAL DIRICHLET PROBLEM FOR
A QUASI-LINEAR DEGENERATE ELLIPTIC EQUATION IN A LIMIT-TUBE
DOMAIN**

*Institute of Mathematics, Academy of sciences of the Republic of Tajikistan,
Branch of Tajik agriculture university in Dangara

The paper is devoted to investigation of unique solvability of the homogenous variational Dirichlet problem for a class of quasi-linear elliptic equations in a limit-tube domain with power degeneracy on the boundary.

Key words: Dirichlet problem – quasi-linear elliptic equation – limit-tube domain – power degeneracy.

УДК 517.968.2

Г.ДЖАНГИБЕКОВ, М.Ч.ЧОРШАНБИЕВА*

О НЁТЕРОВОСТИ И ИНДЕКСЕ ОДНОГО КЛАССА ДВУМЕРНЫХ
СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ
С РАЗНЫМИ ЧЁТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*Институт математики АН Республики Таджикистан,
Таджикский национальный университет**

Поступила в редакцию

Целью настоящей статьи является установление эффективных необходимых и достаточных условий нётеровости оператора A в $L^p(D)$ (рассматриваемом над полем вещественных чисел), $1 < p < \infty$ и получение формулы для вычисления индекса.

Ключевые слова: нётеровость оператора – индекс оператора – операторная матрица – двумерные сингулярные интегральные операторы.

Пусть D – ограниченная область комплексной плоскости, граница Γ которой состоит из конечного числа простых замкнутых кривых Ляпунова, не пересекающихся между собой, I – тождественный оператор, m – целое число, $a(z)$, $b(z)$, $c(z)$, $d(z)$ – непрерывные в $\bar{D} = D \cup \Gamma$ комплекснозначные функции. В пространстве $L^p(D)$, $1 < p < \infty$ рассмотрим следующий сингулярный интегральный оператор

$$A = a(z)I + b(z)K + c(z)\bar{S}_n + d(z)\bar{S}_m K, \quad (1)$$

где

$$(Kf)(z) = \overline{f(z)}, (S_m f)(z) = \frac{(-1)^m m}{\pi} \iint_D \frac{e^{-2im\theta}}{|\zeta - z|^2} f(\zeta) ds_\zeta$$

$$\bar{S}_m = KS_m K = S_{-m},$$

Адрес для корреспонденции: Чоршанбиева Майрам Чоршанбиевна. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: mayram83@mail.ru

$m \geq n \geq 1$, черта над функцией означает переход к комплексно-сопряженным значениям, $\theta = \arg(\zeta - z)$.

Ранее исследованию оператора A было посвящено много работ различных авторов. Так, ещё в 1959 г. И.Н.Векуа в известной монографии [1] в связи с применением к теории обобщённых аналитических функций рассмотрел оператор

$$A_1 = a(z)I + d(z)SK \quad (\overline{S_{-1}} = S_1 = S), \quad (2)$$

(то есть когда в (1) $b(z) \equiv c(z) \equiv 0$, $m = -1$) при условии $|a(z)| > |d(z)|$, $z \in \overline{D}$ и на основе принципа сжатых отображений показал, что оператор A_1 из (2) имеет ограниченный обратный в $L^p(D)$ при p достаточно близких к 2.

Далее в 1971 г. А.Джураев в работе [2] в предположении $a(z), d(z) \in C^1(D) \cap C_\alpha(\overline{D})$, $z \in \overline{D}$ показал, что условия $|a(z)| \neq |d(z)|$, $z \in \overline{D}$; $a(t) \neq 0$, $t \in \Gamma$ достаточны для нётеровости оператора A_1 в $L^p(D)$, $2 < p < \infty$ и что индекс оператора A_1 равен

$$\varkappa = -2 \operatorname{ind}_\Gamma a(t).$$

В случае, когда D – круговая область, а коэффициенты $a(z)$, $d(z)$ лишь непрерывны, И.И.Комяк в работе [3] показал, что указанные выше условия необходимы и достаточны для нётеровости оператора A_1 в пространстве $L^p(D)$, $1 < p < \infty$.

В дальнейшем в 1988 г. К.Х.Бойматов и первый автор данной статьи в работе [4], изучив оператор A в случае $m = -n = 1$, доказали

Теорема 1. *Для нётеровости оператора A в пространстве $L^p(D)$ $1 < p < \infty$ необходимо и достаточно, чтобы выполнялось одно из условий*

$$|\Delta_1(z)| > |\lambda(z)| + |\mu(z)| \quad \forall z \in \overline{D}, \quad (3)$$

$$|\Delta_2(z)| > |\lambda(z)| + |\mu(z)| \quad \forall z \in \overline{D} \quad \text{è} \quad \mu(t) \neq 0 \quad \forall t \in \Gamma. \quad (4)$$

При этом, если выполнено условие (3), то оператор A имеет ограниченный обратный, а при выполнении условия (4) его индекс равен

$$\varkappa = 2 \operatorname{Ind}_\Gamma \mu(t),$$

где

$$\Delta_1(z) = |a(z)|^2 - |b(z)|^2, \quad \Delta_2(z) = |d(z)|^2 - |c(z)|^2,$$

$$\lambda(z) = \overline{a(z)c(z)} - b(z)\overline{d(z)}, \quad \mu(z) = a(z)\overline{d(z)} - \overline{b(z)c(z)}.$$

В работе [5] оператор A изучен в случае $m = -n > 1$ и показано, что в случае выполнения условия (4) индекс оператора A зависит от показателя m и равен

$$\kappa = 2m \text{Ind}_\Gamma \mu(t).$$

Случай $n = 1$ изучен в работе [6].

В настоящей работе оператор A изучается в случае, когда показатели характеристики сингулярных интегралов в A различны, то есть $m \neq n$. При этом авторы опираются на результаты работ [7] и [8].

Прежде всего устанавливаем, что оператор A будет нётеровым тогда и только тогда, когда нётеровым является

$$U = \begin{pmatrix} a(z)I + c(z)\overline{S}_n & b(z)I + d(z)\overline{S}_m \\ \overline{b(z)I + d(z)S}_m & \overline{a(z)I + c(z)S}_n \end{pmatrix}$$

в $L^p(D)$, $1 < p < \infty$. Поскольку символ оператора S_m равен $\begin{pmatrix} \overline{\sigma} \\ \sigma \end{pmatrix}^m$ ($\sigma = \sigma_1 + i\sigma_2 \neq 0$), то,

согласно [7], для нтеровости операторной матрицы U необходимо, чтобы $\det G_A(z, t) \neq 0$ для всех $z \in \overline{D}, |t| = 1$, где $G_A(z, t)$ – матрица - символ оператора A

$$G_A(z; t) = \begin{pmatrix} a(z) + c(z)t^n & b(z) + d(z)t^m \\ \overline{b(z) + d(z)t^m} & \overline{a(z) + c(z)t^n} \end{pmatrix}.$$

Непосредственным вычислением получим

$$\det G_A(z, t) = |a(z) + c(z)t^n|^2 - |b(z) + d(z)t^m|^2 \neq 0 \quad (5)$$

для $\forall z \in \overline{D}, |t| = 1$, где $t = e^{2i\phi} = \frac{\sigma}{\overline{\sigma}}$. Вводя обозначения

$$\Delta_1(z) = |a(z)|^2 - |b(z)|^2, \quad \Delta_2(z) = |d(z)|^2 - |c(z)|^2,$$

перепишем неравенство (5) в виде

$$\Delta_1(z) - \Delta_2(z) - 2\text{Re}(\overline{b}d t^m - \overline{a}c t^n) \neq 0. \quad (6)$$

Заметим, что если неравенство (6) выполнено для всех $z \in \overline{D}, |t| = 1$, то тогда $\Delta_1(z) - \Delta_2(z) \neq 0$ для $\forall z \in \overline{D}$, ибо тригонометрический полином

$$P_{2m}(\varphi) = 2\text{Re}(\overline{b(z)d(z)}e^{2mi\varphi} - \overline{a(z)c(z)}e^{2ni\varphi})$$

свободного члена не имеет и поэтому обязательно обращается в нуль при некотором φ : $\varphi \in [0, 2\pi]$.

Введём обозначения

$$M = \max_{|t|=1} \operatorname{Re}(\bar{b}dt^m - \bar{a}ct^n),$$

$$-m = \min_{|t|=1} \operatorname{Re}(\bar{b}dt^m - \bar{a}ct^n).$$

Очевидно, что неравенство (6) равносильно двум условиям

$$\Delta_1(z) - \Delta_2(z) > 2M(z), \quad \forall z \in \bar{D},$$

$$\Delta_1(z) - \Delta_2(z) < -2m(z), \quad \forall z \in \bar{D},$$

где $M(z) > 0$, $-m(z) < 0$.

Лемма 1. Матрица $G_A(z, t)$ – невырождена для всех $z \in \bar{D}$ и $|t|=1$ тогда и только тогда, когда выполнено одно из двух неравенств

$$|\Delta_1(z)| > \chi(z) + \sqrt{\chi^2(z) + \Delta_1(z)\Delta_2(z)}, \quad (7)$$

$$|\Delta_2(z)| > \chi(z) + \sqrt{\chi^2(z) + \Delta_1(z)\Delta_2(z)} \quad (8)$$

для всех $z \in \bar{D}$, где

$$\chi(z) = \begin{cases} M(z), & \text{если } \Delta_j(z) > 0 \\ m(z), & \text{если } \Delta_j < 0, \quad j=1, 2. \end{cases}$$

В соответствии с результатами леммы 1, можно доказать, что для оператора A имеется два гомотопических класса, которые можно описать в зависимости индекса дву-члена $a + ct^n$, а именно

$$\tau = \operatorname{ind}_{|t|=1}(a(z) + c(z)t^n) = 0 \quad \text{если} \quad \tau = \operatorname{ind}_{|t|=1}(a(z) + c(z)t^n) = n,$$

при этом, если коэффициенты оператора A удовлетворяют условию (7), то $\tau = 0$, а если выполнено условие (8), то $\tau = n$.

Теорема 2. Для нётеровости оператора A в пространстве $L^p(D)$ $1 < p < \infty$ необходимо и достаточно, чтобы выполнялось одно из условий

$$|\Delta_1(z)| > \chi(z) + \sqrt{\chi^2(z) + \Delta_1(z)\Delta_2(z)}, \quad \forall z \in \bar{D}, \quad (9)$$

$$|\Delta_2(z)| > \chi(z) + \sqrt{\chi^2(z) + \Delta_1(z)\Delta_2(z)}, \quad \forall z \in \bar{D},$$

$$(b(t))^n (c(t))^m + (-1)^{nm} (d(t))^n (a(t))^m \neq 0, \quad \forall t \in \Gamma. \quad (10)$$

При этом если выполнено условие (6), то индекс оператора A равен нулю, а если выполнено условие (7), то индекс оператора A равен

$$\kappa = 2 \text{Ind}_\Gamma \{ (b(t))^n (c(t))^m + (-1)^{nm} (d(t))^n (a(t))^m \}. \quad (11)$$

Доказательство. а) Пусть выполнено условие (10). Тогда, как отмечено выше, $\text{ind}_{|t|=1} (a + ct^n) = n$ и выполнено условие (5).

1⁰. Здесь без ограничения общности будем считать, что

$$|a(z) + c(z)t^n| > |b(z) + d(z)t^m|, \quad \forall z \in \bar{D}, \quad t \in \Gamma.$$

Тогда двучлен $a + ct^n$ внутри единичного круга $|t|=1$ имеет n -кратный нуль $t^n = -\frac{a}{c} (|c| > |a|)$. Перепишем оператор A в виде

$$A = q_1 I + b_1 K + \bar{S}_n + d_1 \bar{S}_m K, \quad (12)$$

где $q_1 = \frac{a}{c}$, $b_1 = \frac{b}{c}$, $d_1 = \frac{d}{c}$. По символу данного оператора построим матрицы

$$\Omega_A^+(t) = \begin{pmatrix} q_1 + t^n & b_1 + d_1 t^m \\ \bar{b}_1 + \bar{d}_1 \bar{t}^m & \bar{q}_1 + \bar{t}^n \end{pmatrix},$$

$$\Omega_A^-(t) = \begin{pmatrix} q_1 + \bar{t}^n & b_1 + d_1 \bar{t}^m \\ \bar{b}_1 + \bar{d}_1 \bar{t}^m & \bar{q}_1 + t^n \end{pmatrix},$$

где $t = \frac{\sigma_1 - i}{\sigma_1 + i}$, $-\infty < \sigma_1 < \infty$, а коэффициенты q_1, b_1, d_1 зависят от точки z контура Γ .

Если теперь мы покажем, что матрицы $\Omega_A^\pm(t)$ факторизуются с нулевыми частными индексами, то из [6] будет следовать, что оператор нтеров в $L^p(D)$, $1 < p < \infty$. С этой целью для матрицы $\Omega_A^\pm(t)$ построим задачу Римана для аналитических в единичном круге $|t| < 1$ функций $(\Phi_1(\xi), \Phi_2(\xi))$:

$$\begin{cases} \Phi_1^-(t) = (q_1 + t^n)\Phi_1^+(t) + (b_1 + d_1 t^m)\Phi_2^+(t), \\ \Phi_2^-(t) = (\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{t^m})\Phi_1^+(t) + (q_1 + \frac{1}{t^n})\Phi_2^+(t), \end{cases}$$

где $\Phi_{1,2}^+(t), \Phi_{1,2}^-(t)$ – неизвестные функции точки окружности $|t|=1$, аналитически продолжимые по t соответственно внутри и вне единичного круга.

Займемся решением задачи Римана (13). В первом равенстве системы (9) слева стоит аналитически продолжимая вне единичного круга функция, а справа аналитически продолжимая внутри единичного круга функция. По теореме Лиувилля эта функция равна постоянной, то есть $\Phi_1^-(\zeta) = c_1$. Тогда

$$\Phi_1^+(\zeta) = \frac{c_1}{q_1 + \zeta^n} - \frac{b_1 + d_1 \zeta^m}{q_1 + \zeta^n} \Phi_2^+(\zeta). \quad (14)$$

Поставив значение $\Phi_1^+(t)$ во второе равенство системы (13) и учитывая, что $\det G_A^+(t) = |q_1 + t^n|^2 - |b_1 + d_1 t^m|^2$, можно факторизовать в виде $\frac{F^+(t)}{F^-(t)}$, где $F^+(t) \neq 0$, $F^-(t) \neq 0$ – аналитически продолжимые соответственно внутри и вне единичного круга функции, получим

$$\Phi_2^-(t) = \frac{(\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{t^m})c_1}{q_1 + t^n} + \frac{F^+(t)}{F^-(t)(q_1 + t^n)} \Phi_2^+(t). \quad (15)$$

Отсюда

$$F^-(t) \left(\Phi_2^-(t) - \frac{(\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{t^m})c_1}{q_1 + t^n} \right) = \frac{F^+(t)}{q_1 + t^n} \Phi_2^+(t).$$

Левая часть последнего равенства аналитически продолжима вне единичного круга функций, а правая часть внутри единичного круга, за исключением точек q_{jn} :

$$q_{jn} = \sqrt[n]{|q_1|} e^{\frac{i(\varphi+2j\pi)}{n}}, \quad j = 1, 2, \dots, n., \quad \varphi = \arg(-q_1),$$

где она имеет n -кратный полюс $\zeta^n = -q_1$, поэтому из теоремы Лиувилля будет следовать

$$F^-(t) \left(\Phi_2^-(t) - \frac{(\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{t^m})c_1}{q_1 + t^n} \right) = \frac{F^+(t)}{q_1 + t^n} \Phi_2^+ \equiv \left[c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \right],$$

то есть

$$\Phi_2^-(\zeta) = \frac{\left(\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{\zeta^m}\right)c_1}{q_1 + \zeta^n} + \frac{1}{F^-(\zeta)} \left[c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \right], \quad (16)$$

$$\Phi_2^+(\zeta) = \frac{(q_1 + \zeta^n) \left[c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \right]}{F^+(\zeta)}.$$

Поставив выражения для $\Phi_2^+(\zeta)$ в (15), получим

$$\Phi_1^+(\zeta) = \frac{c_1}{q_1 + \zeta^n} - \frac{(b_1 + d_1 \zeta^m) \left[c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \right]}{F^+(\zeta)}.$$

Функция $\Phi_1^+(\zeta)$ в точке $\zeta = -q_1$ имеет n -кратный полюс, который необходимо устранить, для чего, представив

$$q + \zeta^n = \prod_{j=1}^n (\zeta - q_{jn}),$$

потребуем, чтобы выражения при полюсах $\zeta = q_{jn}$ обращались в нуль, то есть чтобы свободные константы c_1, c_{2+j} ($j = 1, 2, \dots, n$) удовлетворяли n требованиям:

$$\frac{c_1}{\prod_{k \neq j} (q_{jn} - q_{kn})} = - \frac{b_1 + d_1 q_{jn}^m}{F^+(q_{jn})} c_{2+j}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Теперь, предположив, что $b_1 + d_1 q_{jn}^m \neq 0$ на границе Γ , имеем

$$c_{2+j} = - \frac{c_1 F^+(q_{jn})}{(b_1 + d_1 q_{jn}^m) \prod_{k \neq j} (q_{jn} - q_{kn})}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Заметим, что условия на границе Γ можно записать в виде

$$\prod_{j=1}^n (b_1 + d_1 \sqrt[n]{|q_1|^m} e^{i \frac{m(\phi+2j\pi)}{n}}) \neq 0, \quad \forall t \in \Gamma.$$

Итак, для функции $\Phi_{12}^\pm(\zeta)$ получили следующие выражения:

$$\Phi_1^-(\zeta) = c_1, \quad \Phi_2^-(\zeta) = \frac{\left(\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{\zeta^m}\right)c_1}{q_1 + \zeta^n} + \frac{1}{F^-(\zeta)} \left(c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \right),$$

$$\Phi_1^+(\zeta) = \frac{c_1}{q_1 + \zeta^n} - \frac{(b_1 + d_1 \zeta^m)[c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}}]}{F^+(\zeta)},$$

$$\Phi_2^+(\zeta) = \frac{(q_1 + \zeta^n)[c_2 + \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}}]}{F^+(\zeta)}.$$

Теперь, выбрав сначала $c_1 = 0, c_2 = 1$, а затем $c_1 = 1, c_2 = 0$, найдем элементы матрицы $\Phi^-(\zeta)$ и $\Phi^+(\zeta)$:

$$\Phi^-(\zeta) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{1}{F^-(\zeta)} & \frac{\bar{b}_1 + \frac{\bar{d}_1}{\zeta^m}}{q_1 + \zeta^n} + \frac{\sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}}}{F^-(\zeta)} \end{pmatrix},$$

$$\Phi^+(\zeta) = \begin{pmatrix} -\frac{b_1 + d_1 \zeta^m}{F^+(\zeta)} & \frac{1}{q_1 + \zeta^n} - \frac{b_1 + d_1 \zeta^m}{F^+(\zeta)} \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \\ \frac{q_1 + \zeta^n}{F^+(\zeta)} & \frac{(q_1 + \zeta^n) \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}}}{F^+(\zeta)} \end{pmatrix}.$$

$$(\Phi^+(\zeta))^{-1} = \begin{pmatrix} -(q_1 + \zeta^n) \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} & \frac{F^+(z)}{q_1 + \zeta^n} - (b_1 + d_1 \zeta^m) \sum_{j=1}^n \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jn}} \\ q_1 + \zeta^n & b_1 + d_1 \zeta^m \end{pmatrix}.$$

При этом

$$\det \Phi^-(\zeta) = \frac{1}{F^-(\zeta)} \neq 0, \quad \det \Phi^+(\zeta) = -\frac{1}{F^+(\zeta)} \neq 0, \quad \text{äëÿ} \quad \forall \zeta \in D.$$

Таким образом, при выполнении условия

$$(b(\zeta))^n (c(\zeta))^m + (-1)^{nm} (d(\zeta))^n (a(\zeta))^m \neq 0 \quad \text{äëÿ} \quad \forall \zeta \in \Gamma \quad (17)$$

мы имеем

$$\Phi^-(\zeta) = \Omega_A^+(\zeta) \Phi^+(\zeta),$$

или

$$\Omega_A^+(\zeta) = \Phi^-(\zeta) (\Phi^+(\zeta))^{-1}. \quad (18)$$

Аналогично доказывается, что при условии (17) имеет место представление

$$\Omega_A^-(\zeta) = \Phi_*^-(\zeta) (\Phi_*^+(\zeta))^{-1}. \quad (19)$$

В полученных для матрицы $\Omega_A^\pm(\zeta)$ представлениях (18), (19) первые множители аналитически продолжимы вне единичного круга, а вторые внутри, причём их определители нигде в нуль не обращаются, то есть матрицы $\Omega_A^\pm(\zeta)$ имеют нулевые частные индексы. Следовательно, оператор A нётеров, то есть достаточность граничного условия (10) доказана. Необходимость условия (10) доказывается от противного с помощью локального метода (см. [8]).

2^o. Здесь будем считать, что выполнено неравенство

$$|a(z) + c(z)t^n| < |b(z) + d(z)t^m|, \quad \text{Ind}_{|t|=1}(b + dt^m) = m,$$

то есть $|b| < |d|$, и двучлен $b + dt^m$ внутри единичного круга имеет m нулей $t^m = -\frac{b}{d}$. В этом случае оператор A перепишем в виде

$$A = a_2 I + q_2 K + c_2 \overline{S}_n + \overline{S}_m K,$$

где $a_2 = \frac{a}{d}$, $q_2 = \frac{b}{d}$, $c_2 = \frac{c}{d}$.

По символу данного оператора построим матрицы $\Omega_A^\pm(t)$. Для матрицы $\Omega_A^+(t)$ построим задачу Римана для аналитических в единичном круге $|t|=1$ функций $(\Phi_1(\zeta), \Phi_2(\zeta))$:

$$\begin{cases} \Phi_1^-(t) = (a_2 + c_2 t^n) \Phi_1^+ + (q_2 + t^m) \Phi_2^+ \\ \Phi_2^-(t) = (\overline{q_2} + \overline{t^m}) \Phi_1^+ + (\overline{a_2} + \overline{c_2 t^n}) \Phi_2^+ \end{cases} \quad (20)$$

В первом равенстве системы (20) слева стоит аналитически продолжимая вне единичного круга функция, а справа аналитически продолжимая внутри единичного круга функция. По теореме Лиувилля эта функция равна постоянной, то есть $\Phi_1^-(\zeta) = c_1$. Тогда

$$\Phi_2^+(t) = \frac{c_1}{q_2 + t^m} - \frac{a_2 + c_2 t^n}{q_2 + t^m} \Phi_1^+(t).$$

Далее имеем

$$F^-(t) \left[\Phi_2^-(t) - \frac{c_1(\overline{a_2} + \frac{\overline{c_2}}{t^n})}{q_2 + t^m} \right] = \frac{F^+}{q_2 + t^m} \Phi_1^+,$$

где левая часть аналитически продолжимая вне единичного круга, а правая часть внутри единичного круга с m -полюсами в точках q_{jm} :

$$q_{jm} = \sqrt[m]{|q_2|} e^{\frac{i(\varphi+2j\pi)}{m}}, \quad j=1,2,\dots,m, \quad \varphi = \arg(-q_2).$$

Поэтому эта функция по теореме Лиувилля является аналитической на всей плоскости с m -полюсами в точках $q_{jm} (j=1,2,\dots,m)$. Тогда

$$\Phi_2^-(\zeta) = \frac{c_1 \overline{(a_2 + \frac{c_2}{\zeta^n})}}{q_2 + \zeta^m} + \frac{1}{F^-(\zeta)} [c_2 + \sum_{j=1}^m \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{2j}}],$$

$$\Phi_1^+(\zeta) = -\frac{q_2 + \zeta^m}{F^+(\zeta)} [c_2 + \sum_{j=1}^m \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{2j}}]$$

и далее

$$\Phi_2^+(\zeta) = \frac{(a_2 + c_2 \zeta^n)}{F^+(\zeta)} c_2 + \frac{c_1}{q_2 + \zeta^m} + \frac{a_2 + c_2 \zeta^n}{F^+(\zeta)} \sum_{j=1}^m \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jm}}.$$

Функция $\Phi_2^+(\zeta)$ имеет в точках $q_{jm} (j=1,2,\dots,m)$ полюс. Чтобы устранить их, представим

$$q + \zeta^m = \prod_{j=1}^m (\zeta - q_{jm})$$

и потребуем от свободных констант $c_1, c_{2+j} (j=1,2,\dots,m)$, чтобы они удовлетворяли m требованиям:

$$\frac{c_1}{\prod_{k \neq j} (g_{jm} - g_{km})} = -\frac{a_2 + c_2 q_{jm}^n}{F^+(q_{jm})} c_{2+j}, \quad j=1,2,3,\dots,m.$$

Теперь, предположив, что выполнены неравенства

$$a_2 + c_2 q_{jm}^n \neq 0 \quad \text{í} \quad \Gamma, (j=1,2,\dots,m), \quad (21)$$

найдем константы c_{2+j} через c_1

$$c_{2+j} = -\frac{F^+(q_{jm}) c_1}{(a_2 + c_2 q_{jm}^n) \prod_{k \neq j} (q_{jm} - q_{km})}, \quad j=1,2,\dots,m.$$

Заметим, что условия (21) можно записать в виде

$$\prod_{j=1}^m (a_2 + c_2 \sqrt[m]{|q_2|} e^{i \frac{m\phi+2j\pi}{m}}) \neq 0, \quad \forall t \in \Gamma$$

или же

$$(a_2(t))^m (d(t))^n + (-1)^{mn} (c_2(t))^m (b(t))^n \neq 0, \quad \forall t \in \Gamma. \quad (22)$$

Таким образом, имеем

$$\Phi^-(\zeta) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{1}{F^-(\zeta)} & \frac{1}{q_2 + \zeta^m} - \frac{1}{F^-(\zeta)} \sum_{j=1}^m \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jm}} \end{pmatrix},$$

$$\Phi^+(\zeta) = \begin{pmatrix} -\frac{q_2 + \zeta^m}{F^+(\zeta)} & \frac{a_2 + c_2 \zeta^n}{F^+(\zeta)} \\ -\frac{q_2 + \zeta^m}{F^+(\zeta)} \sum_{j=1}^m \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jm}} & \frac{1}{q_2 + \zeta^m} + \frac{a_2 + c_2 \zeta}{F^+(\zeta)} \sum_{j=1}^m \frac{c_{2+j}}{\zeta - q_{jm}} \end{pmatrix}$$

и в случае 2^0 также при выполнении граничного условия (10) матрицы $\Omega_A^{+-}(t)$ факторизуются с нулевыми частными индексами, то есть оператор A нётеров $L^p(D)$, $1 < p < \infty$.

Теперь остается доказать формулу для вычисления индекса (11).

Доказательство проведем по методу математической индукции по параметру mn .

Пусть в (1) $m = n$, то есть оператор A из [12] имеет вид

$$A = q_1(z)I + b_1(z)K + S_m + d_1(z)S_m K,$$

тогда, как показано в работе [9], индекс оператора A равен

$$\kappa = 2m \text{Ind}_\Gamma(b_1(t) - d_1(t)q_1(t)) = 2m \text{Ind}_\Gamma(b(t)c(t) - a(t)d(t)).$$

Пусть теперь при $m = \nu$ указанная формула для индекса оператора A справедлива, то есть имеет место

$$\kappa = 2 \text{Ind}_\Gamma(b_1^n(t) + (-1)^{m\nu} d_1^n(t)q_1^\nu(t)) = 2 \text{Ind}_\Gamma(b^n(t)c^\nu(t) + (-1)^{m\nu} d^n(t)a^\nu(t)).$$

Покажем, что тогда для оператора A из [12]

$$A = q_1(z)I + b_1(z)K + S_n + d_1(z)S_{n+\nu}K,$$

справедлива формула (11). Представим оператор A из [12] в виде

$$\begin{aligned} A &\equiv q_1(z)I + b_1(z)K + S_n + d_1(z)\bar{S}_{n+\nu}K = \\ &= q_1(z)I + b_1(z)K + S_n(I + d_1(z)\bar{S}_\nu K). \end{aligned} \quad (23)$$

Поскольку $|d_1(z)| \neq 1$, то, как известно, оператор

$$T_1 = I - d_1 \bar{S}_\nu K$$

в пространстве $L^p(D)$, ($1 < p < \infty$) обратим.

Умножив обе части [23] справа на обратимый оператор T_1 , с точностью до вполне непрерывного оператора, получим:

$$AT_1 = (q_1 I + b_1 K)(I - d_1 \bar{S}_\nu K) + \bar{S}(I + d_1 \bar{S}_\nu K)(I - d_1 \bar{S}_\nu K).$$

Воспользовавшись формулой композиций операторов

$$\bar{S}_\nu S_\nu = I - \bar{B}_\nu + T,$$

где \bar{B}_ν – обобщенный оператор Бергмана порядка ν , а T вполне непрерывный оператор, получим

$$AT_1 = (q_1 I + b_1 K + S_n - q_1 d_1 \bar{S}_\nu K) - b_1 d_1 S_\nu K - |d_1|^2 S_n (I - \bar{B}_\nu).$$

Оператор в первой скобке справа имеет вид оператора A с параметром ν и, следовательно, по предположению индукции его индекс равен:

$$\kappa = 2 \text{Ind}_T (b_1^n + (-1)^{n(n+\nu)} q_1^{n+\nu} d_1^n) = 2 \text{Ind}_T (b^n c^{n+\nu} + (-1)^{n(n+\nu)} q_1^{n+\nu} d^n).$$

Построив теперь семейство нётеровых операторов

$$T_\lambda = (q_1 I + b_1 K + S_n - q_1 d_1 \bar{S}_\nu K) - \lambda d_1 (\bar{b}_1 S_\nu K + d_1 S_n (I - \bar{B}_\nu)),$$

где $0 \leq \lambda \leq 1$, мы сопоставим оператору AT_1 нётеровый оператор

$$A_0 = q_1 I + b_1 K + \bar{S}_n - q_1 d_1 \bar{S}_\nu K$$

с индексом κ из (8). Формула для индекса доказана.

б) Пусть теперь выполнено условие (9) теоремы. Тогда по схеме пункта **а)** доказывается, что матрицы-символы $\Omega_A^\pm(t)$ безусловно факторизуются с нулевыми частными индексами. В этом случае оператор A обратим.

Замечание 1. Если в операторе (1) $n \geq m \geq 1$, то достаточно от оператора A перейти к оператору AK .

ЛИТЕРАТУРА

1. Векуа И.Н. – Обобщенные аналитические функции. – М.: Физ.-мат. лит., 1959, 628 с.
2. Джураев А. – ДАН СССР, 1971, т. 197, №6, с.1251-1254.
3. Комяк И.Н. – ДАН БССР, 1977, т. 21, №2, с.1074-1077.
4. Бойматов К.Х., Джангибеков Г. – Успехи мат. наук, 1988, т.43, в.3, с. 171-172.
5. Джангибеков Г. – Мат. заметки, 1989, т.46, в.5, с. 91-93.
6. Джангибеков Г., Чоршанбиева М.Ч. – ДАН РТ, 2011, т.54, №7, с. 526-535.

7. Duduchava R. – J. Operator Theory, 1984, v.11, pp. 41-76.
8. Симоненко Н.Б. – Изв. АН СССР. сер.мат., 1965, т.29, №4, с. 567-580.
9. Джангибеков Г. – ДАН СССР, 1988, т.300, №2, с. 272-276.

Г.ДЖАНГИБЕКОВ, М.Ч.ЧОРШАНБИЕВА*

**ОИДИ НЁТЕРОВЌ БУДАН ВА ИНДЕКСИ ЯК СИНФИ ОПЕРАТОРҲОИ
ИНТЕГРАЛИИ СИНГУЛЯРИИ ДУЧЕНАКА БО
ХАРАКТЕРИСТИКАҲОИ ГУНОГУНИ ҶУФТИ**

*Институти математикаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола шартҳои зарурӣ ва кифоягии эффектноки нётеровии оператори A дар $L^p(D)$ (дар майдони ададҳои ҳақиқӣ дидабаромадашуда) $1 < p < \infty$ ёфта шуда, формула барои ҳисобкунии индекси оператор ҳосил карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: нётеровӣ будани оператор – индекси оператор – матрисаи операторӣ – оператори интегралӣ сингулярии дученака.

G.JANGIBEKOV, M.CH.CHORSHANBIEVA*

**ON THE NOETHER AND THE INDEX OF A CLASS OF TWO-DIMENSIONAL
SINGULAR INTEGRAL OPERATORS**

*Institute of Mathematics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Tajik National University

The purpose of this article is to establish an effective necessary and sufficient conditions and Noetherian operator A in $L^p(D)$, (considered over the field) $1 < p < \infty$ and getting the formula for the calculation of the index.

Key words: Noetherian – the index of operator – operator matrix – two-dimensional singular integral operators.

УДК 519:87:681.8

С.Т.НАВРУЗОВ, З.Б.ШОМУРОДОВ*

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА В РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ**

*Технологический университет Таджикистана,
*Институт математики АН Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 14.09.2012 г.*

Цель исследования заключается в системном подходе к моделированию функционирования водохозяйственного комплекса в речном бассейне, где основным объектом управления водными ресурсами являются водохранилища. Разработана математическая модель управления режимом работы каскада водохранилищ по критерию согласования потребностей гидроэнергетики и ирригации в бассейнах трансграничных рек Сырдарьи и Амударьи.

Ключевые слова: трансграничный бассейн – водохранилище – вододеление – моделирование.

Описание модели. Речной бассейн представляется в виде графа, по дугам которого осуществляется перемещение объёмов воды в пределах одного временного интервала. Вершины графа представляют собой конечные или промежуточные пункты этих перемещений: слияние притоков, места водозаборов и сброса воды, водохранилища, гидротехнические сооружения и т.д.

Вершины разделяются на два подмножества. Элементами одного из них являются *вершины-водохранилища*, состояние которых в произвольный момент времени характеризуется объёмом воды. Элементами другого подмножества являются *вершины-узлы*, которым в природе соответствуют пункты слияния рукавов, притоков и искусственных каналов. Вершины-узлы не являются пунктами аккумуляции воды. Они включаются в математическую модель для учёта продвижения объёмов воды по речной сети.

Элементы другого множества – дуги графа – соответствуют участкам речной сети между двумя вершинами. В формализованном портрете бассейна протяжённость дуг не имеет значения, они рассматриваются как магистрали, указывающие направления стока

Адрес для корреспонденции: Наврузов Собир. 734000, г. Душанбе, ул. Н.Карабаева, 63/3, Технологический университет Таджикистана. E-mail: snavrizov@rambler.ru;
Шомуродов Зоир. 734011, г. Душанбе, ул. Айни 299, Институт математики АН РТ. E-mail: shomurodov_z@mail.ru

воды от одной вершины к другой. Таким образом, в данной статье речному бассейну сопоставляется точечная математическая модель, предназначенная, прежде всего, для учёта количества воды.

Подробное описание математического портрета речного бассейна в виде ориентированного графа для модельной трансграничной реки можно найти в работах [1-3].

Баланс водохранилищ. Пусть речной граф представлен s вершинами и k дугами. Обозначим через $X_s(t)$ – объём воды, накопленный в s -м водохранилище на конец t -го временного интервала; $V_s(t)$ – ресурс местный, то есть объём воды, пришедший непосредственно в s -й узел за t -й временной интервал (боковая приточность); $Q_s(t)$ – гидравлический ресурс, то есть объём воды, пришедший в s -й узел из вышележащего узла; $P_s(t)$ – объём испарения из s -го водохранилища за t -й временной интервал; $F_s(t)$ – возврат фильтрационных вод из s -го водохранилища за t -й временной интервал; $FF_s(t)$ – объём воды, потерянный из s -го водохранилища в течение t -го временного интервала за счёт фильтрации; $W_s(t)$ – объём воды, потерянный из s -го водохранилища в течение t -го временного интервала за счёт шлюзования; $R_s^n(t)$ – объём воды, полученный прикрепленным к s -му узлу n -м водопотребителем в течение t -го временного интервала; N_s – количество потребителей в s -м узле; $U_s(t)$ – объём попуска из s -го узла за t -й временной интервал. Эта вода может пропускаться как через турбины ГЭС, так и через водослив. Тогда объём воды в s -ой вершине-водохранилище определяется следующим образом:

$$X_s(t) = X_s(t-1) + V_s(t) + Q_s(t) - P_s(t) - F_s(t) - W_s(t) - \sum_{n=1}^{N_s} R_s^n(t) - U_s(t) \quad (1)$$

где s – номер узла, совпадающий с номером дуги, выходящей из водохранилища.

Баланс притока из вышележащих узлов и нижнего бьефа

$$Q_s(t) = QL_{s-1}(t-1) + QL_{s-1}(t), \quad (2)$$

$$QL_s(t) = \sum_{n=1}^{N_s} B_s^n(t) * R_s^n(t) + U_s(t) + J_s(t) * F_s(t) + W_s(t), \quad (3)$$

где $QL_s(t)$ – расход в нижний бьеф s -го узла, то есть объём, прошедший в нижний бьеф; $B_s^n(t)$ – коэффициент возврата, показывающий, какая доля воды, потребленной n -м водопотребителем s -го узла за t -й временной интервал, возвращается в гидравлическую сеть. Предполагается, что сдвигом во времени между началом водопотребления и возвратом (задержкой возврата) можно пренебречь. Если не так, то необходимо будет ввести до-

полнительный безразмерный коэффициент запаздывания. $J_s(t)$ – коэффициент, показывающий какая доля от потерь на фильтрацию возвращается в нижележащий участок русла.

В первом приближении можно считать, что параметры, учитывающие потери на фильтрацию и шлюзование, не зависят от номера узла, то есть можно интерпретировать переменные, как: $F_s(t) \Rightarrow F(t)$ и $W_s(t) \Rightarrow W(t)$.

Потери на испарение. Если $PS_s^{cp}(t)$ – средняя площадь зеркала s -го водохранилища за t -й интервал времени, а $SL_s(t)$ – слой «видимого» испарения из s -го водохранилища за интервал t , то потери на испарение $P_s(t)$ равны

$$P_s(t) = PS_s^{cp}(t) \cdot SL_s(t).$$

В предположении равномерного пополнения водохранилища

$$PS_s^{cp}(t) = \frac{PS_s(t-1) + PS_s(t)}{2}.$$

В общем случае имеем:

$$PS_s^{cp}(t) = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} PS_s(t) dt,$$

где $FS_s(t)$ – площадь зеркала s -го водохранилища за t -й интервал времени. Для перехода к переменным $X_s(t)$ линеаризуем $P_s(X)$: $P_s(X) = A_s \cdot X_s(t) + B_s$, тогда

$$P_s(t) = SL_s(t) \cdot \left(\frac{A_s}{2} (X_s(t-1) + X_s(t)) + B_s \right).$$

Обозначим $K_s(t) = A_s \cdot SL_s(t)$, $M_s = \frac{B_s}{A_s}$, тогда

$$P_s(t) = \left(M_s + \frac{X_s(t-1) + X_s(t)}{2} \right) \cdot K_s(t). \quad (4)$$

Ограничения на пропускную способность гидросооружения

$$U_s(t) + \sum_{n=1}^{N_s} G_s^n(t) \cdot R_s^n(t) = UG_s(t), \quad (5)$$

$$UG_s^{\min}(t) \leq UG_s(t) \leq UG_s^{\max}(t), \quad (6)$$

где: $UG_s(t)$ – расход через гидроузел (вода, прошедшая через створ s -го гидроузла за t -й временной интервал); $G_s^n(t)$ – коэффициент, показывающий, какая доля воды, полученная n -м водопотребителем, прошла через створ в нижний бьеф. Для некоторых водопользователей (судоходные и рыбные пропуска и т.д.) этот коэффициент равен единице; $UG_s^{\max}(t)$ и $UG_s^{\min}(t)$ – максимальная пропускная способность гидроузла и минимальный допустимый расход.

Ограничения расхода в нижнем бьефе и на объём водохранилища

$$Q_s^{\min}(t) \leq Q_s(t) \leq Q_s^{\max}(t) \quad (7)$$

$$X_s^{\min} \leq X_s(t) \leq X_s^{\max}, \quad (8)$$

где: $Q_s^{\min}(t)$ – не нарушаемый расход (например, гарантированный санитарный пропуск); $Q_s^{\max}(t)$ – пропускная способность русла; X_s^{\min} – минимальный объём воды в водохранилище, определяющий уровень мёртвого объёма воды; X_s^{\max} – максимальный объём воды в водохранилище, определяющий уровень нормального подпорного объёма воды.

Отметим, что в некоторых случаях верхняя и нижняя граница ограничения (8) может быть зависима от периода времени t , а именно: $X_s^{\min}(t)$ и $X_s^{\max}(t)$, которые определяют необходимые уровни для некоторых водопользователей (рыбное хозяйство, судоходство и др.).

Ограничение на мощность (заявки) водопотребителям

$$0 \leq R_s^n(t) \leq PR_s^n(t), \quad (9)$$

где $PR_s^n(t)$ – плановая потребность прикрепленного к s -му узлу n -го водопотребителя в t -й временной интервал. Рассмотрим ограничения на режим работы водопотребителей и на расход попуска из водохранилища:

$$\sum_{m=1}^{N_s} R_s^m(t) + U_s(t) + F_s(t) + P_s(t) + W_s(t) - V_s(t) \leq (X_s(t-1) - X_s^{\min}(t)) + Q_{s-1}(t-1). \quad (10)$$

Из (1) и (4) получим основное балансовое соотношение для каскада водохранилищ.

$$\begin{aligned} X_s(t) \cdot \left(1 + \frac{K_s(t)}{2}\right) + U_s(t) + \sum_{n=1}^{N_s} R_s^n(t) + X_s(t-1) \cdot \left(\frac{K_s(t)}{2} - 1\right) + U_{s-1}(t) - \\ \sum_{n=1}^{N_{s-1}} B_s^n(t) \cdot R_{s-1}^n(t) - U_{s-1}(t-1) - \sum_{n=1}^{N_{s-1}} B_{s-1}^n(t-1) \cdot R_{s-1}^n(t-1) - QG_s(t) = \\ = V_s(t) - M_s \cdot P_s(t) - F_s(t) - W_s(t) + \end{aligned}$$

$$\begin{cases} +((F_{s-1}(t)+W_{s-1}(t)))+(F_{s-1}(t-1)+W_{s-1}(t-1)), & \text{при } s > 1 \text{ и } t > 1, \\ +Q_{s-1}^0 + \left(1 - \frac{K_s(t)}{2}\right) \cdot X_s^0 & \text{при } s > 1 \text{ и } t = 1, \end{cases}$$

где: Q_s^0 – объём, накопленный в s -м узле на начальный момент времени; X_s^0 – начальный объём в s -м водохранилище; $B_n^k(t)$ – коэффициент возврата в k -е русло, показывающий какая доля потребленной воды возвращается в начальный створ k -го русла n -м водопотребителем, расположенном на примыкающем к этому створу узле, $\sum_{k \in M_s^-} B_k^n(t) = B_s^n(t) \leq 1$.

Балансовые соотношения и ограничения для произвольного графа

Предположим, что имеется s -узлов (вершин) и k -дуг. Тогда уравнение (1) будет справедливым для произвольной сети, если $Q_s(t)$ - суммарный приток по всем входящим дугам, а $U_s(t)$ - суммарный попуск по всем выходящим из s -го узла дугам, а именно:

$$Q_s(t) = \sum_{k \in M_s^+} \{Q_s(t-1) + Q_k(t)\}, \quad (11)$$

$$U_s(t) = \sum_{k \in M_s^-} \{U_s(t-1) + U_k(t)\}, \quad (12)$$

где $Q_k(t)$ – расход по k -й дуге и $U_k(t)$ – попуск k -й дуги.

Баланс нижнего бьефа определяется как:

$$Q_k(t) = \sum_{n=1}^{N_k} B_k^n(t) \cdot R_s^n(t) + B_k^s(t) \cdot U_s(t) + BF_k(t) \cdot F_s(t) + BW_s(t) \cdot W_s(t), \quad \forall k \in M_s^-,$$

где $B_k^s(t)$ – коэффициент, показывающий какая доля пускового расхода s -го узла попадает в начальный створ k -го русла, $\sum_{k \in M_s^-} B_k^s(t) = 1$; $BF_k(t)$, $BW_k(t)$ – безмерные коэффициенты, определяющие какая доля от потерь на фильтрацию и шлюзование из s -го водохранилища возвращается в k -е русло; M_s^+ – множество дуг, входящих в s -й узел; M_s^- – множество дуг, выходящих из s -й узла.

Ограничения на режим работы водопотребителей и расход попуска определяется как:

$$\sum_{n=1}^{N_s} R_s^n(t) * U_s(t) + FF_s(t) + W_s(t) + F_s(t) - V_s(t) \leq X_s(t-1) - X_s^{\min}(t) + \sum_{k \in M_s^+} Q_k(t-1).$$

Ограничение на $X_s(t)$, $Q_k(t)$ и $UG_s(t)$ выписываются аналогично ограничениям, описанным выше.

Выбор критериальных функций. Задача рационального использования водных ресурсов относится к задачам многокритериальной оптимизации. В работе предложено два уровня принятия решений: *верхний уровень, в котором определяются цели, идентифицируются критерии и выбираются конечные и оптимальные решения; нижний уровень, в котором определяются альтернативы и указываются последствия выбора какого-нибудь одного из найденных допустимых решений исходя из различных точек зрения.*

Таким образом, решение многокритериальной оптимизационной задачи включает следующие основные этапы:

- 1) *определение желаемых целей, наложение на них некоей структуры предпочтения;*
- 2) *создание имитационной модели, отражающей всё множество технических деталей, существующих для достижения поставленных целей, и установление системы оценки критерии;*
- 3) *применение какого-нибудь метода решения многокритериальных задач оптимизации;*
- 4) *выделение одного решения как «оптимального»;*
- 5) *если конечное решение не принято, то после сбора дополнительной информации осуществляется переход на следующую итерацию многокритериальной оптимизации (т.е. повторение пунктов 1).-4.), как правило, выполняющейся лицами, принимающими решения (ЛПР), остальные являются объектом работы инженеров и математиков.*

В задаче управления водных ресурсов в трансграничном речном бассейне определим такую «элементарную» цель, как удовлетворение заявки n -го водопотребителя на s -м узле в t -й интервал времени. Тогда можно доказать, что на множестве допустимых решений любые решения можно получить как оптимизацию суммы оценок «элементарных» целей.

Пусть $RP_s^n(t)$ – плановая заявка n -го водопотребителя на s -м узле в интервале времени t , а $R_s^n(t)$ – фактическое удовлетворение водопотребителя ($n \in N_s$, $s \in S$, $t \in T$). $PN_s(t)$ – фактическая выработка мощности; $RPN(t)$ – плановая. В качестве целевых функций рассматриваются различные «свёртки» оценок достижения «элементарных» целей.

Тогда задачу удовлетворения потребности n -го водопотребителя по всему каскаду можно свести к задачам минимизации следующей «свёртки»:

$$\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \alpha_s(t) \cdot D_s^n(t) \Rightarrow \min, \quad (13)$$

$$\sum_{t \in T} \alpha(t) \cdot DN(t) \Rightarrow \min \quad (14)$$

при выполнении ограничений (1)-(6). При этом дефицитом водопотребителя называется разность $D_s^n(t) = RP_s^n(t) - R_s^n(t)$, а для гидроэнергетики имеет смысл рассматривания суммарного дефицита на всём каскаде ГЭС $DN(t) = RPN(t) - \sum_{s \in S} PN_s(t)$, а $\alpha_s(t)$ и $\alpha(t)$ – весовые коэффициенты важности.

Итак, задача минимизации дефицита водопотребителей в трансграничном речном бассейне формулируются как задача многокритериальной оптимизации:

$$\min \left\{ \sum_{n \in N_s} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} a_s(t) \cdot D_s^n(t) \right\}$$

при выполнении ограничений (1)-(6), а решение данной задачи может быть получено методом линейного программирования.

В работе рассматривается также задача минимизации нелинейного функционала, в которой учитываются требования гидроэнергетики:

$$\min \left\{ \sum_{n \in N_s} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \delta_s^n(t) \cdot d_s^n(t) + \sum_{t \in T} \beta(t) \cdot dp(t) \right\},$$

где

$$d_s^n(t) = \frac{D_s^n(t)}{RP_s^n(t)} \text{ и } dp(t) = \frac{DN(t)}{RPN(t)}$$

– безмерные величины на отрезке $[0,1]$ и $\delta_s^n(t)$, $\beta(t)$ - коэффициенты, удовлетворяющие условию

$$\sum_n \sum_s \sum_t \delta_s^n(t) + \sum_t \beta(t) = 1.$$

Одним из трудных вопросов многокритериальной оптимизации является выбор «весов» $\delta_s^n(t)$, $\beta(t)$. Для решения данного вопроса предложена **интерактивная диалоговая процедура** работы ЛПП с имитационной моделью речного бассейна.

Упорядочим множество «элементарных» целей. Например, для двух элементарных целей ЛПП должно высказать либо отношение предпочтения одному из них, либо отношения безразличия.

Таким образом, все множество разбивается на подмножества так, что внутри каждого подмножества элементы находятся в отношении безразличия, а сами подмножества получают линейную упорядоченность между собой (то есть отношения эквивалентны). Всем элементам одного подмножества ставится в соответствие один и тот же «вес». После решения задачи и получения «оптимального» решения ЛПП может пересмотреть свои

отношения предпочтения. После проведения нескольких *итераций* ЛПР может получить удовлетворяющее его «оптимальное» решение.

До сих пор под элементарной целью понималось достижение заявки n -го водопотребителя, в s -м узле в t -й интервал времени. Соответствующие элементарным дефицитам «вес» или штрафы $a_s^n(t)$ предполагаем как линейную производственную функцию n -го водопотребителя. Однако большинство реальных водопотребителей имеют существенно нелинейные производственные функции, следовательно, и функции ущерба, если под ущербом понимать разницу между доходом, получаемым водопотребителем при полном удовлетворении его заявки, и доходом при фактическом водопотреблении. Эту трудность можно обойти, если под элементарной целью и, соответственно, дефицитом понимать не всю заявку, а её долю.

Для этого нелинейные зависимости ущербов от дефицитов заменяются кусочно-линейными и реальная водопотребность заменяется несколькими фиктивными водопотребителями, каждый из которых имеет линейную функцию ущербов (рис).

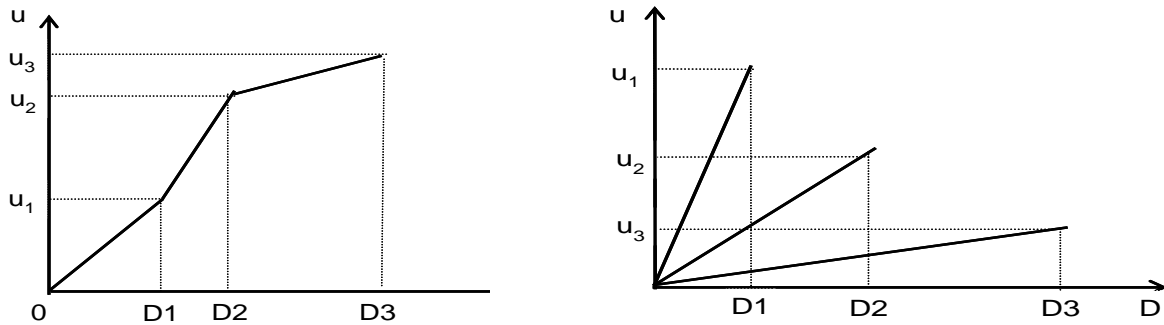


Рис. Функции ущерба водопотребителей:

- а) нелинейная функция ущерба одного водопотребителя, аппроксимируемая водопотребителями, эквивалентными кусочно-линейному» состоящей из трёх координат. водопотребителю.
- б) линейная функция ущербов трёх водопотребителя, эквивалентных кусочно-линейному» состоящей из трёх координат. водопотребителю.

Оценка ущерба от недодачи водопотребителю $D_s^n(t)$ воды выразится в виде $C_1 \cdot D1_s^n(t) + C_2 \cdot D2_s^n(t) + C_3 \cdot D3_s^n(t)$, где $D1_s^n(t) + D2_s^n(t) + D3_s^n(t) = D_s^n(t)$; весовые коэффициенты C_1, C_2, C_3 следует подбирать так, чтобы выполнялось правило поочередного заполнения дефицитов, то есть пока $D1$ не достиг наибольшего значения, $D2$ и $D3 = 0$. В случае выпуклой функции ущерба в качестве C_1, C_2 и C_3 можно взять тангенсы углов наклона ломанных, то есть

$$C_1 = \frac{u_1}{D1}; C_2 = \frac{u_2 - u_1}{D2 - D1}; C_3 = \frac{u_3 - u_2}{D3 - D2}.$$

Если же функция ущерба не выпукла, то поочередность заполнения дефицитов достигается упорядоченностью «весов», то есть $C_1 > C_2 > C_3$, если функционал максимизируется, и обратной упорядоченностью, если функционал минимизируется. Следует заметить, что до сих пор не имеется надёжных исследований, которые позволяли бы получить достаточно достоверные производственные функции и функции ущербов. Вот почему приходится вводить структуру предпочтения, ранжирования водопотребителей по их важности, то есть определять последовательность и правила их урезки в случае дефицита воды.

Одним из способов задания правил урезки является составление с помощью приближенных экономических, либо экспертных оценок матрицы приоритетов $\{dnj\}$.

Элемент матрицы $\{dnj\}$ показывает, что доля заявки n -го водопотребителя должна удовлетворяться по j -му приоритету. При этом

$$0 \leq dnj \leq 1 \quad \text{и} \quad \sum_j dnj = 1, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, J.$$

Таким образом, производится декомпозиция каждого реального водопотребителя на несколько фиктивных:

$$\pi_j^s(n, t) = dnj * R_s^n(t),$$

$$\sum_j \pi_s^j(n, t) = R_s^n(t).$$

Заявка каждого фиктивного водопотребителя определяется следующим образом:

$$\pi \pi_j^s(n, t) = dnj * RP_s^n(t).$$

Произведем теперь свёртку фиктивных водопотребителей по приоритетам:

$$PL_s^j(t) = \sum_{n=1}^N dnj * R_s^n(t) = \sum_{n=1}^N \pi_s^j(n, t).$$

Назначим коэффициент целевой функции (цена) при интегральных водопотребителях таким образом, чтобы выполнялось условие первоочередного удовлетворения водопотребителей более высокого приоритета, то есть другими словами: *водопотребитель j -го приоритета получает воду тогда и только тогда, когда все потребности 1-го, 2-го, ..., $(j-1)$ -го приоритетов, имеющие доступ к водным ресурсам j -го водопотребителя, удовлетворили свои заявки на 100%.*

В случае, если все водопотребители пользуются водой одного водохранилища, для выполнения сформулированного выше условия «приоритетности» достаточно выполне-

ния следующих соотношений: $C_j > C_{j+1}, j = 1, 2, \dots, J$. Для каскада водохранилищ достаточным будет условие $C_j > s \cdot C_{j+1}, j = 1, 2, \dots, J$, где s - число водохранилищ в каскаде.

Для решения сформулированных задач использовался язык моделирования GAMS [4]. Моделирование процесса управления водными ресурсами в бассейнах рек Сырдарья и Амударья проводилось посредством специально разработанного программного комплекса “CSTR” в два этапа [5]. На первом этапе рассматривается моделирование управления водными ресурсами в бассейне реки Сырдарья и на втором этапе – в бассейне реки Амударья.

Разработанная модель для бассейна реки Сырдарья представляется в виде системы из трёх государств – водопотребителей A , B и C , из которых A расположено в зоне формирования стока (Кыргызстан), B - в среднем течении (Таджикистан) и C – в зоне потребления водных ресурсов (Узбекистан, Казахстан). Сток может регулироваться водопользователем B с помощью расположенных на его территории водохранилищ. Приток в водохранилище формируется попусками воды из вышележащих водохранилищ, расположенных на территории государства A .

Разработанная автором модель для бассейна реки Амударья представляется в виде системы из двух государств – водопотребителей D и E , из которых D расположено в зоне формирования стока (Таджикистан) и E – в зоне потребления водных ресурсов (Узбекистан и Туркменистан). Сток регулируется водопользователем D с помощью каскада двух водохранилищ многолетнего и сезонного назначения, расположенных на его территории. Приток в водохранилище сезонного регулирования формируется попусками воды из вышележащего водохранилища многолетнего регулирования.

В этих моделях предполагается, что пользователи A, B и D заинтересованы в реализации такого режима управления водохранилищем, который обеспечивает их потребности в выработке электроэнергии. Предполагается также, что интересы пользователей C и E заключаются в обеспечении их потребностей в орошаемом земледелии.

Заметим, что все сценарии вододеления рассмотрены на примере трансграничного бассейна р. Сырдарья, где функционируют водохранилища: Токтогульское в Кыргызстане и Кайраккумское в Таджикистане. В бассейне р. Амударья рассматривается функционирование Рогунского и Нурекского водохранилищ на реке Вахш в Таджикистане и Туямунонского водохранилища на реке Амударья в Узбекистане.

Исследованиями, установлено, что Рогунское водохранилище многолетнего регулирования может проводить независимую водную политику, подчиняя её либо выработке максимального количества электроэнергии, либо обеспечению максимальных потребностей ирригации стран нижнего течения, либо оптимизации распределения воды между потребностями энергетики зоны формирования и ирригации зоны потребления.

Нурекское водохранилище сезонного регулирования, приточность в котором определяется режимом попуска из верхнего Рогунского водохранилища, может подчинить

свою деятельность интересам водопотребителей, расположенным в нижнем бьефе, то есть для удовлетворения потребности стран нижнего течения на орошение в трансграничном бассейне р. Амударья.

Полученные практические результаты по моделированию возможных сценариев водопользования в бассейне р. Амударья свидетельствуют о том, что строительство Рогунского водохранилища многолетнего регулирования совместно с функционирующим Нурекским водохранилищем сезонного регулирования может обеспечивать гарантированную водоотдачу странам нижнего течения в вегетационном периоде и, более того, приостанавливает процесс заиления Нурекского водохранилища. В статье предлагается выход из положения в том, чтобы при реализации данного сценария или какого-либо промежуточного сценария дефицит Таджикистана в выработке электроэнергии покрывался компенсационными услугами со стороны Узбекистана и Туркменистана.

Полученное решение – это первый шаг, который обеспечивает государства региона в *количественном плане распределения воды*, то есть страны верхнего течения обеспечивают достаточный (гарантированный) объём сброса воды для удовлетворения потребностей стран, расположенных ниже по течению трансграничных рек.

Для этого, в принципе, и предлагается математическая модель функционирования водохозяйственного комплекса в трансграничном бассейне, с помощью которой можно осуществлять компьютерное моделирование возможных сценариев водораспределения.

С помощью данной системы пользователи могут моделировать различные ситуации использования воды, её распределения между водопотребителями и водопользователями, а также определить баланс воды в выбранных участках трансграничной реки.

Результаты разработки позволяют повысить эффективность принятия решения в трансграничных речных бассейнах и проанализировать различные сценарии использования водных ресурсов региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усманов З.Д., Наврузов С.Т. – ДАН РТ, 2008, т.51, № 7, с.496-500.
2. Наврузов С.Т. Математические методы управления водными ресурсами трансграничных рек (на примере Центральной Азии). – Душанбе: Дониш, 2010, 243 с.
3. Шомуродов З.Б. – Вестник ТНУ, 2012, № 1(77), с. 33-39.
4. Brooke, A., Kendrick, D., Meeraus A. GAMS: a User's Guide, Scientific Press, 1988.
5. Усманов З.Д., Наврузов С.Т. Компьютерная инструментария для управления водными ресурсами трансграничных рек.// Патент № 149/09 03.07.2009 при Министерстве экономики и торговли Республики Таджикистан.

С.Т.НАВРУЗОВ, З.Б.ШОМУРОДОВ*

**МОДЕЛИ МАТЕМАТИКИИ ФАЪОЛИЯТИ КОМПЛЕКСИ ХОҶАГИИ
ОБ ДАР ҲАВЗАИ ДАРЁ**

Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон,

**Институту математикаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон.*

Дар мақолаи мазкур модели математикӣ фаъолиятномаи комплекси хоҷагии об дар ҳавзаи дарё тадқиқ карда шудааст. Ҳамчунин масъалаҳои идоракунии каскади обанбарҳо вобаста аз талаботҳои соҳаҳои гуногуни истифодабарандагони об омӯхта шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: ҳавзаи байни сарҳадӣ – обанбор – тақсимои об – моделирони.

S.T.NAVRUZOV, Z.B.SHOMURODOV*

**A MATHEMATICAL MODEL OF OPERATING THE WATER ECONOMIC
SYSTEM IN THE RIVER BASIN**

Technological university of Tajikistan,

**Institute of Mathematics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

In the article a systematic approach to modeling the operation of water sector in the river basin are considered. Also some of water-division problem for the river basin through management of cascade of reservoirs, taking into consideration of demands to water users are discussed. A mathematical model of the cascade management to reservoirs according with hydro-power and irrigation needs in Syrdarya and Amudarya transboundary rivers are developed.

Key words: transboundary river – reservoirs – water allocation – modeling.

УДК 811.222.8 : 81'322

Г.М.ДОВУДОВ

СТАТИСТИКА ЧАСТЕЙ РЕЧИ ТАДЖИКСКОГО ЯЗЫКА

Худжандский политехнический институт

Таджикского технического университета им. акад. М.С.Осими.

Поступила в редакцию 09.08.2012 г.

На основе полуавтоматической обработки корпуса текстов устанавливается частота встречаемости частей речи корней таджикских слов.

Ключевые слова: таджикский язык – слово – корень – часть речи – частота встречаемости.

Для выявления статистических закономерностей таджикского языка использован корпус текстов в виде репрезентативной выборки текстовой информации из художественных произведений, газетных статей и web-страниц с суммарным объёмом в 5 375 537 словоформ, из которых различными оказались 203941 словоформа.

1. К этому корпусу применён компьютерный морфологический распознаватель МР(79, 63571, 2791), морфемный словарь которого включает 79 префиксов, 63571 корней и 2791 постфиксов [1]. Получены следующие данные:

- из 5375537 проанализированных словоформ выделено 63082 различных нормальных форм (корней);
- полученная база корней разделена на два множества M_1 и M_2 ;
- M_1 содержит 5169 корней (8.19% от общего числа корней) и покрывает 4658817 словоформ (86.67% от общего числа словоформ),
- M_2 содержит 57913 корней (91.81% от общего числа корней) и покрывает 716720 словоформ (13.33% от общего числа словоформ).

Адрес для корреспонденции: Довудов Гулшан Мирбахоевич. 735700, Республика Таджикистан, Худжанд, 27 мкр. дом 26, Худжанский политехнический институт ТТУ им. М.С.Осими. E-mail: zarif_dovudov@mail.ru

Таким образом, все корни словоформ сгруппированы в множество M_1 часто встречающихся и множество M_2 редко встречающихся в словоформах корней.

Далее экспертным путем каждому корню из M_1 приписана одна из 13 частей речи – имя существительное (исм), имя прилагательное (сифат), имя числительное (шумора), местоимение (чонишин), глагол (фeъл), наречие (зарф), предлог (пешоянд), послелог (пасоянд), союз (пайвандак), частица (хиссача), междометие (нидо), нумератив, звукоподражание (калимаи таклиди овозй). Необходимо отметить, что в таджикской грамматике нумератив и звукоподражательные слова не рассматриваются как части речи. Мы же причисляем их к таковым только для того, чтобы отделить от других частей речи, к которым их не следовало бы относить.

Помимо части речи каждому корню из M_1 приписывались грамматические характеристики с соответствующими значениями, перечень которых из-за громоздкости здесь не приводится.

2. Объединенные в единый программный комплекс морфораспознаватель МР(79, 63571, 2791), с одной стороны, и база данных о частях речи совместно с грамматическими характеристиками, с другой стороны, образовали прототип морфологического анализатора, предназначенного для получения морфологического описания таджикской словоформы, состоящей из самой строки словоформы, части речи и грамматических параметров словоформы, корня словоформы и части речи корня [2].

Напомним, в частности, одну из особенностей таджикского языка [3], которая обнаруживается в том, что не всякой словоформе может быть приписана часть речи с соответствующими грамматическими параметрами. Дело в том, что некоторые словоформы оказываются по смыслу эквивалентными словосочетаниям или же фрагментам предложений. Например, словоформа «гуфтамат» (я тебе сказал) эквивалентна словосочетанию «ман ба ту гуфтам».

Таким образом, в таджикских текстах принципиально возможны два случая, когда словоформе можно приписать часть речи (иногда неоднозначно) и когда сделать это невозможно. В последнем случае морфоанализатор должен распознавать такие словоформы и автоматически разворачивать их в эквивалентные словосочетания. В связи с тем, что данный вопрос еще не получил окончательного разрешения, в настоящей статье мы не говорим о частях речи словоформ, а занимаемся описанием частей речи только *корней* словоформ.

В табл. показаны итоговые результаты статистической обработки упомянутого ранее корпуса текстов с помощью компьютерного морфоанализатора.

Таблица

Частота встречаемости корней различных частей речи в словоформах корпуса

№	Части речи корней слов	Частота встречаемости	Относительная частота (%)
1	исм	2 083 646	44.72
2	фeyл	889 334	19.09
3	пешоянд	501 326	10.77
4	ҷонишин	400 767	8.60
5	сифат	333 106	7.15
6	пайвандак	249 376	5.35
7	зарф	111 086	2.39
8	шумора	64 267	1.38
9	хиссача	11 588	0.25
10	нумератив	6 773	0.14
11	нидо	4 235	0.09
12	пасоянд	2 261	0.05
13	калимаи таклиди овозӣ	1 052	0.02
Итого:		4 658 817	100.00

ЛИТЕРАТУРА

1. Усманов З.Д., Давудов Г.М., Солиев О.М. – Таджикский компьютерный морфоанализатор. Лицензия (информационный ресурс) зарегистрирована ЗИ-03.2.220 ТД, 20.12.2011. Национальный патентно-информационный центр. Министерство экономического развития и торговли РТ.
2. Клышинский Э.С. - Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика. – М.: МИЭМ, 2011, с.106-140.
3. Усманов З.Д., Исмаилов М.А. – ДАН РТ, 1990, т. 33, № 1, с. 16-18.

Г.М.ДОВУДОВ

ОМОРИ ҲИССАҲОИ НУТҚИ ЗАБОНИ ТОҶИКӢ

*Донишқадаи политехникии**Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С.Осими дар ш. Хучанд*

Дар мақола бо истифодаи морфоанализатори компютери забони тоҷикӣ, ки аз тарафи муаллифон тартиб дода шудааст, корпуси матнҳои забони тоҷикӣ коркард карда шуда, басомади вохӯрии ҳиссаҳои нутқи асосӣ (решаҳои) калимаҳои забони тоҷикӣ муайян карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: забони тоҷикӣ – калима – реша – ҳиссаи нутқ – басомади вохӯрӣ.

G.M.DOVUDOV

STATISTIC OF PARTS OF SPEECH IN TAJIK LANGUAGE

Khujand's Polytechnic Institute of M.Osumi Tajik Technical University

Based on the semi-automatic processing of text corpus, frequencies of occurrence of roots for different parts of speech of Tajik words are established.

Key words: Tajik language – word – root – part of speech – frequency of occurrence.

УДК 551.521.3, 551.583

С.Ф.АБДУЛЛАЕВ, В.А.МАСЛОВ, Н.А.АБДУРАСУЛОВА, Б.И.НАЗАРОВ,
У.МАДВАЛИЕВ

**ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ CO₂ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА
В АРИДНОЙ И ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНЕ ТАДЖИКИСТАНА**

Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 30.08.2012 г.

Исследовано суточное изменение приземной концентрации углекислого газа в пустыне Айвадж, в г. Душанбе и в пос. Зидды. Установлено, что вариация среднечасового содержания углекислого газа в Айвадже наиболее гладкая, что, видимо, связано с нарушением дыхания растений из-за высокого содержания пыли на листьях. Получены отрицательные коэффициенты корреляции среднечасовых и среднемесячных концентраций углекислого газа и температуры воздуха как при измерениях в открытой атмосфере, так и при повышенных концентрациях в контролируемых теплицах.

Ключевые слова: концентрация углекислого газа – парниковые газы.

Существует более десятка факторов, влияющих на глобальное изменение климата, и из них первым и главным считается концентрация парниковых газов в атмосфере (углекислый газ, метан, закись азота, озон, и др.). В связи с этим актуальным является изучение распределения источников и стоков малых газовых составляющих приземной атмосферы по регионам планеты [1]. В Таджикистане данные о вариации концентрации парниковых газов в атмосфере практически отсутствуют.

Во многих развитых странах проводится мониторинг парниковых газов в атмосфере по трём направлениям: 1) определение эмиссии парниковых газов; 2) исследование потоков в приземном слое воздуха; 3) изучение пространственного распределения газа [2]. Измерения проводятся ежечасно и круглосуточно [3-5]. В работе [2] изучался суточный и годовой ход концентрации углекислого газа и его пространственное распределение. Авторами обнаружено, что в течение всего года сохраняется градиент концентрации CO₂

Адрес для корреспонденции: Абдуллаев Сабур Фузайлович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт АН РТ. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

между северными и южными районами. Годовой ход концентрации CO₂ имеет максимум в декабре, в марте он заметно уменьшается, достигая минимума в июле-августе.

Для восполнения пробела в данных о концентрации парниковых газов в Таджикистане в рамках проекта МНТЦ были организованы экспедиции в пустыню (Айвадж, высота 319 м над ур. м., 255 км к югу от Душанбе) и на экспериментальную высокогорную базу ФТИ АН РТ (поселок Зидды, 2449 м над ур. м., 100 км к северу от Душанбе). В г. Душанбе (ФТИ им. С.У.Умарова АН РТ, высота 803 м над ур. м.) также проводятся регулярные измерения концентрации CO₂ в приземном слое атмосферы. Для этих целей использовался газоанализатор ОПТЭК ОПТОГАЗ-500, относительная погрешность измерений которого составляет 15-25%. В настоящей статье приводятся данные мониторинга углекислого газа, полученные в аридной и высокогорной зонах Таджикистана.

На рис.1.а представлены результаты измерений концентрации углекислого газа, проведенных в июле-ноябре 2010 г. в Душанбе. С утра до вечера происходит спад среднечасовой концентрации, хотя и не монотонно, а с неравномерными колебаниями. При переходе от лета к осени концентрация углекислого газа постепенно увеличивается. Такая динамика сезонного хода обусловлена жизнедеятельностью растительности, а также другими процессами с участием углекислого газа: горение и разложение растительности, деятельность микроорганизмов, метеорологические факторы, химические процессы

в почве. Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере г. Душанбе, которое, по-видимому, связано с антропогенным происхождением, с вырубкой 100 деревьев, которые более 50 лет росли вокруг здания ФТИ АН РТ и создавали не только микроклимат на территории института, но и способствовали поглощению углекислого газа из атмосферы. На этой территории после вырубки деревьев содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось на 12%, что является примером отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду.

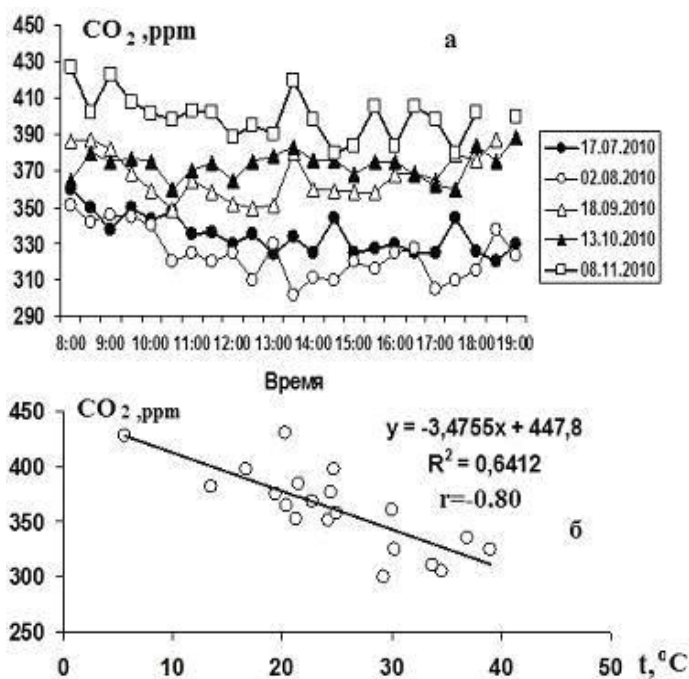


Рис.1. а – Изменение концентрации CO₂ в течение дня в июле-ноябре 2010 г. в г. Душанбе; б – корреляция изменения концентрации и температуры.

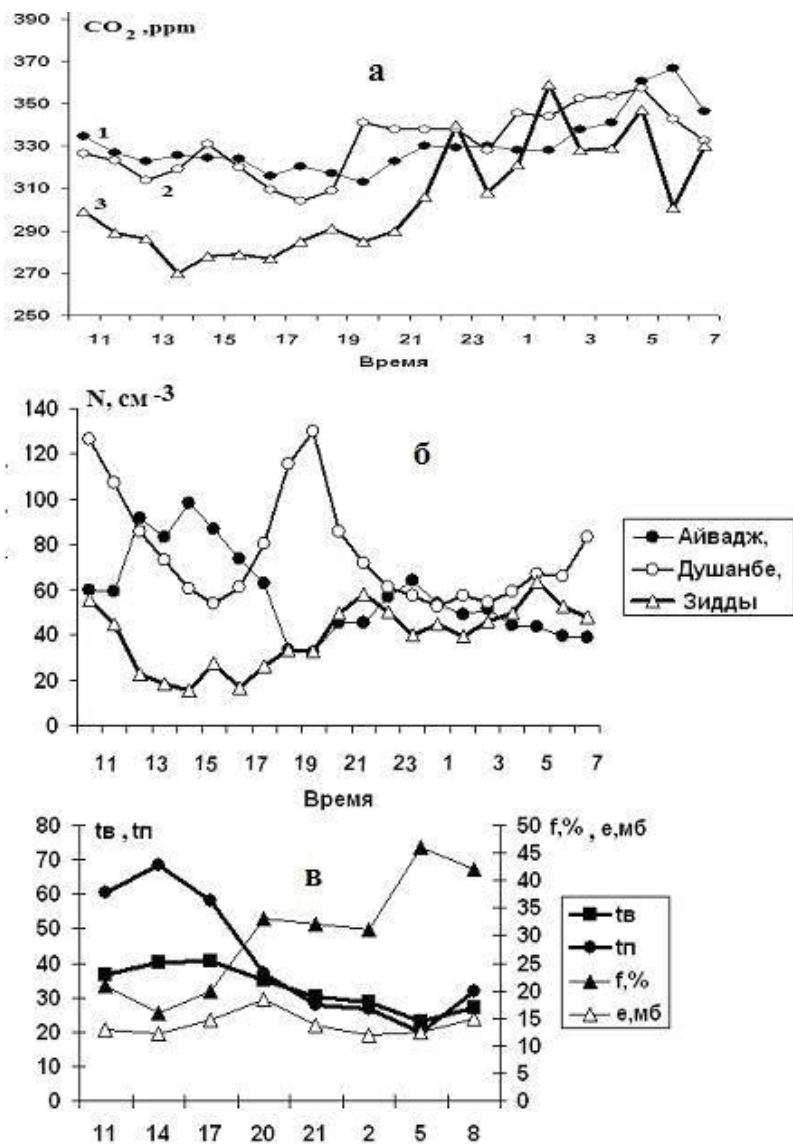


Рис.2. а – Среднесуточный ход концентрации CO₂: 1– Айвадж (2–3.07.2011); 2– Душанбе (4-5.07.2011); 3 – Зидды (7-8.07.2011). б – вариации концентрации частиц 0.3-1.0 мкм; в – изменение метеорологических параметров в Айвадже (tв– температура воздуха; tп – температура почвы; f, % – относительная влажность воздуха, е, мб– упругость водяного пара)

На рис.1.б приведена полученная по этим данным зависимость среднечасовых концентраций углекислого газа от температуры воздуха. Коэффициент корреляции изменения концентрации углекислого газа от температуры составляет $r=-0.8$.

Результаты измерения суточной концентрации углекислого газа рис.2.а и концентрации пылевого аэрозоля рис.2.б в пустыне Айвадж, в Душанбе и в пос. Зидды показывают, что запыленность в высокогорной области ниже, чем в пустыне или в субаридной зоне. Но содержание углекислого газа в пос. Зидды ночью превышает соответствующие значения для меньших высот, что может быть связано с дыханием растений, либо с переносом воздушных масс. Суточный ход изменения концентрации

углекислого газа повышается в ночное время и имеет несколько экстремальных точек (максимумов и минимумов), особенно резких в гористой области. Причины резких колебаний содержания CO₂ пока непонятны и вряд ли могут быть связаны только с жизнедеятельностью растений. На рис.2.в приведены метеорологические параметры, соответствующие

ющие периоду измерений в Айвадже: давление, относительная влажность, температура воздуха и температура почвы.

Значительно более низкий уровень колебаний величины среднечасовой концентрации CO_2 в пустыне Айвадж в светлое время суток, чем в высокогорном районе, связан, видимо, с нарушением процессов дыхания растений, выделяющих углекислый газ из-за отложения на листьях значительного количества пыли. В ночное время концентрации CO_2 сравнимы, процесс дыхания растений по-видимому, ослабевает, так как разница между ними почти исчезает.

Поскольку фотосинтез зависит от ритма жизнедеятельности растений и от притока солнечного излучения, то переход от процесса дыхания к фотосинтезу должен зависеть и от времени суток. Во всех точках наблюдения обнаружено высокое содержание углекислого газа в ранние утренние часы, что означает начало фотосинтеза, и низкие значения в светлое время суток. Динамика внутрисуточного изменения концентрации одинакова для всех точек наблюдения.

В работе [5] снижение концентрации углекислого газа однозначно связывается с

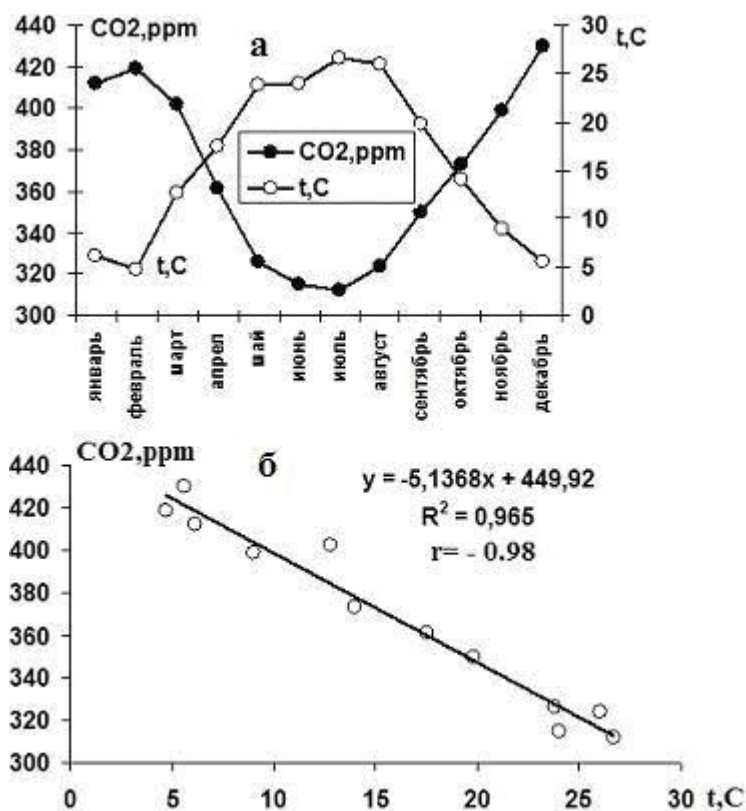


Рис.3. а– Годовой ход концентрации углекислого газа в атмосфере Душанбе.

началом фотосинтеза растений. Если следовать этому предположению, то максимумы среднечасовой значения концентрации углекислого газа для пос. Зидды, Душанбе и Айваджа (358, 350 и 366 ppm) указывают на начало фотосинтеза растений в 2, 5 и 6 часов утра, соответственно. Однако при отсутствии крупных лесных массивов на эти показатели возможно влияют и другие процессы с участием углекислого газа: горение и разложение растительности, деятельность микроорганизмов, химические процессы в почве.

Среднесуточное значение концентрации углекислого газа в пос. Зидды составляет 302 ppm (на 9.2%

выше содержания углекислого газа доиндустриального периода). Среднесуточная значения концентрации углекислого газа в пустыне Айвадж и Душанбе сравнимы – 335 ppm (на 9.3% меньше, чем средняя современная концентрация углекислого газа на планете).

На рис.3.а приведены среднемесячные концентрации CO₂ и среднемесячные температуры воздуха в Душанбе. Летний минимум содержания, совпадающий с летним максимумом температуры, связан, очевидно, с поглощением углекислого газа растениями. Амплитуда изменения концентрации CO₂ достигает 120 ppm в течение года. Корреляции среднемесячной температуры и среднемесячного содержания CO₂ изображены на рис.3.б. Коэффициент корреляции отрицателен и составляет $r = -0.98$.

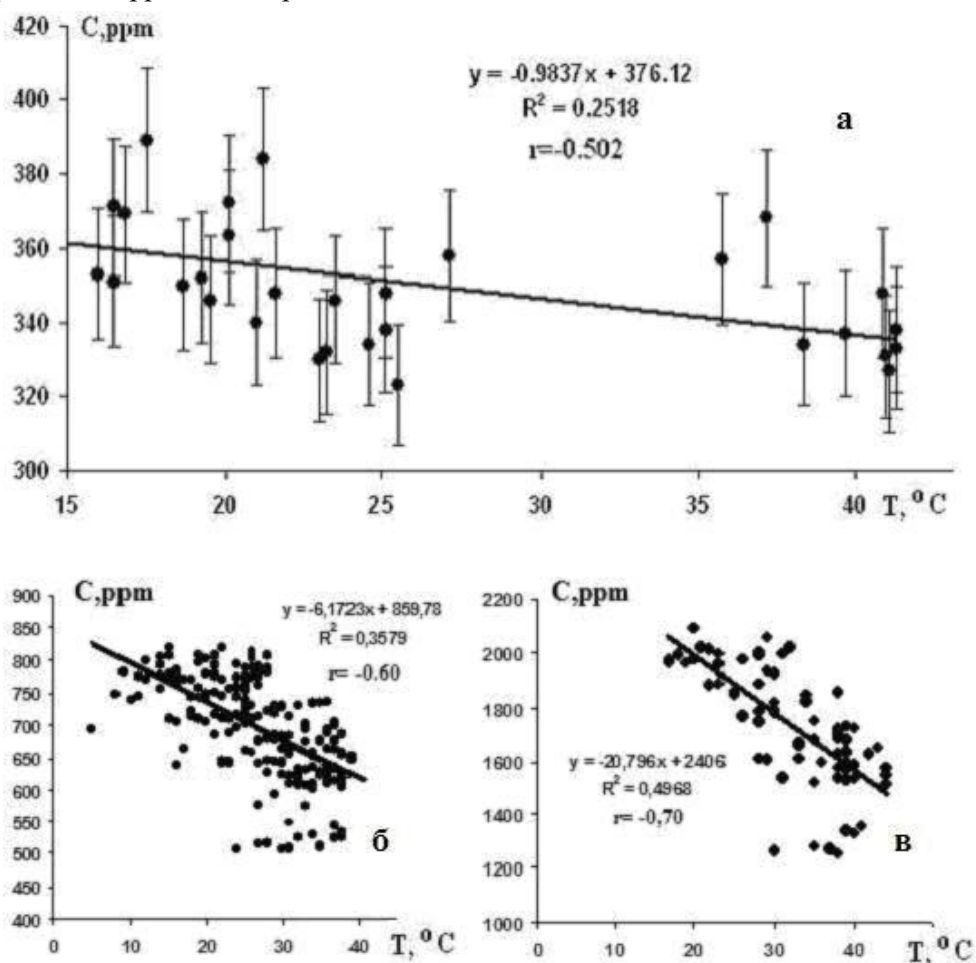


Рис.4. а – корреляция концентрации углекислого газа и температуры в открытой атмосфере; б, в – корреляция концентрации углекислого газа и температуры воздуха в парнике.

На рис.4 представлены корреляции изменения температуры, полученные в теплицах с искусственно изменяемой концентрацией углекислого газа в двух диапазонах: 500–850 и 1200–2100 ppm. Как при натуральных измерениях в атмосфере (рис.4.а) при концентрациях CO₂ 320-390 ppm, так и в теплицах получены отрицательные коэффициенты корреляции: для открытой атмосферы $r = -0.502$ (320-390 ppm), для теплиц $r = -0.60$ (при 500-850 ppm, рис.4.б) и $r = -0.70$ (при 1200-2100 ppm, рис.4.в)[6].

Проведенные нами прямые экспериментальные измерения температуры воздуха в зависимости от концентрации CO₂ позволяют заключить, что CO₂ является скорее антипарниковым газом [7-12]. Этот факт даёт основание считать, что мнение ряда экспертов о том, что главной причиной потепления климата является повышение концентрации CO₂ недостаточно обоснован.

Поскольку 93% территории Таджикистана находится на высоте более 3000 м над уровнем моря, высокие значения концентрации парниковых газов в атмосфере крупных городов и в аридной зоне компенсируются наличием большого числа высокогорных территорий и средняя концентрация парниковых газов в тропосфере находится на уровне ниже современного планетарного значения.

Проведенные нами исследования вариации концентрации углекислого газа в атмосфере позволяют разработать рекомендации по снижению её уровня. Доступным в настоящее время являются: посадка деревьев, внедрение энергосберегающих технологий, использование возобновляемых источников энергии и постоянный мониторинг углекислого газа, озона и других парниковых газов.

Работа выполнена при поддержке МНТЦ (проект Т-1688)

ЛИТЕРАТУРА

1. Aradula F., Gotti A. et al. – Atmos. Environ, 2003, v. 37, №27, pp. 3757-3770.
2. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д. и др. – Оптика атмосф. и океана, 2006, т. 19, №11, с. 948-955.
3. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д. др. – Оптика атмосф. и океана, 2007, т. 20, №1, с. 53-61.
4. Виноградова А.А., Федорова Е.И. и др. – Изв.РАН, ФАО, 2007, т.43, №5, с.651-663.
5. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д. и др. – Оптика атмосф. и океана, 2009, т. 22, №2, с. 183-192.
6. Абдуллаев С.Ф., Абдуллаев А., Усманов Т.П., Маслов В.А. – Материалы междунар. конф. "Влияние глобального изменения климата на экосистему аридной и высокогорной зоны Центральной Азии" – Душанбе, 2012, с.230-234.
7. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. – М.: Изд-во МГУ, 1991, 446 с.
8. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. – Вестник МГУ, сер. 5, География, 1996, №5, с. 27- 37.
9. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. – Вестник ОГГТГН РАН, 1997, т.1, №2, М.: ОНТИ ОИФЗ РАН: <http://www.scgis.ru/russian/cp1251/dgggms/2-97/evol-klm.htm>.
10. Пономарь В.В. – Вестник Приднестровского университета, 2002, №1 (15), с. 141-150.
11. Пономарь В.В. – "Природа и человек. Свет", 2003, №1, с.34-35.
12. Пономарь В.В. – Сб. докл. 2-й Междунар. научно-техн. конф. – Тирасполь. 2004. с. 127-131. www.tdsu.tirastel.md

С.Ф.АБДУЛЛАЕВ, В.А.МАСЛОВ, Н.А.АБДУРАСУЛОВА, Б.И.НАЗАРОВ,
У.МАДВАЛИЕВ

ТАҒЪЙИРЁБИИ КОНСЕНТРАСИЯИ СО₂ ДАР МУҲИТИ ХУШК ВА БА- ЛАНДКУҲИ ТОҶИКИСТОН

*Институти физикаю-техникаи ба номи С.У.Умарови
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Натичаҳои омузиши тағъйирёбии консентрасияи шабонарузии гази карбонат дар атмосфераи биёбони Айвадж, ш. Душанбе, д. Зидди оварда шудааст. Муқарар карда шудааст, ки қимати миёнаи консентрасияи яксоатагии гази карбонат дар Айвадж бештар бетағъйир аст, ки ин ба зиёд будани микдори чанг дар баргҳои растани алоқаманд аст. Қимати манфии коэффиенти алоқамандии тағъйирёбии консентрасияи гази карбонат аз температура ҳам дар атмосфера ва ҳам дар гармхонаҳои муоинашаванда ҳосил карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: консентрасияи гази карбонат – газҳои парникӣ.

S.F.ABDULLAEV, V.A.MASLOV, N.A.ABDURASULOVA, B.I.NAZAROV, U.MADVALIEV

DAILY CHANGES OF THE CONCENTRATION OF CARBON DIOXIDE IN THE ATMOSPHERE ARID AND HIGH MOUNTAIN ZONE OF TAJIKISTAN

S.U.Umarov Physical-Technical Institute, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

The diurnal variation of surface concentration of carbon dioxide in the desert zone Ayvadh, in Dushanbe and in the village Ziddi was studied. The average hourly variation in carbon dioxide in Ayvadh the most smooth, was found which is apparently due to respiratory failure due to on the high dust levels on plants. Negative correlations hourly and monthly average concentrations of carbon dioxide with air temperature was received in the open atmosphere, and also at higher concentrations in controlled greenhouses.

Key words: concentration carbon dioxide – greenhouse gases.

УДК 547.735

А.Т.ДЖУМАЕВ, Г.А.ТАШБАЕВ*, О.ТУХТАСУНОВ**

СУЛЬФИДЫ И СУЛЬФОНЫ

1,3-ДИГИДРОБЕНЗО[С]ТИОФЕН2,2-ДИОКСИДА

*Технологический университет Таджикистана,
*Таджикский государственный университет коммерции,
**Горно-металлургический институт Таджикистана*

Поступила в редакцию 01.08.2012 г.

Приводятся результаты реакции нуклеофильного замещения 1-бromo-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида с алифатическими и ароматическими тиолами. Синтезированы новые производные 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида.

Ключевые слова: бензо[с]тиофен – 1,3-дигидробензо[с]тиофен – 1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид – 1-бromo-1,3-дигидробензо[с]тиофен-2,2-диоксид – 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен-2,2-диоксид – тиолы – сульфиды – сульфоны – нуклеофильное замещение.

В последние годы интенсивно развивается синтез органических соединений серы, что связано с получением на их основе новых реакций и реагентов для органического синтеза. Например, реакция Кори успешно применяется в синтезе полифункциональных олефинов и универсального растворителя – диметилсульфоксида (ДМСО).

1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (1) оказался удобным синтоном в синтезе его производных и других классов соединений, в том числе для генерации охинодиметанов, в синтезе поликонденсированных соединений [1-4].

В связи с вышеизложенным, синтез новых производных 1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида (1) является актуальной задачей современного органического синтеза.

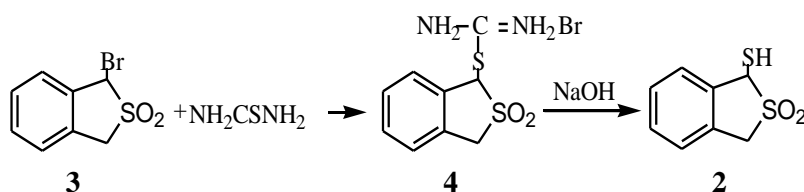
Данная работа посвящена синтезу и исследованию реакции 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида (2).

Адрес для корреспонденции: Джумаев Асадуло Тагаевич. 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н.Карбаева, 63/3, Технологический университет Таджикистана. E-mail: jumaev67@mail.ru

В литературе [5,6] описаны многочисленные методы получения алициклических, ароматических и гетероциклических тиолов, но многие из них для препаративной цели малоэффективны. Для синтеза 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида (2) нами использован метод получения тиолов через его тиоуроновые соли из алкилгалогенидов.

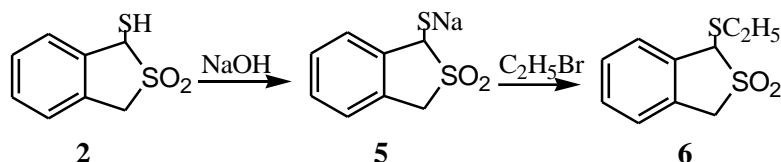
Для этой цели нами разработан препаративный метод синтеза 1-бromo-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида (3). Физико-химические константы полученного продукта соответствуют литературным данным [7]. Структура доказана на основании данных ИК-спектров. В ИК-спектре присутствуют полосы поглощения в области: 590, 610 см⁻¹ брома, 710, 820, 900 см⁻¹, ароматического кольца, 1140, 1330 см⁻¹ соответствующие колебаниям сульфоногруппы и 1440 см⁻¹ метиленовой группы.

При кипячении в спирте 1-бromo-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида (3) и тиомочевины в соотношении 1:1 с высоким выходом получили соответствующие тиоуроновые соли (4). Действием едкого натра на тиоуроновую соль 4 и последующим подкислением с хорошим выходом синтезировали 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (2).



Структура тиола (2) доказана на основании данных ИК-спектров и спектров ПМР. В ИК-спектре имеются характерные полосы поглощения группы SO₂ (1140 см⁻¹, 1330 см⁻¹), CH₂ (1440 см⁻¹) SH (2280, 2290 см⁻¹). В спектре ПМР присутствуют сигналы протонов меркаптогруппы (δ 1.60 м.д.), метиленовой группы (δ 4.20 м.д.), группы CH (δ 5.60 м.д.) и протонов ароматического кольца (δ 7.10-7.40 м.д.).

Проведено исследование реакции алкилирования группы SH в 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида (2). 1-Меркапто-1,3-дигидро-бензо[с]тиофен2,2-диоксид легко дает соли меркаптида (5) с водным раствором едкого натра. Эта соль (5) с алкилирующими реагентами образует S-алкилпроизводные. Таким образом, при действии этилбромидом на натриевую соль меркаптида (5) с хорошим выходом образуется 1-этилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (6). Реакция проходит в водно-диоксановой среде при температуре 50°C.

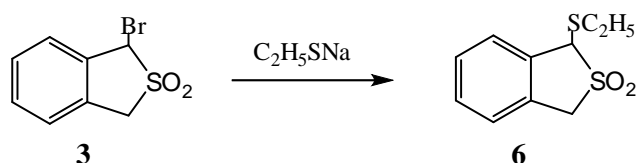


Структура сульфида (6) доказана на основании данных ИК-спектров и спектров ПМР. В ИК-спектре имеются характерные полосы поглощения группы -S-(1225 см⁻¹), CH₂

(1440 cm^{-1}), CH_3 (1390 cm^{-1}), SO_2 (1140, 1330 cm^{-1}) и ароматического кольца (730, 750, 770 cm^{-1}).

В спектре ПМР присутствуют сигналы протонов метиловой группы (δ 1.80 м.д.), метиленовой группы (δ 3.90 и 4.20 м.д.), группы CH (δ 5.60); и протонов ароматического кольца (δ 7.10-7.40 м.д.).

Нами исследовано также получение 1-этилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида реакцией нуклеофильного замещения 1-бromo-1,3-дигидро-бензо[с]тиофен2,2-диоксида меркаптидом этантиола. Этантиол с водным раствором едкого натра легко даёт натриевую соль меркаптана, действие последнего на 1-бromo-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диксид **3** приводит к образованию 1-этилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диксиду **6** с хорошим выходом.

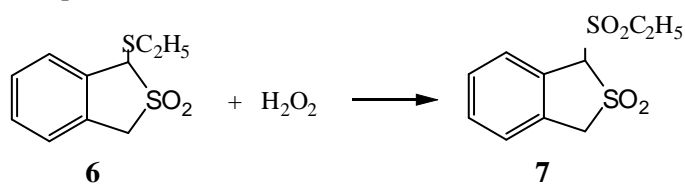


Реакцию проводили водно-диоксановом растворе при комнатной температуре.

В ИК-спектре имеются характерные полосы поглощения группы $-\text{S}-$ (1225 cm^{-1}), CH_2 (1440 cm^{-1}), CH_3 (1390 cm^{-1}), SO_2 (1140, 1330 cm^{-1}) и ароматического кольца (730, 750, 770 cm^{-1}).

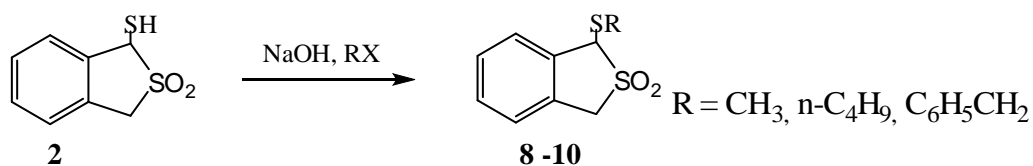
В спектре ПМР присутствуют сигналы протонов метиловой группы (δ 1.80 м.д.), метиленовой группы (δ 3.90 и 4.20 м.д.), группы CH (δ 5.60); и протонов ароматического кольца (δ 7.10-7.40 м.д.).

Окисление 1-этилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида перекисью водорода в уксусной кислоте количественном выходе приводит к образованию 1-этилсульфонил-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (**7**). Реакция протекла при температуре кипения растворителя в течение 5 ч.



Структура сульфида **7** доказана на основании данных ИК-спектров. В его ИК-спектре имеются характерные полосы поглощения группы CH_2 (1440 cm^{-1}), CH_3 (1390 cm^{-1}), SO_2 (1140, 1150, 1330 cm^{-1}) и ароматического кольца (720, 730, 760 cm^{-1}).

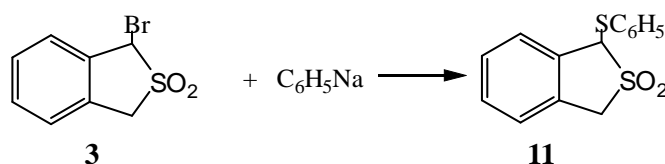
По методике получения 1-этилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диксида (**3**) нами был синтезирован ряд сульфидов с применением алкилгалогенидов.



В этих реакциях были использованы метилйодид, н-бутилбромид и бензилхлорид, в результате с хорошим выходом синтезировали 1-метилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (**8**), 1-н-бутилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (**9**) и 1-бензилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (**10**). Структуры сульфидов доказаны на основании данных ИК-спектров и спектров ПМР.

В случае применения хлорбензола и бромбензола для синтеза соответствующих производных желаемые результаты не достигнуты. Для получения фенилзамещённых использовали второй метод. Действием едкого натра на тиофенол вначале получили тиофенолят натрия. Добавлением 1-бromo-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида к раствору тиофенолята натрия синтезировали 1-фенилтио-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид (**11**).

Реакция протекала в водно-диоксановом растворе при температуре 90°C.



Структура сульфида доказана на основании данных ИК-спектров и спектров ПМР. В его ИК-спектре имеются характерные полосы поглощения группы (-S-); (1225 см⁻¹), CH₂ (1420 см⁻¹), SO₂ (1140, 1330 см⁻¹) и ароматического кольца (720, 780, 830, 870, 910, 930 см⁻¹).

В спектре ПМР присутствуют сигналы протонов метиленовой группы (δ 4.25 м.д.), и протонов ароматического кольца (δ 7.10-7.60 м.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ташбаев Г.А. Химия бензо[с]тиофена. – Душанбе: Дониш, 2007, 282 с.
2. Charlton J.L., Alauddin M.M. – Tetrahedron, 1987, v. 13, pp. 2873-2886.
3. Jia Z.J., Searborough R.M., Zhang P. et al. – Chem. Pharm. Bull., 2009, v. 57, pp. 1004-1007.
4. Clemtnt J.A., Gunasekaran P., Mohanakrishnan A.K. – Synthetic Comm., 2009, v. 39, pp.3324-3337.
5. The Chemistry of the Thiol Group, ed. S. Patai. – New York: Academic Press, 1974, 338 p.
6. Синтез сульфидов, тиофенов и тиолов. – М.: Наука, 1988, 208 с.
7. Neidlein R., Dorr H. – Justus Liebigs Ann. Chem., 1980, s. 1540-1548.
8. Ташбаев Г.А. – Известия РАН. Серия хим., 2005, №2, с.428-432.
9. Прянишников Н.Д. – Практикум по органической химии. – М.: Госхимиздат, 1956, с.51.
10. Вейганд К. – Методы эксперимента в органической химии. – М.: ИЛ, 1950, ч. 2, с.323.

А.Т.ЌУМАЕВ, Ғ.А.ТАШБАЕВ*, О.ТУХТАСУНОВ**

ҲОСИЛАҲОИ АМИНҲО

1,3-ДИГИДРОБЕНЗО[С]ТИОФЕН2,2-ДИОКСИД

Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон,

**Донишгоҳи давлатии тиҷорати Тоҷикистон,*

***Донишқадаи кӯҳи-металлургии Тоҷикистон*

Дар мақола реаксияи муовизаи 1-бромо-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид бо тиолҳои алифати ва аромати, оварда шудааст. Ҳосилаҳои нави 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид синтез карда шуданд.

Калимаҳои калидӣ: бензо[с]тиофен – 1,3-дигидробензо[с]тиофен – 1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксид – 1-бромо-1,3-дигидробензо[с]тиофен-2,2-диоксид – 1-меркапто-1,3-дигидробензо[с]тиофен-2,2-диоксид – тиолҳо – сульфидҳо – сульфонҳо – муовизаи нуклеофили.

A.T.JUMAEV, G.A.TASHBAEV*, O.TUHTASUNOV**

SULFIDE AND SULFONE 1,3-DIHYDROBENZO [C] TIOFEN2,2-DIOKSIDA

Technological university of Tajikistan,

**Tajik state university of Commerc,*

***Mining and Metallurgical institute of Tajikistan*

The reaction of 1-bromo-1,3-dihydrobenzo[c]thiophene2,2-dioxide with alyphatik and aromatic thiols afforded sulphydes and sulphones of 1,3-dihydrobenzo[c]thiophene2,2-dioxide in satisfactory yields.

Key words: benzo[c]thiophene – 1,3-dihydrobenzo[c]thiophene – 1,3-dihydrobenzo[c]thiophene2,2-dioxide – 1-bromo-1,3-dihydrobenzo[c]thiophene-2,2-dioxide – 1-merkapto-1,3-dihydrobenzo[c]thiophene2,2-dioxide – thiols – sulfides – sulfones– nucleophylic reaction.

УДК 542.61:546.3

Е.Н.АЛИКИНА, М.И.ДЁГТЕВ, А.А.АМИНДЖАНОВ*

**ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ Co, Zn, Cd И Hg ИЗ ТИОЦИАНАТНЫХ
РАСТВОРОВ РАСПЛАВАМИ СМЕСЕЙ ДИАНТИПИРИЛАЛКАНОВ И
БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ**

Пермский государственный университет,

**Таджикский национальный университет*

Поступила в редакцию 19.09.2012 г.

В статье рассматриваются результаты исследования экстракции ионов кобальта, цинка, кадмия и ртути расплавами смесей диантипирилметана и бензойной кислоты из кислых тиоцианатных растворов. Представлены оптимальные условия расщепления и образования расплава. Показана возможность количественной экстракции ионов кобальта, цинка и кадмия из тиоцианатных растворов диантипирилалканами. Установлен состав извлекаемых комплексных соединений, предложен механизм экстракции.

Ключевые слова: экстракция – тиоцианат – диантипирилалкан – бензойная кислота.

Жидкостная экстракция неорганических соединений органическими растворителями является распространенным методом выделения, обогащения и разделения элементов в химической технологии, технологии цветных, редких и благородных металлов, радиохимии, аналитической химии. Однако в последние годы в связи с проблемами охраны окружающей среды ужесточаются требования, предъявляемые к экологической безопасности технологических процессов и условиям труда. Поэтому возрастает значение экстракционных методов, исключающих использование токсичных, пожароопасных, высоколетучих органических растворителей. Возможность осуществления такого подхода связана с применением расслаивающихся систем с единственным жидким компонентом – водой, а также, в частности, с использованием для экстракции расплавов органических веществ.

Адрес для корреспонденции: Аминджанов Азимджон Алимович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет.
E-mail: azimjon51@mail.ru; alikina-en@yandex.ru; anchem@psu.ru

В семидесятые годы прошлого столетия отмечалось, что ионы металлов легко извлекаются при повышенной температуре из водных растворов расплавами органических соединений [1–3]. При этом не требуется применения жидкого органического растворителя. При температуре, не превышающей температуру кипения воды, твердый экстрагент образует вторую жидкую (органическую) фазу, то есть осуществляется вариант обычной жидкофазной экстракции. После экстракции и охлаждения органическая фаза затвердевает и превращается в компактную массу – расплав, позволяющий легко разделять твердую органическую и жидкую водную фазы.

В качестве легкоплавких органических реагентов широко используются органические основания и кислоты. В настоящее время подробно исследованы расслаивающиеся системы с антипирином, алкиламинами, пирамидоном в качестве органических оснований со следующими кислотами: нафталин-2-сульфокислота, пирокатехин, резорцин, производные бензойной кислоты, галогенуксусные кислоты [4-7].

При смешивании компонентов таких систем в определенных мольных соотношениях образуются вязкие жидкости, ограниченно растворимые в воде. Последнее и приводит к их выделению в отдельную фазу, при этом сохраняется жидкое двухфазное равновесие.

Наиболее исследованным компонентом расслаивающихся систем является антипирин [4,8,9]. Известно, что антипирин и его производные обладают высокой экстракционной способностью по отношению к ионам металлов из различных по составу водных растворов. Однако сведения по их применению для экстракции неорганических ионов расплавами отсутствуют.

Нами исследована экстракция ионов Co, Zn, Cd и Hg расплавами смесей диантипирилалканов и бензойной кислоты из кислых тиоцианатных растворов.

Экспериментальная часть

В качестве экстрагентов применяли смесь бензойной кислоты (БК) «чда» и диантипирилалканов (ДАА), которые синтезировали по методу [10]. Стандартные растворы сульфатов кобальта, цинка и кадмия (0,1 моль/л) готовили растворением навесок $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ в дистиллированной воде, а стандартный раствор сульфата ртути – растворением навески HgSO_4 в 0.5 моль/л растворе H_2SO_4 . Концентрацию ионов металлов определяли комплексометрически [11]. Для приготовления стандартного раствора тиоцианат-ионов (2.0 моль/л) навеску NH_4SCN «хч» в дистиллированной воде. Концентрацию последнего определяли аргентометрическим титрованием.

Влияние различных факторов на образование расплава, а также распределение ионов металлов между фазами изучали в градуированных пробирках с притертыми стеклянными пробками при нагревании до 353 К в течение 10 мин, периодически перемешивая.

Необходимую концентрацию ионов водорода создавали введением соответствующей неорганической кислоты HX (HCl , H_2SO_4 или H_3PO_4), а концентрацию тиоцианат-ионов – введением 2 моль/л раствора NH_4SCN .

После достижения экстракционного равновесия (10 мин) пробирки охлаждали до комнатной температуры, а застывший экстракт отделяли от водной фазы механически.

Органическую фазу (расплав) вследствие высокой её вязкости растворяли в этиловом, изопропиловом спиртах или ацетоне, и проводили определение ионов металлов титриметрически. Контроль за содержанием последних осуществляли также по водной фазе.

Состав экстрагируемых комплексов устанавливали биогарифмическим методом и по результатам химического анализа экстракта-расплава на все компоненты. В последнем случае в аликвотных частях спиртового экстракта определяли концентрацию ионов металла по предложенному выше методу, концентрацию ионов водорода – алкалиметрически с индикатором бромкрезоловым зеленым, концентрацию диантипирилметана (ДАМ) – по методу [12], а содержание тиоцианат-ионов – аргентометрически. Концентрацию всех компонентов рассчитывали с учётом значений контрольного опыта.

Результаты и их обсуждение

Эффективность расслаивающихся систем без органического растворителя определяется величиной границ расслаивания, а также объёмом органической фазы – расплава. Поэтому перед изучением экстракции ионов металлов смесями ДАА и БК определили концентрационные границы образования расплава, а именно соотношение органических и неорганических компонентов, образующих расплав.

Установлено, что в отсутствие неорганической кислоты при нагревании до 363 К расплав в системе $ДАМ - БК - вода$ не образуется. Однако уже для гомологов – изобутил-ДАМ и гексилДАМ характерно образование расплава с БК в отсутствие неорганической кислоты. При введении сильных минеральных кислот в систему и при нагревании до 343-353 К процесс расслаивания ускоряется, при этом происходит увеличение объема расплава и уменьшение его вязкости.

При нагревании до 353 К в системах $ДАМ - БК - NH_4SCN - HX - H_2O$ происходит расслаивание водной фазы при концентрации неорганической кислоты от 0.01 до 4.0 моль/л (таблица). Концентрации кислот более 4 моль/л не исследовались, так как в этих условиях наблюдается разложение тиоцианат-ионов, что приводит к уменьшению их концентрации.

Из таблицы видно, что содержание минеральной кислоты в присутствии тиоцианат-ионов практически не влияет на объём образующегося расплава для всех рассмотренных диантипирилалканов.

Влияние концентрации неорганической кислоты на объем расплава

(пДАА:пБК = 1:1, $\Sigma n = 0.004$ моль, $C_{SCN^-} = 0.25$ г/л)

Концентрация кислоты, моль/л	V расплава, мл		
	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄
0.01	0.5	1.1	0.8
0.1	1.0	1.1	0.9
0.25	1.1	1.2	0.9
0.5	1.2	1.2	0.9
1.0	1.2	1.2	0.9
2.0	1.2	1.2	0.9
4.0	1.2	1.2	0.9

Это косвенно доказывает, что в расплаве преимущественно находятся тиоцианатные соли ДАА·nHSCN, $n \geq 1$, которые прочнее хлоридных, сульфатных и фосфатных солей ДАА [10, 13]. Таким образом, минеральная кислота в исследуемых экстракционных системах выполняет роль поставщика протонов для образования тиоцианатной соли реагента.

Влияние соотношения органического основания и органической кислоты на образование расплава исследовали методом изолярических серий при различных значениях концентрации неорганической кислоты и тиоцианат-ионов. Обнаружено, что наибольший объем органической фазы (расплава) наблюдается при соотношении ДАА:БК, равном 2:1. Однако наиболее эффективным соотношением органических основания и кислоты следует считать 1:1, для которого необходимы меньшие количества реагентов, обеспечивающие достаточный для анализа объем расплава (1.0 – 1.5 мл).

Проведенные исследования показали, что в системах ДАА – БК – НХ – вода, а также ДАА – БК – NH₄SCN – НХ – вода существуют достаточно широкие области расслаивания (при $T > 323$ К). Область устойчивого жидкофазного равновесия наблюдается в широком интервале концентраций неорганических кислот (HCl, H₂SO₄, H₃PO₄). При этом концентрация минеральной кислоты не влияет на объем образующегося расплава при прочих равных условиях. Благодаря этому такие системы можно использовать для экстракции ионов металлов из различных по природе растворов в широком интервале концентраций минеральных кислот.

В дальнейшем было установлено, что органическая фаза, образованная тиоцианатной и бензоатной солью реагента (расплав), как жидкий ионит способна взаимодействовать с металлокомплексными анионами и, как следствие, экстрагировать их.

Исследована экстракция ионов Co, Zn, Cd и Hg из кислых тиоцианатных растворов расплавами смесей БК и ДАА.

Ионы Co²⁺ и Zn²⁺ относятся по классификации Пирсона к промежуточным катионам металлов [14]. Образование и экстракция тиоцианатных комплексов кобальта и цинка с расплавом ДАА – БК проходит в интервале концентраций HCl, равном 0.1 – 3.0 моль/л.

Повышенная кислотность необходима, с одной стороны, для уменьшения гидролиза ионов металлов, а с другой – для образования катионной формы реагента $(\text{ДАА} \cdot \text{H})^+$. Оптимальной для извлечения ионов Co^{2+} концентрацией HCl является 0.25-2.0 моль/л (рис. 1). Цинк в присутствии хлороводородной кислоты извлекается хуже, чем кобальт, что связано с меньшей устойчивостью комплексного аниона $[\text{Zn}(\text{SCN})_4]^{2-}$ [15] и, как следствие, с большей конкуренцией соли тиоциановодородной кислоты HSCN за реагент.

В присутствии H_2SO_4 и H_3PO_4 извлечение ионов Co^{2+} существенно не меняется. Цинк начинает извлекаться ДАМ более, чем на 98% при 0.05 – 0.8 моль/л H_2SO_4 или 0.2 – 0.7 моль/л H_3PO_4 (рис. 2).

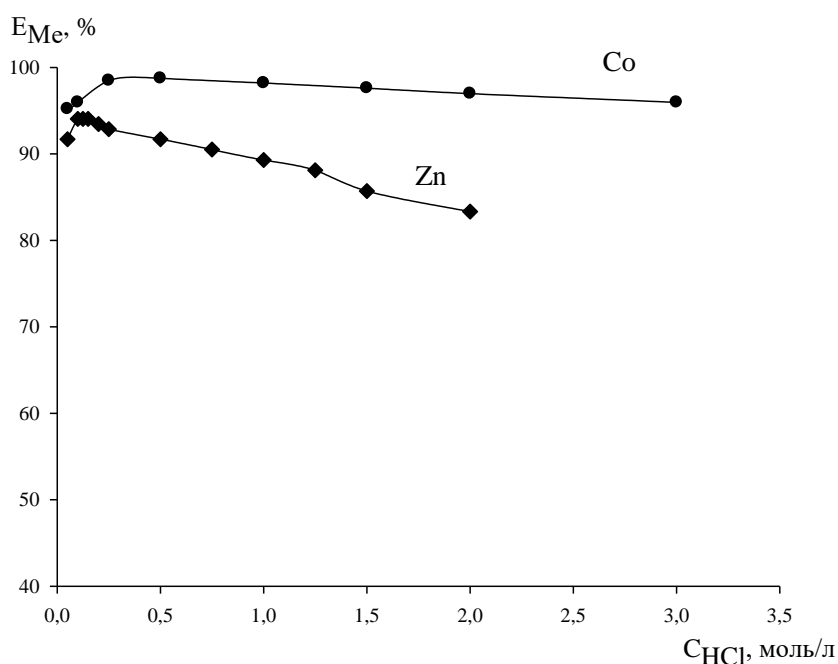


Рис. 1. Распределение ионов металлов в системе ДАМ – БК – NH_4SCN – HCl – вода ($C_{\text{ДАМ}} = C_{\text{БК}} = 0.1$ моль/л, $C_{\text{SCN}^-} = 0.25$ моль/л, $C_{\text{Me}} = 0.01$ моль/л, $V_{\text{общ}} = 20$ мл).

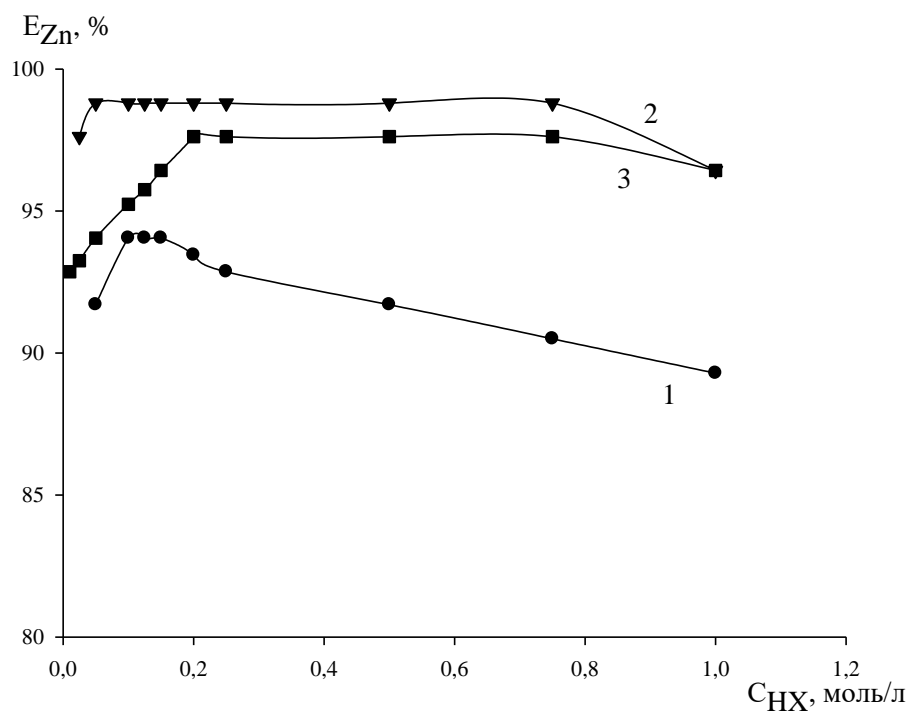


Рис. 2. Распределение ионов цинка в системе ДАМ – БК – NH_4SCN – HX – вода.

1 – HCl; 2 – H₂SO₄; 3 – H₃PO₄

($C_{ДАМ} = C_{БК} = 0.1$ моль/л, $C_{SCN^-} = 0.25$ моль/л, $C_{Zn} = 0.01$ моль/л, $V_{общ} = 20$ мл).

Замена ДАМ его алкильными гомологами мало изменяет экстракцию ионов Co^{2+} и Zn^{2+} . Это связано с особенностью тиоцианатной экстракционной системы, состоящей в нивелировании свойств реагентов. Так, в органических растворителях (хлороформ, дихлорэтан) и расплавах одинаково хорошо растворимы и соль ДАМ·HSCN, и соли его гомологов ДАА·nHSCN [13]. Однако, необходимо отметить, что более основные гомологи ДАМ экстрагируют ионы металлов полнее при невысоких значениях концентрации ионов водорода.

Ионы Cd^{2+} и Hg^{2+} , относящиеся по классификации Пирсона к мягким катионам металлов [14], образуют комплексные анионы с тиоцианат-ионами через мягкий атом серы. Поэтому возможно появление различий в экстракции ионов Cd^{2+} и Hg^{2+} по сравнению с экстракцией ионов Co^{2+} и Zn^{2+} как промежуточных металлов по классификации Пирсона. Можно было ожидать высокую прочность комплексов, образованных мягкими ионами металлов с мягким атомом серы тиоцианат-иона, а также их высокую экстрагируемость в расплав.

Из рис. 3 видно, что мягкий металл – кадмий – лучше всего извлекается в присутствии более мягкой кислоты – фосфорной. В присутствии хлороводородной кислоты

определенная часть реагента остается в водной фазе в виде одноокислотной хлоридной соли, которая хорошо растворима в воде. Кроме этого, при увеличении концентрации хлорид-ионов последние будут оказывать конкуренцию тиоцианат-ионам за ион металла, переводя его в хлоридный ацидокомплекс ($pK_{[CdCl_4]^{2-}}^{нест} = 2.9$, $pK_{[Cd(SCN)_4]^{2-}}^{нест} \sim 3$ [15]). Однако, учитывая, что реагент в расплаве находится практически полностью в виде тиоцианатной соли, то экстракция хлоридного ацидокомплекса кадмия будет затруднена. Сульфатные и фосфатные соли ДАМ менее растворимы в воде, чем хлоридная соль реагента, и в этом случае в расплаве остаётся больше реагента в протонированной форме, поэтому извлечение ионов кадмия закономерно повышается.

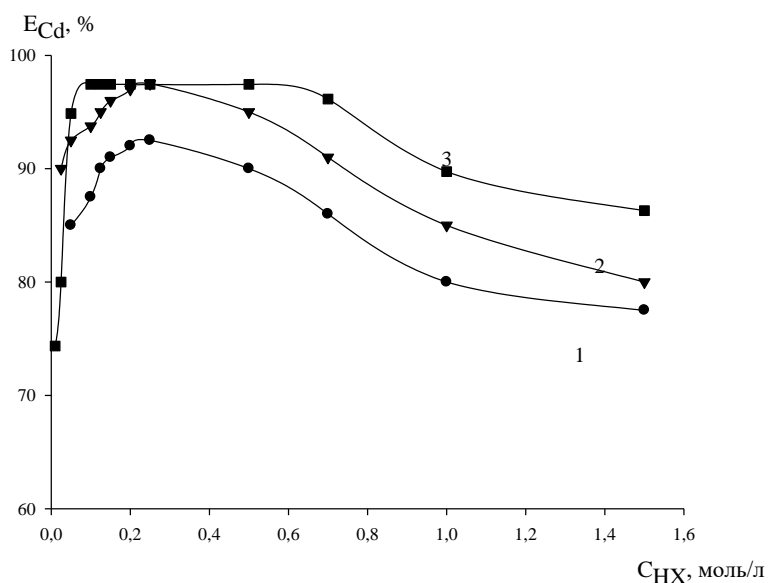


Рис. 3. Зависимость степени извлечения ионов кадмия в системе ДАМ – БК – NH₄SCN – HX – вода.

1 – HCl; 2 – H₂SO₄; 3 – H₃PO₄

(C_{ДАМ} = C_{БК} = 0.1 моль/л, C_{SCN⁻} = 0.25 моль/л, C_{Cd} = 0.01 моль/л, V_{общ} = 20 мл).

При прочих равных условиях, кривая экстракции кадмия имеет вид, аналогичный кривой экстракции ионов более жестких катионов металлов (Co, Zn). По-видимому, кадмий также извлекается в виде ионного ассоциата и на его распределение влияет концентрация протонированной формы реагента.

Экстракция ртути (II) из тиоцианатных растворов в присутствии HCl ранее не исследовалась. Известно, что ртуть образует примерно одинаковые по прочности тиоцианатные и хлоридные комплексные анионы ($pK_{[HgCl_4]^{2-}}^{нест} = 15.07$, $pK_{[Hg(SCN)_4]^{2-}}^{нест} = 19.77$ [15]). Поэтому нельзя с полной уверенностью утверждать, что будут извлекаться только тиоцианатные комплексы ртути, а не сумма тиоцианатных и хлоридных комплексов.

Экстракцию ионов ртути (II) ДАМ изучали в расслаивающейся системе с БК в присутствии H₂SO₄. При этом максимальное извлечение ртути составляет более 93% при

концентрации серной кислоты, равной 0.05 моль/л. При повышении концентрации кислоты более 0.2 моль/л наблюдается осаждение ионов ртути в виде чёрного осадка, что снижает экстракцию Hg (II) до нуля. В присутствии фосфорной кислоты максимальное извлечение ртути не превышает 93%, причём с повышением кислотности водной фазы экстракция ртути уменьшается.

Исследование экстракции ионов Co, Zn, Cd и Hg в зависимости от концентрации тиоцианат-ионов свидетельствует о том, что с ростом концентрации последних увеличивается степень экстракции ионов Co^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} , то есть экстракционная способность системы ДАМ – БК – НХ – H_2O повышается. Кривая экстракции ртути проходит через минимум, что свидетельствует об изменении механизма экстракции при увеличении концентрации тиоцианат-ионов более 0.1 моль/л (рис. 4). Оптимальной концентрацией NH_4SCN является 0.15 – 0.25 моль/л.

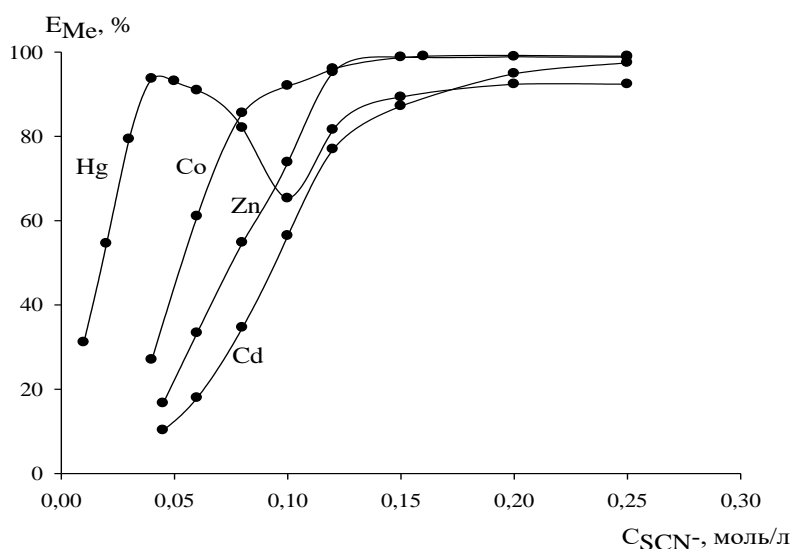
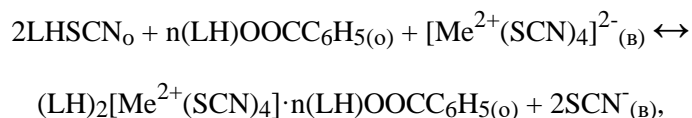


Рис. 4. Зависимость извлечения ионов металлов от концентрации тиоцианат-ионов в системе ДАМ – БК – NH_4SCN – H_2SO_4 – вода

($C_{\text{ДАМ}} = C_{\text{БК}} = 0.1$ моль/л, $C_{\text{Me}} = 0.01$ моль/л, $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.25$ моль/л, $V_{\text{общ}} = 20$ мл).

Состав извлекаемых комплексных соединений определяли биогарифмическим методом. Соотношения ДАМ: Me^{2+} и SCN^- : Me^{2+} оказались равными соответственно 2:1 и 4:1. Таким образом, в расплав ионы Co, Zn и Cd извлекаются в виде ацидокомплексов следующего состава $(\text{ДАМ}\cdot\text{H})_2[\text{Me}(\text{SCN})_4]$. Такой состав комплексов подтвержден методом химического анализа экстрактов, полученных в оптимальных условиях экстрагирования.

Установленный состав извлекаемых комплексов позволяет предположить следующий механизм экстракции, учитывая, что экстрагентом является тиоцианатная соль ДАМ:



то есть экстрагируется тиоцианатный комплекс ионов металлов, сольватированный бензойной солью реагента.

Проведенные исследования по экстракции ионов металлов расплавами органических веществ позволяют выделить некоторые её преимущества по сравнению с жидкостной экстракцией растворами этих реагентов в органических растворителях. Появляется возможность извлекать расплавами ионы металлов, которые невозможно было извлекать в случае жидкофазной экстракции в тех же условиях, например, Co, Zn, Cd, Mn. Экстракция расплавами даёт возможность создавать высокую концентрацию реагента в расплаве – органической фазе (которая превышает предельные значения растворимости реагента в органическом растворителе в несколько раз) и, таким образом, повышает вероятность образования малоустойчивых комплексов. При повышенной температуре и высокой концентрации реагента увеличивается скорость экстракции, что существенно при извлечении кинетически инертных комплексов. Кроме того, наблюдается расширение интервала концентраций ионов водорода, в котором происходит количественное извлечение ионов металлов и увеличение за счет этого числа экстрагирующихся неорганических катионов. Большое значение имеет то, что существует возможность количественной экстракции при соотношении объемов фаз примерно 1:50, что позволяет проводить абсолютное концентрирование из сильно разбавленных водных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Umland F., Adam K. – Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. 1965, b.341, h.5-6, pp.308-323.
2. Fujinaga T., Satake H., Yonekubo T. – Talanta. 1972, v.19, №5, pp.689 – 692.
3. Лобанов Ф.И. – «Итоги науки и техники. Сер. Неорганическая химия». – М.: Наука, т. 1980, 84 с.
4. Петров Б.И., Рогожников С.И., Яковлева Т.П.– Журн. прикл. химии. 1992, т.65, №5, с.1000-1007.
5. Петров Б.И., Денисова С.А., Яковлева Т.П., Леснов А.Е. – Журн. аналит. химии. 1998, т.53, №3, с.287-290.
6. Петров Б.И., Денисова С.А., Леснов А.Е. – Журн. неорган. химии. 1999, т.44, №1, с.141-143.
7. Денисова С.А., Леснов А.Е., Петров Б.И. – Журн. неорган. химии. 2003, т.48, №8, с.1381-1385.
8. Петров Б.И., Рогожников С.И. – Журн. аналит. химии. 1984, т.39, №10, с.1848-1852.
9. Петров Б.И., Рогожников С.И. – Изв. ВУЗов. Сер. Химия и хим. технология. 1985, т.28, №8, с.40-43.
10. Диантипирилметан и его гомологи как аналитические реагенты – Ученые записки Пермского ун-та. Пермь: Перм. ун-т. 1974, №324. – 280с.
11. Шварценбах Г., Флашка Г – М.: Химия, 1970. 360с.
12. Дегтев М.И. – Экстракция в аналитической химии: учеб. пособие по спецкурсу. – Пермь: Перм. ун-т, 2007, 135 с.

13. Петров Б.И.– Журн. аналит. химии. 1983, т.38, №11, с.2051-2077.
14. Спиваков Б.Я., Петрухин О.М., Золотов Ю.А. – Журн. аналит. химии. 1972, т.27, №8, с.1584-1597.
15. Лурье Ю.Ю. – Справочник по аналитической химии. – 3-е изд., стереотипное. – М.: Химия, 1967, 390с.

Е.Н.АЛИКИНА, М.И.ДЁГТЕВ, А.О.АМИНЧОНОВ

ЭКСТРАКТСИЯ И ИОНОҲОИ Co, Zn, Cd ва Hg АЗ МАҲЛУЛҲОИ ТИОСИНАТӢ БО ОМЕХТАИ ГУДОХТАҲОИ ДИАНТИПИРИЛАЛКАНҲО ВА ТЕЗОБИ БЕНЗОАТ

*Донишгоҳи давлатии Перм,
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон*

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти экстраксияи ионҳои кобальт, рӯҳ, кадмий ва симоб бо омехтаи гудохтаи диантипирилметан ва кислотаи бензоат аз маҳлулҳои тезобии тиосианатҳо оварда шудааст. Шароити мӯътадили бақабатчудошавӣ ва ҳосилшавии гудохта пешкаш шудааст. Имконияти экстраксияи миқдории ионҳои кобальт, рӯҳ, кадмий ва симоб аз маҳлулҳои тиосианатҳои диантипирилметан нишон дода шудааст. Таркиби пайваستҳои комплекси ҷудокардашуда муайян карда шуда, механизми экстраксия пешкаш карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: экстраксия – тиосианат - диантипирилалкан – тезоби бензоат.

E.N.ALIKINA, M.I.DEGTEV, A.A.AMINDZHANOV

EXTRACTION OF Co, Zn, Cd and Hg IONS BY THE MOLTEN MIXTURES OF DIANTIPYRYLMETHANE AND BENZOIC ACID FROM THIOCYANATE SOLUTIONS

*Perm State University,
Tajik National University*

The extraction of cobalt, zinc, cadmium and mercury ions with the molten mixtures of diantipyrylmethane and benzoic acid from thiocyanate solutions was studied. Optimum conditions for phase separation, the formation of a melt, and the extraction of the metal ions were determined. The possibility of quantitative extraction of cobalt, zinc and cadmium ions by diantipyrylalkanes from thiocyanate solutions was shown. The composition of the extracted complex compounds was found; the mechanism of extraction was proposed.

Key word: extraction – thiocyanate – diantipirilalkan – benzoic acid.

УДК 631.4: 546.791

Б.Д.БОБОЕВ, Н.ХАКИМОВ, Х.М.НАЗАРОВ, И.У.МИРСАИДОВ, А.М.БАРОТОВ,
Ф.ДЖ.САЛОМОВ

**СОСТОЯНИЕ УРАНА В ХВОСТОХРАНИЛИЩАХ №1-2 г. ИСТИКЛОЛ
ПРИ ПРИСУТСТВИИ ГЕМАТИТА**

*Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 14.09.2012*

Изучено состояние урана в хвостохранилище №1-2 г. Истиклол при присутствии гематита и определена кинетика сорбции урана. Также изучен процесс сорбции урана на разных сорбентах. Установлено, что использование смолы СГ-1 является экономически выгодным по сравнению с другими сорбентами.

Ключевые слова: уран – сорбция – миграция – гематит – гипергенез – осаждение – восстановление – хвостохранилище – Истиклол.

Для прогнозирования радиационной обстановки и разработки мероприятий по реабилитации загрязнённых территорий важно знать не только общее содержание радионуклидов, но и формы их нахождения в телах хвостохранилища. От степени поглощения и прочности связи радионуклидов с различными компонентами объектов окружающей среды зависит направленность и интенсивность их миграции в системах вода-донные отложения, почвы-растения, грунтовые воды-геологические породы [1].

В Северном Таджикистане расположено десять крупных радиоактивных хвостохранилищ. Пять из них дислоцированы вокруг г.Истиклола (ранее г.Табошар). В соответствии с паспортными данными хвостохранилищ, составленными филиалом Агентства по радиационной и ядерной безопасности Согдийской области, хвостохранилище цеха №3, которое расположено на расстоянии всего 1 км от жилого сектора г.Истиклола, эксплуатировалось в период с 1949 по 1965 гг. На площади 2.9 га (1.2 млн.т) имеется покрытие 0.7-1.0 м нейтрального грунта. Толщина покрытия хвостохранилища №1-2, которое образовалось в результате переработки карбонатных урансодержащих руд содовым выщелачива-

Адрес для корреспонденции: Мирсаидов Илхом Ульмасович. 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул.Х.Хакимзода, 17а, Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН РТ.
E-mail: agentilhom@mail.ru

нием, на площади 25 га (1.7 млн.т), имеет по результатам экспертных оценок миссии МАГАТЭ (2006 г.) не более 0.5 м (на некоторых участках всего 0.2-0.3 м), что увеличивает риски эндогенных разрушений поверхности и доступ в тело хвостохранилищ роющих животных, а также способствует дополнительному проникновению атмосферных осадков. Мощность дозы гамма-излучения на поверхности перекрытых участков хвостохранилищ определена в пределах 0.4-0.6 мкЗв·ч⁻¹, что несколько выше фоновых значений, однако остается достаточно низкой и не вызывает опасений. Хвостохранилище №1-2 эксплуатировалось в период с 1945 по 1955 гг., и в хвостах содержится большое количество урана, так как в тот период времени извлечение урана было низким [2].

Такие же характеристики покрытия поверхности нейтральным грунтом имеет хвостохранилище №3-4, которое образовалось в результате переработки силикатных урансодержащих руд сернокислотным способом. Хвостохранилище №3 занимает площадь 12 га (2 млн.т), а хвостохранилище №4 – 19 га (4.2 млн.т), и они расположены в непосредственной близости от г.Истиклол.

В условиях частого увлажнения и даже смыва отходов талыми и дождевыми водами и ручьями вынос радионуклидов водой значительно преобладает над остальными. Хвостохранилища находятся над скалистыми породами, которые, не пропуская воды на глубину, способствуют вытеканию их вниз по рельефу местности. Растворимые соединения урана могут накапливаться на поверхности почвы, продолжают миграцию по течению вод и вертикали. Данный процесс зафиксирован нами в г.Истиклоле. В частности, у подножья хвостохранилища №1-2 были обнаружены родники с исключительно высоким содержанием сульфат-иона (9200-9600 мг/л) и карбонатных ионов (НСО₃⁻) – 1800 мг/л, а также растворенного урана и других радионуклидов уран-ториевого ряда. Сезонное исследование некоторых районов размещения отходов выявило следующее. Наиболее интенсивный масштаб процесса выноса радионуклидов из хвостохранилищ приурочен к весне и началу лета.

Кроме того, наблюдения показали, что вынос радионуклидов из тела хвостохранилища №1-2 в ручьи зависит от уровня воды уранового карьера.

При снижении уровня воды карьера летом, вынос растворенного урана из хвостохранилища уменьшается или прекращается, так как хвостохранилище №1-2 находится ниже уровня воды карьера. Таким образом, можно сделать вывод, что вода карьера проходит через тела хвостохранилищ, вымывает уран и выносит его на поверхность ручья.

Содержание суммарной альфа-активности в таких дренажах было определено на уровне 1200-1500 Бк/л, а концентрации активности суммы изотопов урана ²³⁸U+²³⁴U были определены по результатам пяти независимых измерений проб и составили 1110-1450 Бк/л, или в весовых концентрациях 50-70 мг/л, что близко к содержанию промышленных растворов урана. В условиях аридного климата растекание дренажей по берегам ручьев в процессе испарения образует корку желтоватого цвета, состав которой минерализуется в виде слаборастворимых сульфатных и карбонатных комплексов с исключительно высо-

ким содержанием природных радионуклидов. На берегах ручьев образуются кристаллы с желтой каёмкой, представляя собой сульфатные комплексы концентрированного урана с концентрациями до 12-15 тысяч Бк/кг; вдоль русла сезонного потока, дренирующего хвостохранилище, отлагаются соли уранил-сульфата [3]. Результаты гамма- и альфа-спектрометрического анализов приведены в табл. 1.

Из табл.1 видно, что в составе проб хвостов, отобранных из тела хвостохранилища, имеется (кроме урана и радия) значительное количество тория, свинца и полония, а соли уранила, накопленные под хвостохранилищем, их не имеют. Это связано с состоянием и миграционной способностью этих радионуклидов.

Таблица 1

Содержание естественных радионуклидов (Бк · кг⁻¹) в образцах из хвостохранилища №1-2 г.Истиклол

№ пробы	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³⁰ Th	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po
Проба 1, хвосты из тела хвостохранилища	585 ± 60	3010 ± 240	2900 ± 530	3895 ± 290	3250 ± 370
Проба 2, соли уранила из-под хвостохранилища	12210 ± 900	55.9 ± 27	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено

В настоящее время известно, что существуют различные формы нахождения урана. Высокая миграционная способность U (VI) и низкая U (IV) обуславливают его рассеяние в одних геохимических обстановках и накопление в других [4].

В водной среде более устойчивы шестивалентные соединения урана. При pH < 2.5 ионы уранила UO₂²⁺ склонны к гидратации, комплексообразованию и гидролизу. При этом образуются соединения UO₂OH⁺, UO₂(UO₃)(OH)⁺ и коллоид UO₂(UO₃)_n(OH)₂, поверхность которого заряжена отрицательно. При концентрации свыше 0.2 мг/л уран гидролизуется уже при pH=2.0-4.2. В слабокислых грунтах на поведение урана влияют псевдоколлоидные свойства гидратированного уранила и его адсорбция на частицах с положительным зарядом поверхности. При pH=5–6 коллоид перезаряжается, и катионы урана переходят на отрицательно заряженные коллекторы. В сорбированном виде уран может мигрировать на гидроксидах железа, глинистых частицах, органических взвешках [5]. В слабокислых условиях они соответствуют гексагидратированному иону. В интервале pH от 6 до 12 сорбированные формы уранила представлены в виде UO₂OH⁺ и (UO₂)₂(OH)₅⁺. Поглощение UO₂OH⁺ преобладает при pH=6, с понижением кислотности возрастает доля сорбции (UO₂)₂(OH)₅⁺. Изотермы сорбции глинистыми минералами урана (VI) имеют максимум при pH=3–6 с резким уменьшением параметров поглощения в стороны от указанного интервала. Удаление органического вещества и свободных оксидов железа из глинистой фракции пылеватого суглинка снижает его катионообменную ёмкость, не изменяя степени поглощения урана и тория [6].

Известно, что ионы Th⁴⁺ существуют лишь в средах с pH=2-3. В области значений водородного показателя природных поверхностных вод и в отсутствии комплексообразователей торий находится в виде полимерных продуктов гидролиза. Их высокое содержа-

ние, низкие рН, минерализованность, жёсткость способствуют транспорту тория с грунтовыми водами и ингибируют поглощение тория почвами [7].

Существует мнение [8], что в поверхностных слоях содержание железа контролирует зависимость адсорбции урана от рН среды. Окисные формы металлов (гетит, гематит, бемит и др.), с одной стороны, сами служат сорбентами радионуклидов, а с другой, – адсорбируясь и образуя пленки на поверхности глинистых минералов, изменяют их ионообменные свойства. Так, после удаления адсорбированной гидроокиси железа, поглощение урана снижается. Коэффициенты распределения урана и радия между растворами их солей и минералами железа достигают 2.106 и 2.104 мл/г соответственно, что в 100 раз больше, чем для вторичных минералов. Сорбция урана аморфными гидроксидами окисных форм железа отвечает уравнению Дубинина–Радужкевича, радия – Фрейндлиха.

В связи с этим окислительно-восстановительные реакции являются ведущими, как в процессах образования урановых солей, так и их миграции из хвостохранилищ.

Значительные количества содержания техногенного железа в составе отходов хвостохранилища №1-2 г.Истиклол пробудили интерес к изучению влияния железа на состояние урана в хвостохранилище. Далее нами была изучена скорость окисления урана гематитом при различных температурах, продолжительности процесса и рН среды. Кинетические кривые сорбции U (VI) в гематите при различных рН среды приведены на рис. 1.

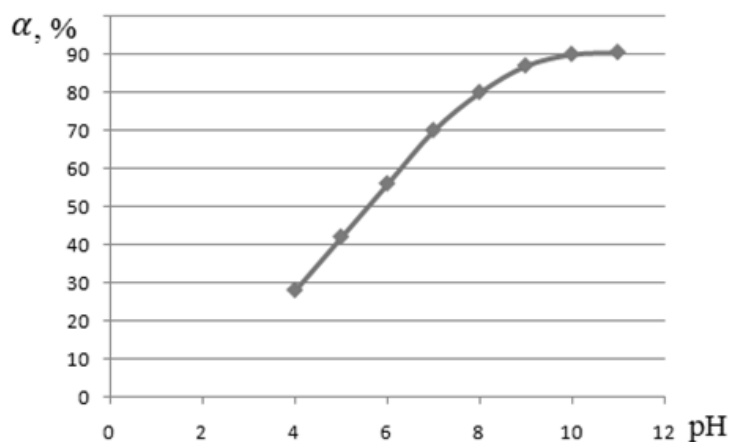


Рис.1. Зависимость степени сорбции урана (VI) от величины рН.

Установление равновесия в системах с гематитом сильно зависело от рН раствора. Для растворов с низким рН, равным 4, равновесие наступало примерно через три месяца. При средних значениях рН=5-8, скорость сорбции была выше и равновесие устанавливалось в течение месяца. Наивысшая степень сорбции достигается при значениях рН=9-12.

Нам также известно, что одним из влияющих на скорость сорбции факторов является температура. Поэтому исследовали процесс сорбции урана при различных температурах. При высоких температурах процесс сорбции протекает более интенсивно, чем при

низких температурах. Как видно из рис.2, в интервале температур 20-40°C в течение 10 дней степень сорбции изменяется от 30 до 90%.

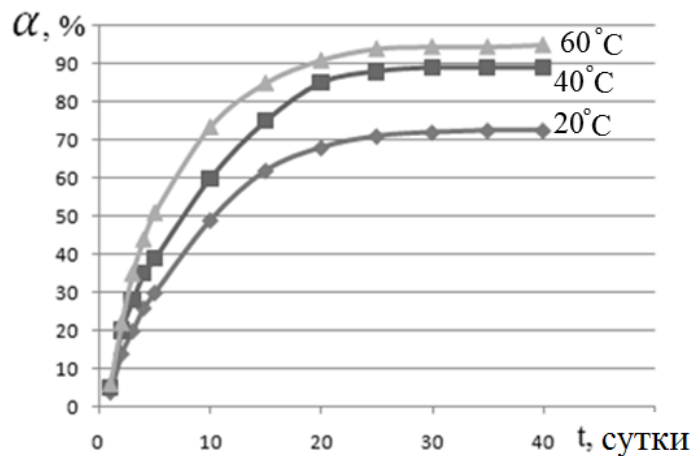


Рис.2. Зависимость степени сорбции урана от продолжительности процесса.

Для определения энергии активации строили график зависимости логарифма константы скорости сорбции урана от величины обратной абсолютной температуры (рис.3).

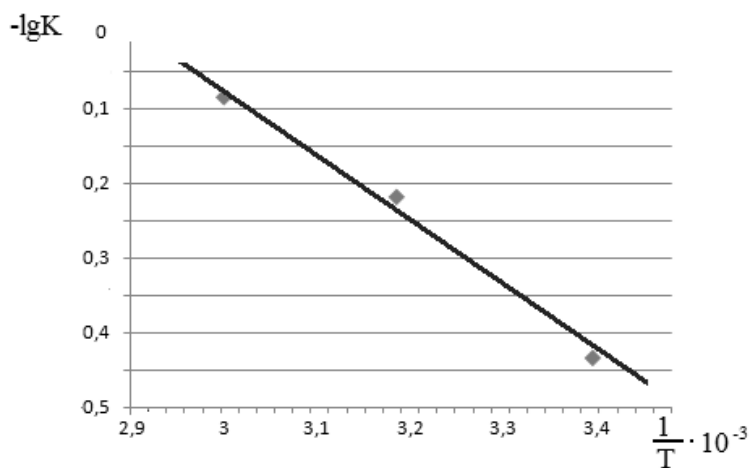


Рис.3. Зависимость $\lg K$ от обратной величины абсолютной температуры.

Все точки удовлетворительно укладываются на прямой линии Аррениуса, по наклону которой вычислена величина кажущейся энергии активации, равная 6,9 кДж/моль. Значения кажущейся энергии активации свидетельствуют о том, что процесс сорбции протекает в диффузионной области.

Проведенные исследования раскрывают механизмы процессов, протекающих в хвостохранилище, определяют соотношение форм, время установления сорбционного равновесия. Так как среда рН хвостохранилища №1-2 г.Истиклола щелочная (рН=10-12), то результаты исследования показывают, что при таком рН сорбция урана высокая и наблюдается миграция урана с помощью дренажных вод, вытекающих из-под хвостохранилища. Содержание урана (^{238}U) и радия (^{226}Ra) в этих комплексных солях составило

2210±900 и 55.9±27 Бк/кг соответственно, тогда как пробы хвостов содержат ^{238}U – 585±60 Бк/кг и ^{226}Ra – 3010±240 Бк/кг соответственно.

Анализ отобранных нами проб из ручья, вытекающего из-под хвостохранилища №1-2 г.Табосшара на расстоянии 500 м, длиной 2 м, шириной и высотой 0.2 м, всё это составляет 200 м³ грунта, показывает, что воды ручья загрязнены мигрированным ураном (составляет 400 т урансодержащего грунта со средним арифметическим содержанием урана 0.105%), что соответствует родовым рудам (содержание U - 0.10-0.20%).

В действительности, в конце 40-х гг. прошлого века, при геологоразведочных работах по всей протяжённости этого ручья геологами не были обнаружены естественные залежи урана. По-видимому, в грунтах этого ручья, на высоте отбора проб 0.20 м появилось содержание урана из-за пропитывания грунта дренажными водами из-под хвостохранилища №1-2. Таким образом в течение нескольких десятков лет после остановки завода в г.Истиклоле из хвостохранилища №1-2 выносятся уран в ручей. Особенно осенью и зимой при обильных дождях и селевыми потоками не исключено попадание солей урана в ручей Уткен-сай.

Хвостохранилище №1-2 образовалось пионерскими дамбами и наполнено хвостами. Неизвлечённая часть урана при переработке карбонатных урановых руд (из-за низкого извлечения урана из руды методом содового выщелачивания) в течение 60 лет (с начала 50-х гг. прошлого века), которая находилась в карбонатной среде (рН дренажных вод 8 и выше), под воздействием атмосферных осадков растворяется и в виде дренажных вод вытекает из тела хвостохранилища в ручей.

Таким образом, уран в природных растворах при рН=6-12 находится в виде UO_2OH^+ - и $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_5^+$ ионов. В воде уран находится в виде катионита. Из-за сложного солевого состава воды, вытекающей из-под хвостохранилища №1-2, сорбция урана на анионит АМ(п) проходит слабо. Поэтому мы предлагаем использование в качестве сорбента промышленный катионит типа СГ. Результаты сорбции обобщены в табл.2.

Таблица 2

Сорбция урана с помощью катионита типа СГ
($U_{\text{во входе}} = 0.0385$ г/л, рН=7.5, t=25°C, τ=12 ч)

№ п/п	Количество сорбента, г	Объём пропущенного раствора, мл	Содержание урана при выходе, г/л	% сорбции урана
Сорбент СГ-1 «ч»				
1	7	100	0.002	94.8
2		1150	0.005	86.5
3		1650	0.014	63.6
4		2591	0.027	29.8
5		2935	0.033	14.2
Сорбент СГ-1				
6	100	500	0.008	79.2
7		3750	0.0005	98.7
8		5000	0.0002	99.5
9		7265	0.0005	98.7
10		8672	0.0006	98.4

Анализ результатов показывает, что сорбция урана из природных растворов лучше протекает с использованием сорбента типа СГ-1. Это объясняется тем, что катионит СГ-1 имеет большую поверхность по сравнению с СГ-1 «ч».

Таким образом, важнейшими химическими свойствами урана, определяющими его миграцию в зоне гипергенеза, являются:

- малая подвижность соединений U (IV) и высокая подвижность U (VI), вследствие чего реакции восстановления являются ведущими в процессах осаждения, а реакции окисления – в процессах переноса урана;
- уран в водах, вытекающих из-под хвостохранилища №1-2 г. Истиклол, находится в виде катионита и является подвижным в слабокислых растворах;
- для очищения урансодержащих вод, вытекающих из-под хвостохранилища №1-2 г.Истиклола, рекомендуется использовать сорбент типа СГ;
- сорбция урана на смоле СГ-1 исключает загрязнение ураном окружающей среды;
- использование предлагаемой смолы СГ-1 вместо АМ(п) экономически выгодно на стадии десорбции урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искра А.А., Бахуров В.Г. Естественные радионуклиды в биосфере. – М.: Энергоиздат, 1981, 123 с.
2. Чирков Б.Н. Воспоминания первого директора комбината №6. – М., 1967, 52 с.
3. Отчет о результатах деятельности по проекту МАГАТЭ RER 9/086 «Безопасность управления отходами добычи и переработки урановых руд в странах Центральной Азии». – Вена: МАГАТЭ, 2007.
4. Евсеева Л.С., Перельман А.И., Иванов К.Е. - Геохимия урана в зоне гипергенеза. Изд. 2-е. – М.: Атомиздат, 1975, с.45-50.
5. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. - Почвоведение, 2010, №.6, с.698-705.
6. Dent A.J., Ramsay J.D.F., Swanton S.W. - J. Colloid and Interface Sci., 1992, v.150, № 1, pp.45-60.
7. Химия актиноидов. – М.: Мир, 1991, 525 с.
8. Barnett M.O., Jardine P.M., Brouks S.C., Selim H.M. - Soil Sci. Soc. Amer. J., 2000, v.64, pp.908-917.

Б.Д.БОБОЕВ, Н.ҲАКИМОВ, Х.М.НАЗАРОВ, И.Ў.МИРСАИДОВ, А.М.БАРОТОВ,
Ф.Ҷ.САЛОМОВ

ҲОЛАТИ УРАН ДАР ПАРТОВГОҲҲОИ №1-2 ш.ИСТИКЛОЛ БО ИШТИРОКИ ГЕМАТИТ

Агентии амниятии ядрҳои ва радиатсионии Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳолати уран дар партовгоҳҳои №1-2 ш. Табошар бо иштироки гематит омӯхта шуда, кинетикаи сорбсияи уран муайян карда шудааст. Инчунин ҷараёни сорбсияи уран дар сорбентҳои гуногун омӯхта шудааст. Дар натиҷаи тадқиқот муайян карда шудааст, ки истифодабарии катрони (смолаи) СГ-1 нисбат ба дигар сорбентҳо самараноктар мебошад.

Калимаҳои калидӣ: уран –цабиш – мигратсия – гематит - хипергенез –таҳшин кунонидан– истикрор– партовгоҳ – Истиклол.

B.D.BOBOEV, N.KHAKIMOV, KH.M.NAZAROV, I.U.MIRSAIDOV, A.M.BAROTOV,
F.J.SALOMOV

URANIUM CONDITION IN TAILINGS №1-2 OF ISTIKLOL AT PRESENCE OF HEMATITE

Nuclear and Radiation Safety Agency, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

The condition of uranium with in presence of hematite in the tailing №1-2 of Istiklol town has been studied and determined the kinetics of uranium sorption. Also the process of uranium sorption by different sorbents has been studied. It was founded that the using of SG-1 resin cost effectively in compare to other sorbents.

Key words: uranium– sorption – migration – hematite - hypergenesis – sedimentation – reduction – tailing pit – Istiklol.

УДК 669.715.620.193

А.Х.ХАКИМОВ*, И.Н.ГАНИЕВ, И.Т.АМОНОВ*, А.Э.БЕРДИЕВ

**ВЛИЯНИЯ ЦЕРИЯ НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА
Al+2.18% Fe**

Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан,

**Таджикский технический университет им. академика М.Осими*

Поступила в редакцию 04.07.2012 г.

Термогравиметрическим методом исследовано взаимодействие твёрдого сплава Al+2.18% Fe, содержащего церий, с кислородом воздуха в интервале 673...873 К, рассчитана кажущаяся энергия активации процесса окисления.

Ключевые слова: сплав Al+2.18% Fe – церий – термогравиметрический метод – кинетика окисления – температурная зависимость – энергия активации – истинная скорость окисления.

Сплавы для исследования получали в шахтных лабораторных печах сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 800...1000°C из алюминия марки А95, алюминиево-железистой лигатуры (2.18мас.% Fe) и церий металлический марки ЦСМ 1. Лигатуры предварительно синтезировались в вакуумной печи сопротивления. Из полученных сплавов отливались в графитовую изложницу образцы диаметром 10 мм и длиной 140 мм. Полученные сплавы подвергали химическому анализу по приведенной ниже методике. Определение железа в сплавах проводилось атомно-адсорбционным методом, описание которого приводится в [1].

Для исследования влияния церия на кинетику окисления сплава Al+2.18% Fe была синтезирована серия сплавов с содержанием церия от 0.01 до 0.50% (по массе). Окисление сплавов проводили термогравиметрическим методом, схема установки подробно описана в работе [3].

Кинетику окисления сплава Al+2.18% Fe в твёрдом состоянии исследовали при температурах 673, 773 и 873 К (рис.1а). Параболический характер кинетических кривых свидетельствует, что процесс взаимодействия сплава с газовой фазой лимитируется диффузионными процессами. Скорость окисления в зависимости от температуры изменяется

Адрес для корреспонденции: Бердиев Асадул Эгамович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: berdiev75@mail.ru

от $2.00 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ при 673 К до $2.41 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ при 873 К. Кажущаяся энергия активации окисления составляет 148.0 кДж/моль (табл.).

Таблица

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления твердого сплава
Al+2.18%Fe, модифицированного церием

Содержание церия в сплаве Al – 2.18% Fe, масс.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $\text{К}\cdot 10^{-4}$, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.0	673	2.00	148.0
	773	2.15	
	873	2.41	
0.01	673	2.05	134.2
	773	2.38	
	873	3.00	
0.05	673	2.17	107.4
	773	2.56	
	873	3.20	
0.10	673	2.35	98.7
	773	2.77	
	873	3.39	
0.20	673	2.44	75.6
	773	2.83	
	873	3.40	
0.50	673	2.58	54.2
	773	3.12	
	873	3.68	

Легирование сплава Al+2.18% Fe, модифицированного 0.01 масс.% церия изучали при температурах 673, 773 и 873 К (рис. 1б). Процесс окисления характеризуется высокими скоростями формирования оксидных плёнок, который завершается к 10-13 мин от начала окисления и заканчивается к 30-35 мин. При высоких температурах формирование защитных оксидных плёнок идёт быстрее и с минимальным количеством кислородных вакансий. Максимальный привес при окислении равняется 9.9 мг/см² при 673 К и 13.5 мг/см² при 873 К. Кажущаяся энергия активации окисления достигает 134.2 кДж/моль в зависимости от количества церия.

Окисление сплава Al+2.18% Fe, модифицированного 0.05 масс.% церия (рис. 1в), показывает, что небольшие добавки модификатора способствуют некоторому увеличению истинной скорости окисления и, соответственно, уменьшению кажущейся энергии активации окисления до 107.4 кДж/моль. С увеличением температуры от 673 до 873 К скорость окисления увеличивается от $2.17 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ до $3.20 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$.

Кинетика окисления сплава Al+2.18% Fe, содержащего 0.10 масс.% церия, изучена при температурах 673 до 873 К (рис. 1г). Таким образом, первоначально окисление происходило с образованием несплошной плёнки, далее по мере образования плотного оксида процесс окисления протекает с диффузионными затруднениями. Истинная скорость

окисления изменяется от $2.35 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, при 673 К до $3.39 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, при 873 К, кажущаяся энергия активации окисления исследуемого сплава 98.7 кДж/моль (табл.).

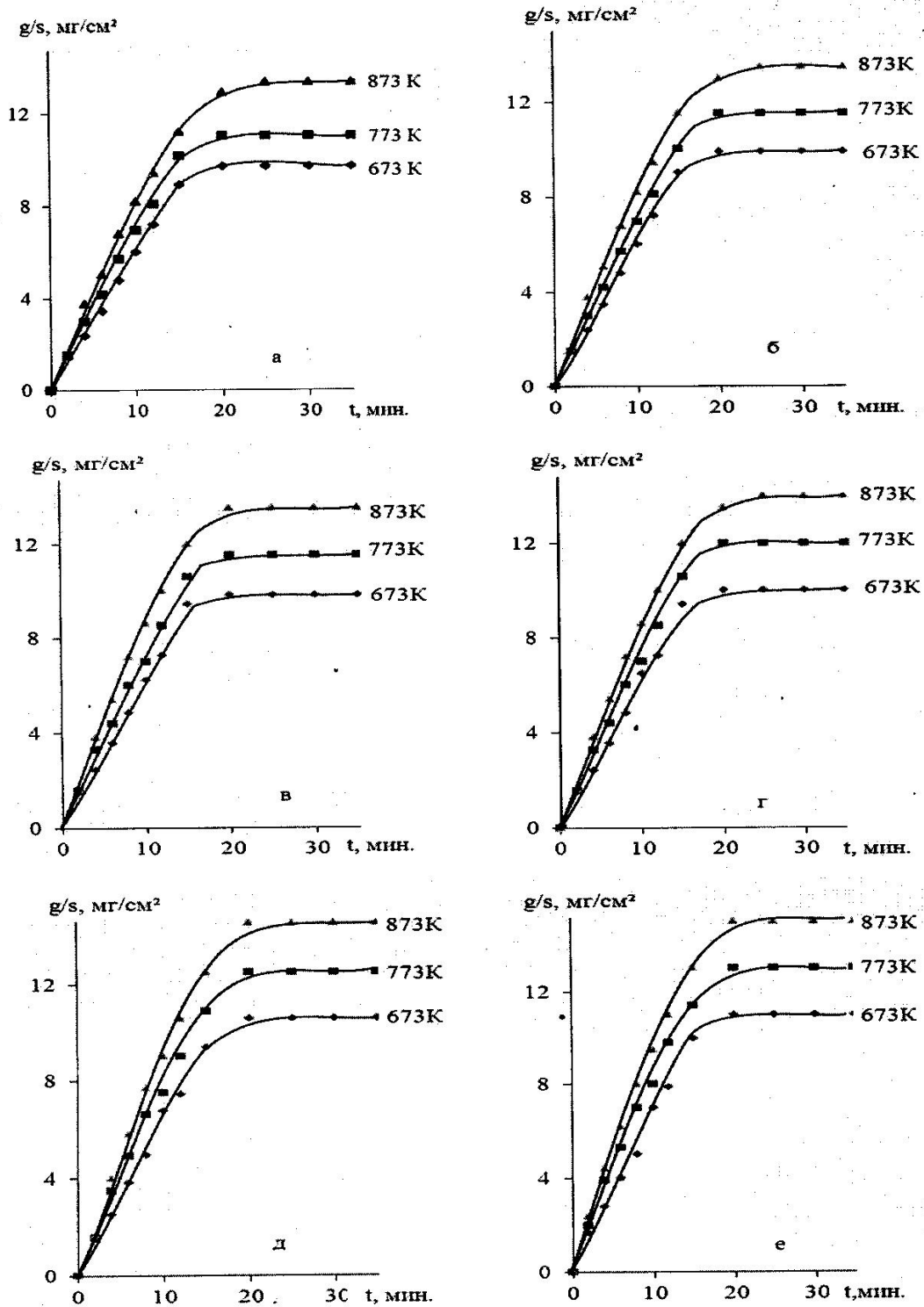


Рис.1. Кинетические кривые окисления твёрдого сплава Al+2.18 масс.% Fe (а), легированного церием, масс.%,: 0.01(б); 0.05(в); 0.10(г); 0.20(д); 0.50(е).

Окисление сплава Al+2.18% Fe, содержащего 0.5 масс.% церия, изучали при температурах 673 и 873 К (рис. 1е). Как и следовало ожидать, процесс окисления протекает с большими диффузионными затруднениями и нарастает. Наибольшее его значение, равное 15 мг/см², достигается при температуре 873 К, а наименьшее – 11 мг/см² при 673К.

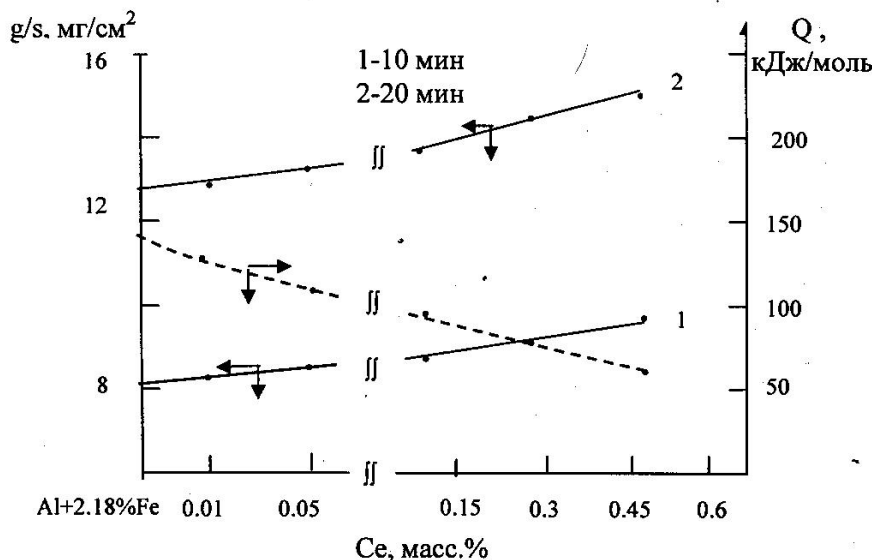


Рис. 2. Изохроны окисления алюминиево-железowego сплава (2.18 масс.% Fe), легированного церием, при 873 К.

Изохроны окисления сплавов при 873 К приведены на рис. 2. Как видно, добавки церия увеличивают скорость окисления исходного сплава Al+2.18% Fe, что сопровождается снижением кажущейся энергии активации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хавезов И., Цалев Д. – Атомно-адсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983, с.108-111.
2. Лепинских Б.М., Киселёв В.Н. – Известия АН СССР. Металлы, 1974, № 5, с.51-54.

А.Х.ҲАКИМОВ*, И.Н.ҒАНИЕВ, И.Т.АМОНОВ*, А.Э.БЕРДИЕВ

ТАЪСИРИ СЕРИЙ БА КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ САХТИ Al+2.18% Fe

*Институти химияи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.Осимӣ

Дар мақола бо усули термогравиметрӣ таъсири серия ба оксидшавии хӯлаи Al+2.18% Fe, дар оксигени ҳаво дар ҳудуди 673 - 873К омӯхта ва энергияи фаъоли раванди оксидшавӣ ҳисоб карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи Al+2.18% Fe – серия – усули термогравиметрӣ – кинетикаи оксидшавӣ – вобастагии ҳарорат – энергияи фаъол – суръати ҳақиқии оксидшавӣ.

A.H.HAKIMOV*, I.N.GANIEV, I.T.AMONOV*, A.E.BERDIEV

**THE INFLUENCES CERIUM ON KINETICS OF THE OXIDATION
OF THE HARD ALLOY Al+2.18%Fe**

*VI.Nikitin Institute of Chemistry, Tajikistan Academy of Sciences,
Tajik Technical University im. M.S. Osimi

Explored with termogravimetric method interaction of hard alloy Al+2.18% Fe, containing cerium with oxygen of the air in interval 673, 773 and 873 K, is calculated appearing energy to activations of the process of the oxidation.

Key words: alloy Al+2.18% Fe – cerium – termogravimetric method – kinetics of the oxidation – dependence of temperature – energy of activations – real rate of oxidation.

УДК 669.76+542.943

З.Р.ОБИДОВ, С.Д.АЛИХАНОВА, И.Н.ГАНИЕВ

**КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВОВ Zn5Al и Zn55Al,
ЛЕГИРОВАННЫХ НЕОДИМОМ**

Институт химии им.В.И.Никитина АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 11.07.2012 г.

Приведены результаты исследования кинетики окисления твёрдых сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных неодимом. Показано, что добавки неодима в пределах 0.005-0.05 мас.% значительно уменьшают окисляемость исходных сплавов.

Ключевые слова: цинк-алюминиевые сплавы Zn5Al и Zn55Al – термогравиметрический метод – кинетика окисления – неодим.

При создании новых материалов, предназначенных для работы в особо жёстких условиях, встаёт задача придания им коррозионной стойкости, практическое решение которой связано с уровнем знаний в области высокотемпературного окисления металлов.

Работа посвящена исследованию влияния добавок неодима на кинетику окисления сплавов Zn5Al и Zn55Al, предназначенных в качестве анодного покрытия для защиты от коррозии стальных конструкции и изделий. Для решения поставленной задачи применяли метод термогравиметрии с непрерывным взвешиванием образцов [1-4].

Исходным материалом для синтеза сплавов служили цинк марки ч.д.а., алюминий марки А7 и его лигатура с неодимом (10% Nd). Сплавы для исследования получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 750–850°C. Перед исследованием образцы очищали от образующегося оксида. Шихтовка сплавов проводилась с учётом угара металлов. Состав сплавов контролировался анализом на растровом сканирующем электронном микроскопе SEM серии AIS2100 (Южная Корея).

На рис. 1 приведены кинетические кривые окисления сплава Zn5Al, легированного неодимом. Наблюдается изменение удельной массы образца (g/s) в зависимости от времени (t) взаимодействия с кислородом газовой фазы и от температуры. Максимальный

Адрес для корреспонденции: Обидов Зиёдулло Рахматович, Алиханова Сураё Джамшиедовна. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru; thuraya86@inbox.ru

привес относится к исходному сплаву и составляет 24.0 г/см^4 при температуре 573 К , а минимальный привес принадлежит сплаву, содержащему $0.05 \text{ мас.}\%$ неодима, и составляет 9.11 г/см^4 , соответственно при температуре 573 К (рис. 1а, в).

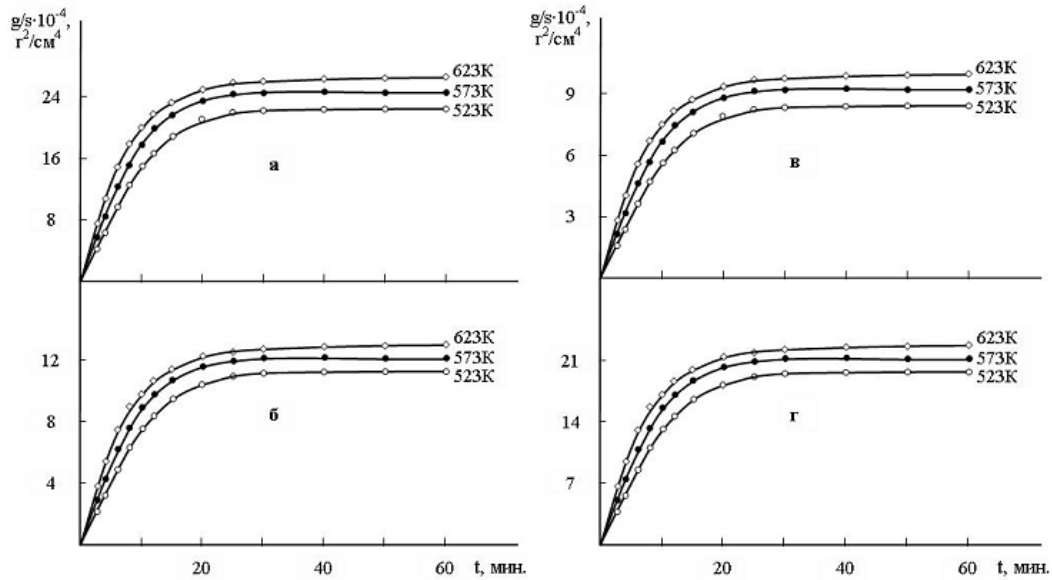


Рис.1. Кинетические кривые окисления сплава Zn5Al (а), содержащего неодим, масс. %: 0.01 (б); 0.05 (в); 0.5 (г).

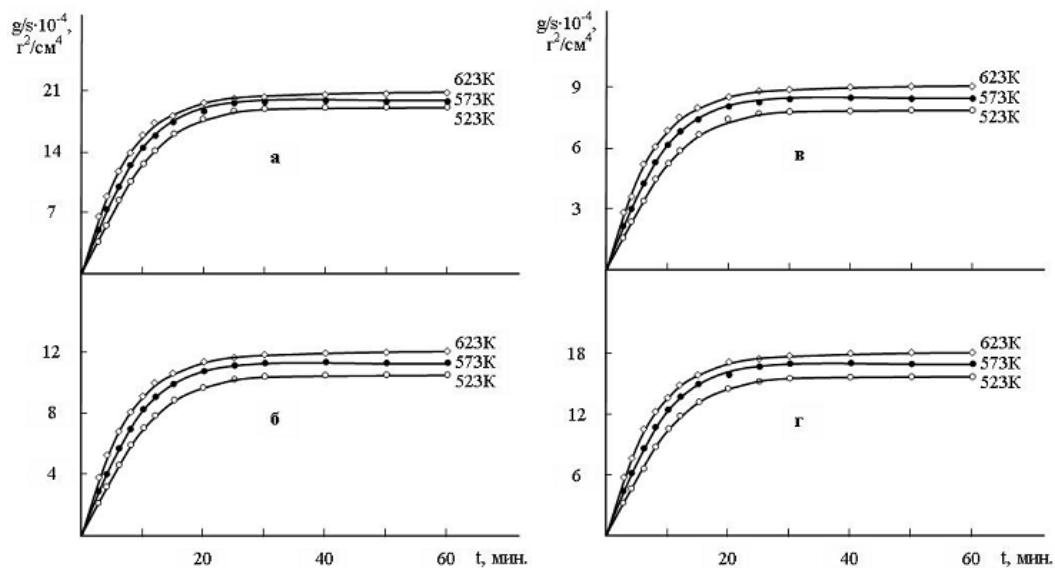


Рис.2. Кинетические кривые окисления сплава Zn55Al (а), содержащего неодим, масс. %: 0.01 (б); 0.05 (в); 0.5 (г).

Приведенные на рис. 2 кинетические кривые окисления исходного сплава Zn55Al , легированного неодимом различной концентрации, имеют более растянутый характер. Все кинетические кривые окисления в начале процесса характеризуются интенсивным

взаимодействием с кислородом воздуха. Окисление прекращается к 25-30 минутам от начала взаимодействия. Из кинетических кривых окисления сплава Zn55Al, содержащего 0.05 и 0.5 мас.% неодима, видно, что приращение удельного веса больше у сплава, легированного 0.5 мас.% неодима (рис. 2 в,г).

Рассчитанные из кинетических кривых значения истинной скорости окисления твердых сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных неодимом, в зависимости от температуры и состава исследованных сплавов приведены в табл. 1 и 2. Соответственно, цинк-алюминиевый сплав, содержащий 0.5 мас.% легирующего компонента, имеет высокое значение истинной скорости окисления по сравнению с остальными низколегированными сплавами, но по своей величине не превышает значения истинной скорости окисления исходного сплава Zn5Al (табл. 1). Из табл. 2 видно, что малые добавки неодима 0.005-0.05 мас.% способствуют некоторому уменьшению истинной скорости окисления исходного сплава Zn55Al. Так, истинная скорость окисления при температуре 523 К имеет величину $2.74 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·сек⁻¹ для исходного сплава Zn55Al, а для сплава, содержащего 0.05 мас.% скандия достигает величины $1.70 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·сек⁻¹ (табл. 2).

Таблица 1

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления твердого сплава Zn5Al, легированного неодимом

Содержание неодима в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $K \cdot 10^{-4}$, кг·м ⁻² ·сек ⁻¹	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
-	523	3.07	128.37
	573	3.55	
	623	3.91	
0.005	523	2.89	147.32
	573	3.39	
	623	3.61	
0.01	523	2.75	156.00
	573	3.30	
	623	3.61	
0.05	523	2.46	159.27
	573	3.00	
	623	3.30	
0.1	523	2.97	136.00
	573	3.43	
	623	3.80	
0.5	523	3.02	133.88
	573	3.50	
	623	3.81	

В исследованном температурном интервале минимальное значение истинной скоростью окисления обладают цинк-алюминиевые сплавы Zn5Al и Zn55Al, содержащие по 0.05 мас.% неодима, которые характеризуются высокой энергией межатомного взаимодействия разноимённых атомов компонента (табл. 1 и 2).

В качестве примера на рис. 3 в обобщенном виде приведены изохроны окисления сплавов системы Zn5Al-Nd при температуре 573 К.

Таблица 2

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления твердого сплава Zn55Al, легированного неодимом

Содержание неодима в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $K \cdot 10^{-4}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
-	523	2.74	154.44
	573	3.32	
	623	3.73	
0.005	523	2.20	165.58
	573	2.70	
	623	3.06	
0.01	523	1.97	174.42
	573	2.47	
	623	2.77	
0.05	523	1.70	188.04
	573	2.10	
	623	2.37	
0.1	523	1.79	180.93
	573	2.20	
	623	2.46	
0.5	523	1.81	177.11
	573	2.21	
	623	2.48	

Добавки неодима в пределах до 0.05 мас.% несколько уменьшают окисляемость цинк-алюминиевых сплавов. Дальнейшее увеличение концентрации легирующего компонента незначительно увеличивает окисляемость исходного сплава Zn5Al, о чём свидетельствует уменьшение кажущейся энергии активации процесса окисления (рис. 3, 4).

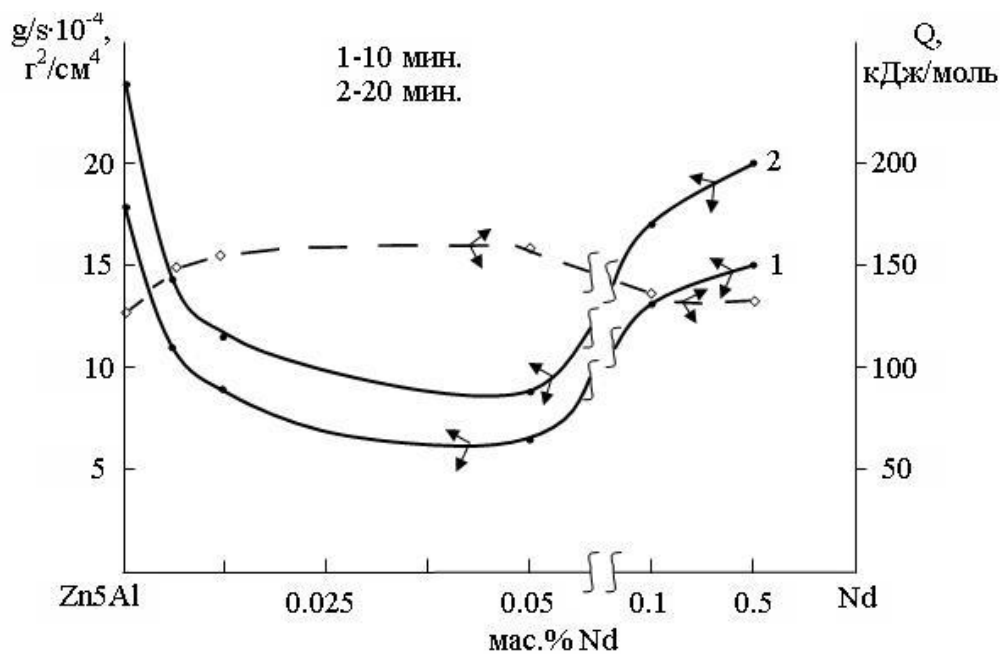


Рис.3. Изохроны окисления (573 К) сплава Zn5Al, легированного неодимом.

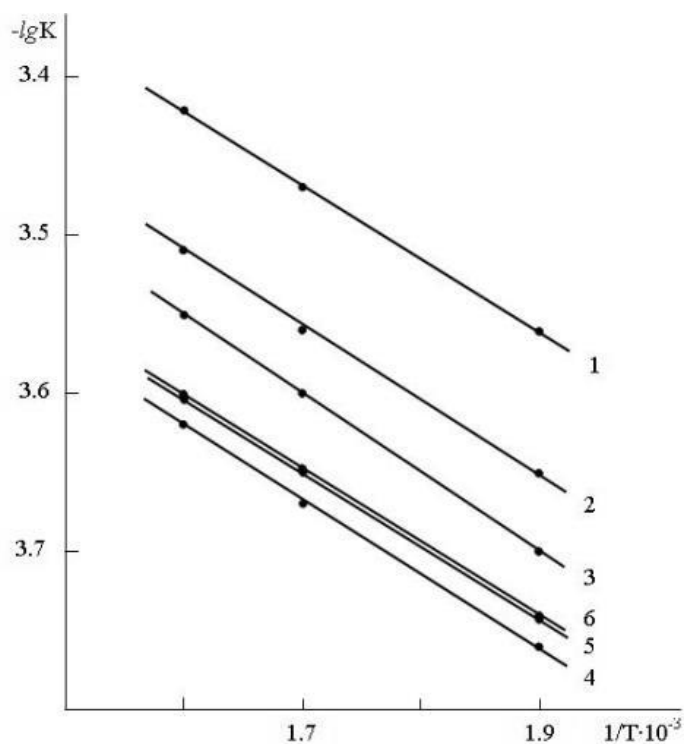


Рис.4. Зависимость lgK от $1/T$ для сплава Zn5Al (1), содержащего неодим, масс. %: 0.005 (2); 0.01 (3); 0.05 (4); 0.1 (5); 0.5 (6).

Продукты, образующиеся при окислении сплавов Zn5Al и Zn5Al, легированных неодимом, исследованы на дифрактометре ДРОН-2.0. Показано, что имеет место образо-

вание, как простых оксидов ZnO, Al₂O₃, Nd₂O₃, так и оксидов двойного состава Al₂O₃·ZnO, Al₂O₃·Nd₂O₃.

В целом, цинк-алюминиевые сплавы Zn5Al и Zn55Al, содержащие неодима 0.005-0.05 мас.%, обладают наименьшим значением скорости окисления и наибольшей величиной энергии активации. Отсюда их можно рекомендовать в качестве анодного защитного покрытия стальных конструкции и изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепинских Б.М., Киташев А.А., Белоусов А.А. Окисление жидких металлов и сплавов. – М.: Наука, 1979, 116 с.
2. Биркс Н., Майер Дж. Введение в высокотемпературное окисление металлов. – М.: Metallurgia, 1987, 184 с.
3. Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Анодное поведение и окисление сплавов систем Zn5Al-ЦЗМ и Zn55Al-ЦЗМ. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2011, 156 с.
4. Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Анодные защитные цинк-алюминиевые покрытия с элементами II группы. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012, 288 с.

З.Р.ОБИДОВ, С.Д.АЛИХАНОВА, И.Н.ГАНИЕВ

КИНЕТИКА И ОКСИДШАВИИ ХҶЛАҶОИ Zn5Al ва Zn55Al, КИ БО НЕОДИМ ЧАВҶАРОНИДА ШУДААНД

Институти химияи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола натиҷаи таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al, ки бо неодим чавҳаронида шудаанд, оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои неодим дар ҳудуди 0.005-0.05%-и вазн оксидшавии хӯлаҳои аввалияро камтар мекунад.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаҳои рӯҳ – алюминий Zn5Al, Zn55Al – усули термогравиметрӣ – кинетикаи оксидшавӣ – неодим.

Z.R.OBIDOV, S.J.ALIKHOVA, I.N.GANIEV

KINETIC OXIDATION OF Zn5Al and Zn55Al ALLOYS, DOPED WITH NEODYMIUM

V.I.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

Results of oxidation kinetics research of solid Zn5Al and Zn55Al alloys, doped with neodymium have been studied. It is shown, that additives of neodymium about 0.005-0.1 wt.% slightly reduced oxidability of initial alloys.

Key words: kinetics of oxidations – zinc-aluminum alloys Zn5Al, Zn55Al – thermogravimetric method – oxidation of alloys – neodymium.

УДК 550.84 + 553.411(575.3)

АЗИМ ИБРОХИМ, М.М.МАМАДВАФОЕВ, А.А.БРИГИНСКИЙ

**МЕСТОРОЖДЕНИЕ ИСТОШОН:
ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ЗОЛОТОНОСНОСТИ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)**

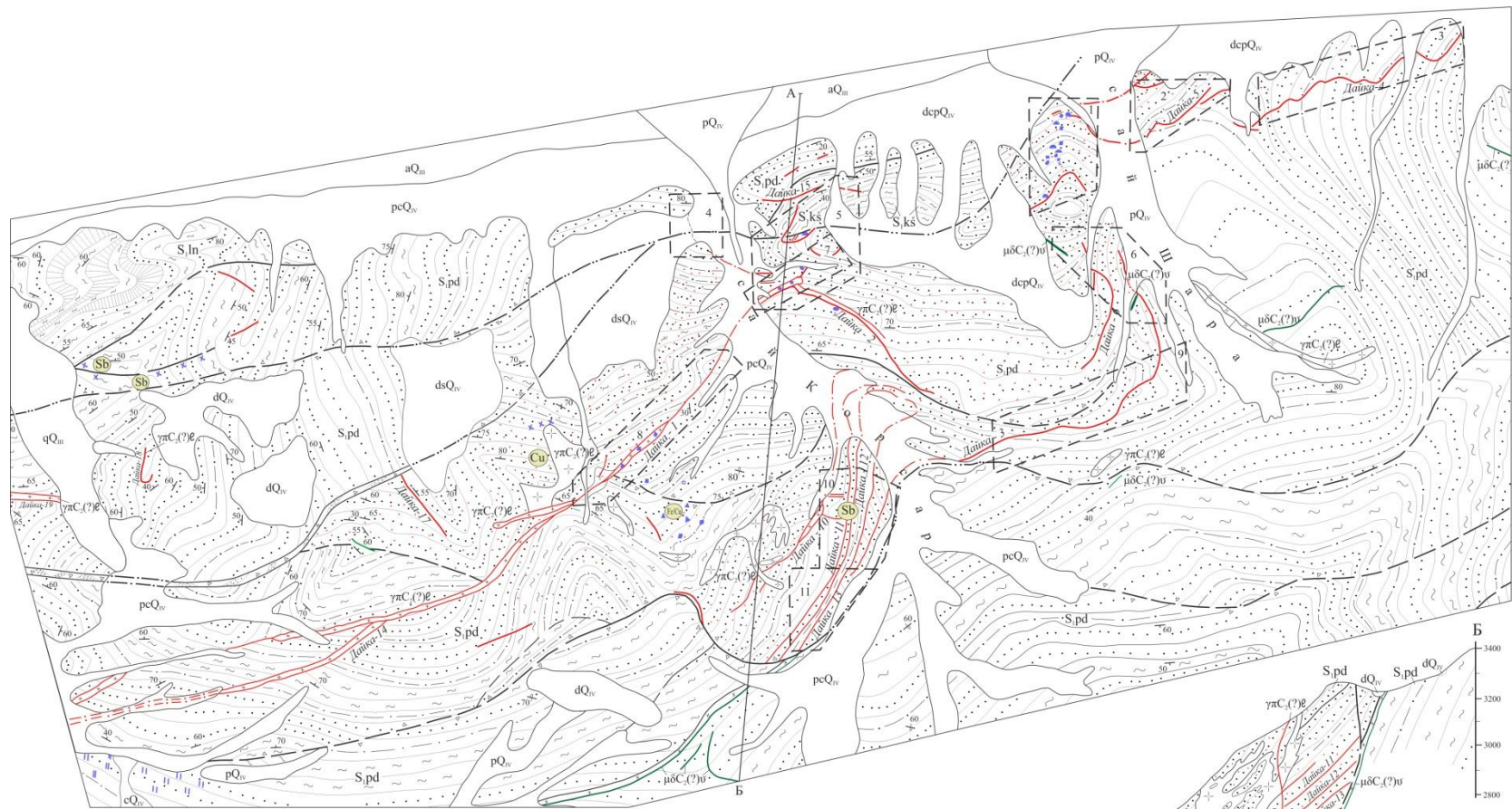
*Главное управление геологии при Правительстве Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 10.08.2012 г.*

Приводятся данные о геологическом строении, метасоматитах, предшествовавших и сопровождающих золотое оруденение, стадиях минерализации, содержании золота в минералах-индикаторах золотого оруденения, рудных телах, прогнозных ресурсах и запасах месторождения. Дается рекомендация о проведении более детальных геологоразведочных работ с целью оценки достоверных промышленных запасов и ресурсов месторождения.

Ключевые слова: месторождение Истошон – метасоматиты – стадии минерализации – золото – прогнозные ресурсы – запасы.

Золоторудное месторождение Истошон, вкуче с рядом слабоизученных однотипных рудопроявлений – Шахи-Зард, Кудук и других, составляет одноименное рудное поле, расположенное на северном склоне Зеравшанского хребта, на левом борту долины одноименной реки на абсолютных высотах 2400-3600 м, в 1 км южнее населенного пункта Истошон. В 0.6 км севернее площади месторождения пролегает грунтовая автодорога в поселок Айни. Рудное поле представлено рудной зоной, субширотно вытянутой на 6 км при ширине 2 км. Оно открыто в 1981 г. А.А.Бригинским и его коллегами. Выяснение промышленных перспектив золоторудного поля составляет важнейшую геологоразведочную задачу для развития горнорудной промышленности в слабо развитом Горно-Матчинском геолого-экономическом районе [1]. В статье приводятся сведения о наиболее изученном на данный момент и типичном объекте вышеназванного рудного поля – месторождении Истошон.

Адрес для корреспонденции: Мамадвафоев М.М. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзаде, 27, Главное управление геологии при Правительстве Республики Таджикистан. E-mail: dushanbeggu@mail.ru



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Q _{iv} 1	Q _m 2	S.pd 3	S.ks 4	S.ln 5	C(?) _e 6	C(?) _y 7	μ C(?) _y 8
C(?) _e 9	C(?) _y 10	μ C(?) _y 11	C(?) _e 12	C(?) _y 13	μ C(?) _y 14	C(?) _e 15	C(?) _y 16
C(?) _e 17	C(?) _y 18	μ C(?) _y 19	C(?) _e 20	Sb 21	Cu 22	FeS ₂ 23	10 24

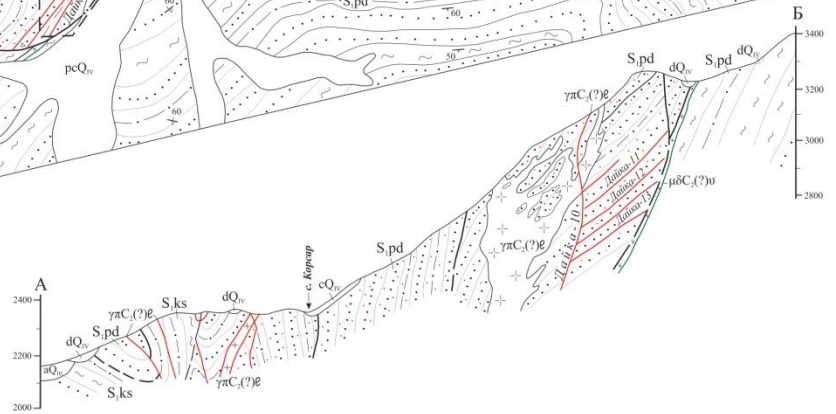


Схема геологического строения золоторудного месторождения Истошон

(по А.А.Бригинскому, 1982 г.,

с упрощениями и дополнениями по М.М.Мамадвафоеву, 2012 г.):

1 – 2 – четвертичные накопления: 1 – современное звено – делювиальные (d), коллювиальные (c), пролювиальные (p), пролювиально-коллювиальные (pc), делювиально-солюфлюкционные (ds), делювиально-коллювиально-пролювиальные (dcp); 2 – верхнечетвертичное звено – аллювиальные (a); 3 – песчаники, алевролиты, сланцы падасской свиты верхнего лландовери; 4 – сланцы, алевролиты, песчаники кштудакской свиты верхи среднего-низы верхнего лландовери; 5 – сланцы, кремни, песчаники лянгарской свиты нижнего-низов среднего лландовери; 6 – граниты и гранит-порфиры интрузий и даек среднекарбонного (?), вероятнее всего – раннепермского возраста; 7 – микродиориты и диориты среднекарбонного (?) возраста; 8 – 14 – типы пород: 8 – песчаники, 9 – алевролиты, 10 – сланцы; 11 – кремни; 12 – гранит-порфиры; 13 – гранит-аплиты; 14 – диориты; 15 – разрывы: установленные (1), предполагаемые (2), установленные под наносами (3), предполагаемые под наносами (4); 16 – зоны дробления и смятия, развитые по терригенным породам; 17 – дробленные и брекчированные образования; 18 – элементы залегания: 1 – пород: наклонные (а), опрокинутые (б); 2 – разрывов; 3 – даек; 19 – ороговикование (1), окремнение (2), окварцевание (3); 20 – антимонит (1), пирит (2а), арсенопирит (2б), халькопирит (3), самородное золото (4); 21-23 – рудные точки: 21 – сурьмы, 22 – меди, 23 – железа и меди; 24 – площади (и их номера), где проведены детальные поисковые работы в масштабе 1 : 1000.

Площадь месторождения представляет фрагмент восточного фланга Зеравшано-Гиссарской [2] структурно-формационной зоны и сложена осадочно-метаморфическими терригенными накоплениями лянгарской (мощность – 500 м), кштудакской (600 м), падасской (850 м) свит нижнего силура, прорывающими их дорудными дайками диоритов, микродиоритов (C₂ ?), штокообразными телами и дайками, соответственно, гранитов и гранит-порфиров предположительно среднекарбонного, вероятнее всего – раннепермского, возраста (см. рис.). Осадочно-метаморфические образования слагают моноклираль с падением напластований в северных румбах при углах падения 40÷80°. Она слабо осложнена мелкой складчатостью и разрывами. В северной части площади месторождения она осложнена синклиналью субширотной ориентировки, протяженностью около 1500 м, южнее расположена антиклиналь, прослеживаемая на 4 км.

На юге площади месторождения прослеживается сброс северо-восточного простирания с изменчивым падением сместителя, при господствующем – северном. Амплитуда перемещения по разрыву составляет около 1200 м. К нему приурочены дайки диоритов, микродиоритов и гранит-порфиров. Вдоль сброса развиты катаклазиты мощностью 200–300 м. Данный разрыв, вероятнее всего, является рудоконтролирующим. Другой крупный разрыв, – взброс, извилистый в плане и круто падающий к северу, находится в северной части площади месторождения. Другие разрывы являются опережающими выше охарактеризованных и играют важную роль в локализации золотого оруденения. В восточной части площади месторождения развиты дайки диоритовых порфиритов и микродиоритов, часто структурно совмещенные с гранит-порфирами. По размерам они резко

уступают кислым дайкам. Залегают они преимущественно субсогласно напластованию вмещающих пород, с поверхности интенсивно ожелезнены.

Гранитные интрузии развиты в основном в долине сая Корсар и на водораздельном его пространстве. Они обильно содержат ксенолиты вмещающих пород. В контактовом их ареале вмещающие терригенные породы силура интенсивно ороговикованы.

Широко развитые послегранитные дайки гранит-порфиров нередко имеют аплитовидное, скрытокристаллическое строение ввиду развития кварц-ортоклазового метасоматоза; они также обычно березитизированы, к ним в основном и тяготеет золотое оруденение.

Метасоматические образования, кроме кварц-ортоклазовых и березитовых, представлены также лиственитами и кварцевыми. Кварц-ортоклазовые метасоматиты приурочены к участкам повышенной трещиноватости даек гранит-порфиров и контактовым их зонам; реже развиты по вмещающим силурийским кварц-полевошпатовым накоплениям. Местами развиты кварц-альбитовые прожилки, нередко с хлоритом. Ортоклазизацию (или адуляризацию), как близкую во-время рудному процессу, некоторые исследователи (Л.А.Карпова, 1983 г.; [3]), считают важным поисковым критерием золотого оруденения в данном регионе. Кварц-ортоклазовые метасоматиты позволяют выделить на месторождении в местах скопления даек зоны разрывов, контролирующей локализацию золотого оруденения.

Березиты обычно слагают фронтальную часть кварц-ортоклазовых метасоматитов; местами развиты по терригенным породам силура. Внешне – это желтовато-буроватые кварц-серицитовые, с пиритом, породы в прожилках и маломощных жилах протяженностью до 15 м. По масштабу проявления зоны березитизации уступают такому кварц-ортоклазовым метасоматитов.

Листвениты развиты ограниченно, соответственно распространенности пород диоритового состава, по которым развиваются. В еще меньшей степени проявлено окварцевание. В терригенных породах оно развито в кварцевых прожилках и маломощных жилах, обрамленных ореолом березитизированных песчаников и алевролитов. В одном случае особо интенсивного проявления прокварцевания терригенных пород представлена субширотная зона, протяженностью около 400 м и шириной до 30 м. С нею связано рудное тело № 2 (см. ниже). Её фланги перекрыты мощными рыхлыми четвертичными накоплениями.

На месторождении выделено девять рудных тел (см. рис.), содержащих до 100 г/т золота. Они относятся к типам оруденелых даек и трещинных зон. Рудные тела № № 1, 6, 7, 8 являются преобладающими по площади, приурочены к березитизированным дайкам гранит-порфира, № № 2, 3, 4, 5 – тяготеют преимущественно к окварцованным песчано-сланцевым породам, расположены к востоку от сая Корсар, № 9 – залегают в лиственитизированной дайке диоритовых порфиритов.

Рудное тело №1 находится на участке Центральный, приурочено к дайке №1; прослежено с поверхности на расстоянии 400 м, опробовано бороздовыми пробами в трёх разведочных сечениях, к западу перекрыто осыпями. Прогнозная его протяженность – 700 м, вскрыто в эрозионном врезе на глубину 200 м. Его мощность – от 1 до 8 м, средняя – 4 м. Содержание золота в рудном теле, в среднем, 7.86 г/т.

Рудное тело № 2 локализовано в зоне прокварцевани в основном среди терригенных пород силура. При пересечении рудной зоной дайки гранит-порфира № 5, вдоль висячего контакта последней с вмещающими породами, развиваются ответвления широтной ориентировки. Протяженность рудного тела – 550 м при мощности 10 м; его фланги перекрыты мощными рыхлыми четвертичными накоплениями. Рудное тело включает безрудные интервалы мощностью до 2 м, вскрыто в эрозионном врезе на глубину 200 м. Содержание золота в рудном теле, в среднем – 3.55 г/т.

Рудные тела № № 3, 4, 5 также приурочены к северо-восточным, до субмеридионального простирания, зонам прожилкового прокварцевания. Мощность рудных тел, соответственно, составляет (в м): 1, 1, 2, прогнозная их протяженность – 100, 200, 200, содержание золота, в среднем – 5.0, 3.82, 3.0 г/т. *Рудное тело № 6* залегает в дайке № 4, прослежено на расстоянии 300 м. В двух его опробованных сечениях, отстоящих друг от друга на расстоянии 200 м, содержание золота составляет, соответственно, 1.0 ÷ 0.п г/т. Его средняя мощность – 2 м, содержание золота в нем, в среднем – 6.75 г/т. *Рудное тело № 7* тяготеет к дайке № 13. Прогнозная его протяженность – 220 м при мощности 1.0 м, содержание золота в одном бороздовом сечении составляет 8.6 г/т. *Рудное тело № 8* расположено в висячем боку дайки № 3, вскрытой на полную мощность в одном канавном сечении. Прогнозная его длина – 70 м, мощность – 1 м, содержание золота в нем – 3 г/т. *Рудное тело № 9* залегает в лиственитизированной дайке микродиорита. Вскрыто канавой в одном сечении на полную мощность. Его прогнозная длина – 70 м, мощность – 0.4 м, содержит 16 г/т золота.

Руды месторождения Истошон содержат в основном пирротин, пирит, арсенопирит, антимонит, самородное золото, в меньшей мере – шеелит, халькопирит, галенит, висмутин, бисмутит, киноварь, буланжерит, бертьерит, самородные свинец и серебро и др. Содержание сульфидов в рудах составляет 3–5%, редко достигает 10%. Наиболее развиты вкрапленные, прожилковые, реже массивные и друзовые руды. С поверхности руды слабо окислены. Из вторичных минералов преобладают гидроокислы железа, охры сурьмы и мышьяка, реже отмечаются малахит, церуссит, ярозит.

На месторождении проявлены две стадии минерализации: ранняя, золото-пирит-арсенопиритовая, и 2) поздняя, золото-полисульфидная (золото-серебро-сфалерит-антимонитовая). В ранней ассоциации золото находится как в тонкодисперсной форме в сульфидах, так и в свободном виде. В арсенопирите лазерным анализом установлено золото до 10 г/т (в 9 пробах из 47), что устойчиво ниже аналогичного показателя [4] для месторождений Джилау, Тарор, Пшти-Фарфар, Гиждарва, Чашманият, Конизак, но резко

выше, чем в арсенопирите из олово-полиметаллического Казнок-Мушистонского рудного поля. В полуокисленном пирите установлено 10 г/т золота (в одной пробе из 72), резко уступающем его распространенности в пиритах однотипного месторождения Чоре [5]. В кварце лазерным анализом установлено золота до 50 г/т (в 6 пробах из 20). Самородное золото – высокопробное, содержит серебро от 0,01 до 1%. В золото-полисульфидной стадии минерализации золото представлено в основном в самородном виде на участке Центральном, в интенсивно березитизированной дайке гранит-порфира. Самородное золото в редкой неравномерной вкрапленности тяготеет в основном к субширотным крутопадающим трещинам. Преобладающий размер золотинок менее 0,1 мм., лишь иногда достигает 3 мм. Местами отмечаются гнездообразные скопления, представляющие густую сетку тонких просечек золотинок в кварце. Содержание серебра в золотинок более 5%, что выше чем в самородном золоте из ранней стадии минерализации.

Прогнозные ресурсы золота, по категории P₂, подсчитанные по рудным телам № № 1 – 9, соответственно, составляют (в кг): 9550; 4745; 34; 103; 162; 1458; 281; 5; 21. В целом по месторождению они составляют 16359 кг, что характеризует его как объект среднего класса крупности [6].

Последующими работами на месторождении выделены одиннадцать золоторудных площадей (см. рисунок), наиболее изучены участки Чашма и Шара.

Участок Чашма (Центральный), находится в центральной части месторождения, по обоим склонам низовья сая Корсар, в 0.75 км к югу от его устья. Протяженность участка – 1.0 км, ширина – 0.4 км, находится на абсолютной высоте 2680 – 2860 м. Прогнозные ресурсы категории P₁, подсчитанные по участку (по оруденелой дайке № 1), составляют (в кг): золото – 85.6 при среднем содержании в руде 13.4 г/т; серебро – 19.2 кг со средним содержанием в руде – 2.8 г/т; Запасы категории C₂: золото – 49.4 кг при среднем содержании в руде – 13.4 г/т; серебро – 10.3 кг со средним содержанием в руде – 2.8 г/т.

Участок Шара находится в низовьях сая Шара. Его протяженность – 2.5 км при ширине 200-800 м. Здесь развиты графитизированные, ортоклазитированные и березитизированные дайки гранит-порфиров с характерной золотоносной пирит-арсенопиритовой минерализацией. Протяженность даек – от 50 до 420 м при мощности от 0.3 до 20 м. В центральной части участка обильно проявлены разрывы, вкуче образующие зону интенсивного дробления силурийских терригенных пород, подвергнутых березитизации. Протяженность данной минерализованной зоны – 900 м при ширине до 220 м. В ней развиты маломощные, до 10 см, прожилки кварца с вкраплениями, гнездами и массивными агрегатами парагенезиса пирита, арсенопирита, антимонита, бертьерита, галенита, самородного золота. Содержание золота в рудной зоне – от 0.1 до 4.8 г/т, серебра – 118.9 г/т, мышьяка – до 6%. Оконтурировано также штокверкоподобное рудное тело, площадью 1637 кв. м, содержащее < 0.1 – 38.3 г/т Au, 0.1 – 129.4 г/т Ag, 0.02 – 1.27% As, до 0.18% Sb. Содержа-

ние золота в среднем – 1.8 г/т, серебра – 2.7 г/т. Прогнозные ресурсы золота участка Шара, по категории P₂, составляют 14300 кг.

Общие запасы и прогнозные ресурсы золота участков Шара и Чашма составляют 14435 кг, характеризуя месторождение Истошон как объект среднего класса крупности [6]. При этом участок Шара рекомендуется для проведения первоочередных, более детальных, геологоразведочных работ.

Запасы месторождения Истошон возможно существенно увеличить за счёт разведки ряда неоконтуренных рудных зон, мощностью до 3 м и средним содержанием золота от 7.8 до 42.76 г/т, а также других его рудоносных участков, прежде всего – участка Чашма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азим Иброхим, Мамадвафоев М.М., Джанобилов М.Д., Фахрутдинов Р.С. Зеравшанский горнопромышленный регион Таджикистана: геология и минеральные ресурсы. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012, 344 с.
2. Виноградов П.Д. – В кн.: Геология СССР, т. XXIV. ТаджССР, ч. I. Геологическое описание. – М.: Госгеолтехиздат, 1959, с. 489 – 496.
3. Блохина Н.А. – ДАН ТаджССР, 1985, т. XXVIII, № 4, с.221 – 224.
4. Блохина Н.А. – ДАН ТаджССР, 1985, т. XXVIII, № 3, с. 165 – 167.
5. Карпова Л.А., Вазиров К.В. – ДАН ТаджССР, 1982, т. XXV, № 4, с.236 – 239.
6. Квятковский Е.М. – В кн.: Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990, с. 32-33.

АЗИМ ИБРОҲИМ, М.М.МАМАДВАФОЕВ, А.А.БРИГИНСКИЙ

КОНИ ИСТОШОН: ХУСУСИЯТҲОИ ГЕОЛОГӢ – ГЕОХИМИЯВӢ ВА ОЯНДАНОКИИ ТИЛЛОНОКИИ ОН

Саридораи геологии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола оиди соҳти геологии кон, метасоматитҳо, ҷисмҳои маъданӣ, марҳилаҳои минералшавӣ, манбаҳои пешгуишуда ва захираҳои қисматҳои нисбатан хубтар омукташуда маълумот дода шудааст. Ба мақсади афзун намудани захираҳои кон, минбаъд гузаронидани корҳои иқтишофии геологӣ тавсия дода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: кони Истошон – метасоматитҳо – марҳилаҳои минералшавӣ – тилло – манбаи пешгуишуда – захираҳо.

AZIM IBROKHIM, M.M.MAMADVAFOEV, A.A.BRIGINSKIY

**THE DEPOSIT OF ISTOSHON: GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL
FEATURES AND PERSPECTIVES OF GOLD MINERALISATION
(CENTRAL TAJIKISTAN)**

General Directorate of Geology under the Government of the Republic of Tajikistan

The article provides important information on geological structure of the deposit, metasomatytes, preceding and following golden mineralization, ore bodies, stages of mineralization, gold content in the indicating minerals of golden mineralization, forecasted resources and reserves. The article also provides recommendation on conducting further and more detailed geological exploration works in order to increase reserves of the area up to the level of industrial deposit.

Key words: Istoshon Deposit – metasomatytes – stages of mineralization – gold –forecasted resources – reserves.

УДК 632.472:535.52

Х.С.КАРИМОВ, Х.М.АХМЕДОВ, М.АЛИ*, З.КАБУТОВ**, Ф.АХМЕДОВ***

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Центр инновационного развития науки и новых технологий

АН Республики Таджикистан,

**Институт прикладных наук и технологии, Топи, Пакистан,*

***Физико-технический институт им. С.У.Умарова*

Академии наук Республики Таджикистан,

****Научно-исследовательское и производственное учреждение*

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 31.07.2012 г.

В работе описан мониторинг параметров фотоэлектрической установки, что является очень важным для определения эффективной её работы при практическом использовании. Проведены измерения напряжения холостого хода, тока короткого замыкания, интенсивности солнечного излучения и температуры окружающей среды. Были определены мощность, произведенная в течение дня энергия и эффективность установки. Проведена оценка стоимости элементов системы для мониторинга параметров фотоэлектрической установки. Показано, что стоимость созданной системы мониторинга параметров ФЭУ заметно ниже стоимости других аналогичных систем мониторинга.

Ключевые слова: фотоэлектрическая установка – интенсивность солнечного излучения – напряжение холостого хода – ток короткого замыкания – температура окружающей среды.

Известно, что производитель фотоэлектрических установок (ФЭУ) предоставляет их параметры, полученные при стандартных условиях [1-3]. При использовании в естественных условиях, как правило, наблюдается снижение таких практически важных параметров, как мощность и напряжение, в сравнении со стандартными [1]. Вследствие этого практически важно провести мониторинг параметров ФЭУ на месте, то есть их измерение, вследствие чего может быть получена важная информация, которая покажет, что можно ожидать от использования ФЭУ в данном месте.

Адрес для корреспонденции: Ахмедов Хаким Мунавварович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт АН РТ. E-mail: khakim48@mail.ru

При этом система для мониторинга должна быть компьютеризована, чтобы снизить затраты времени экспериментатора, повысить надежность и снизить погрешности измерений [4,5]. В [6] приведены некоторые системы для мониторинга параметров фотоэлектрических установок. Есть установки, которые также производят оценку и слежение за максимальной мощностью ФЭУ [7].

В [2] система мониторинга ФЭУ содержит микропроцессор и мощный полевой транзистор, который играет роль переменной нагрузки для слежения за точкой максимальной мощности на вольтамперной характеристике ФЭУ. Напряжение, ток, интенсивность солнечного излучения и температура измерялись соответственно цифровым измерителем (Agilent), пиранометром и термодатчиками [2].

В настоящей статье приведены характеристики сравнительно недорогой системы для мониторинга ФЭУ (рис.1). Система содержит датчики интенсивности солнечной радиации (фоторезистор), напряжения и тока (ACS 758), температуры (LM 135), аналого-цифровой преобразователь (АЦС 0809), реле и микросхему (MAC 232), а также микропроцессор (AT 89 С 51). В качестве ФЭУ служил модуль ARCO Solar - ASI-16-2300-20, установленный под углом 45° к горизонтальной поверхности, что является в зимний период оптимальным углом в месте, где широта местности равна 34° С (Институт прикладных наук Пакистана). Данные, полученные от соответствующих датчиков (рис.1), через аналого-цифровой преобразователь поступали на микропроцессор и далее на компьютер.

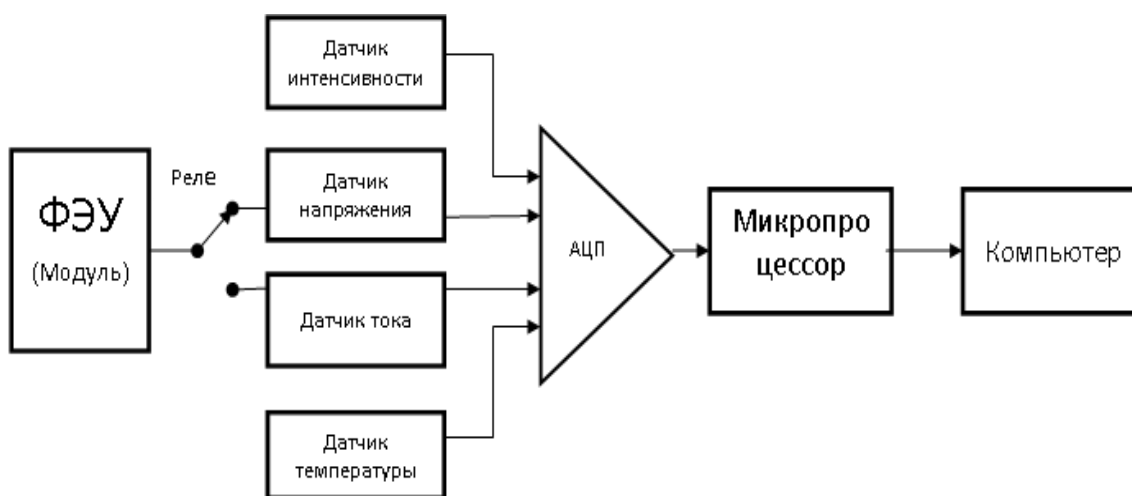


Рис.1. Блок-схема системы для мониторинга параметров ФЭУ.

Для обработки данных в компьютере использовались программы LABVIEW. В результате компьютером строились вольтамперные (В-А) характеристики и зависимости мощности от напряжения (Р-Н).

В табл. приведены параметры фотоэлектрического модуля (ARCO Solar - ASI-16-2300-20) при стандартных условиях.

Параметры фотоэлектрического модуля (ARCO Solar - ASI-16-2300-20)
при стандартных условиях

Параметры	Значения
Напряжение холостого хода, В	20.8
Ток короткого замыкания, А	2.5
Ток в точке максимальной мощности, А	2.3
Напряжение в точке максимальной мощности, В	16.1
Количество солнечных элементов в модуле	35
Длина, м	0.90
Ширина, м	0.30
НОСТ	43-47
Температурный коэффициент напряжения, $V/^{\circ}C$	-0.079
Температурный коэффициент тока, $A/^{\circ}C$	0.0017

На рис.2. приведены вольтамперная характеристика и зависимость мощности от напряжения исследованных модулей, полученных компьютерным моделированием при стандартных условиях (интенсивность света – 1 кВт/м^2 температура $25^{\circ}C$, спектр излучения АМ 1.5).

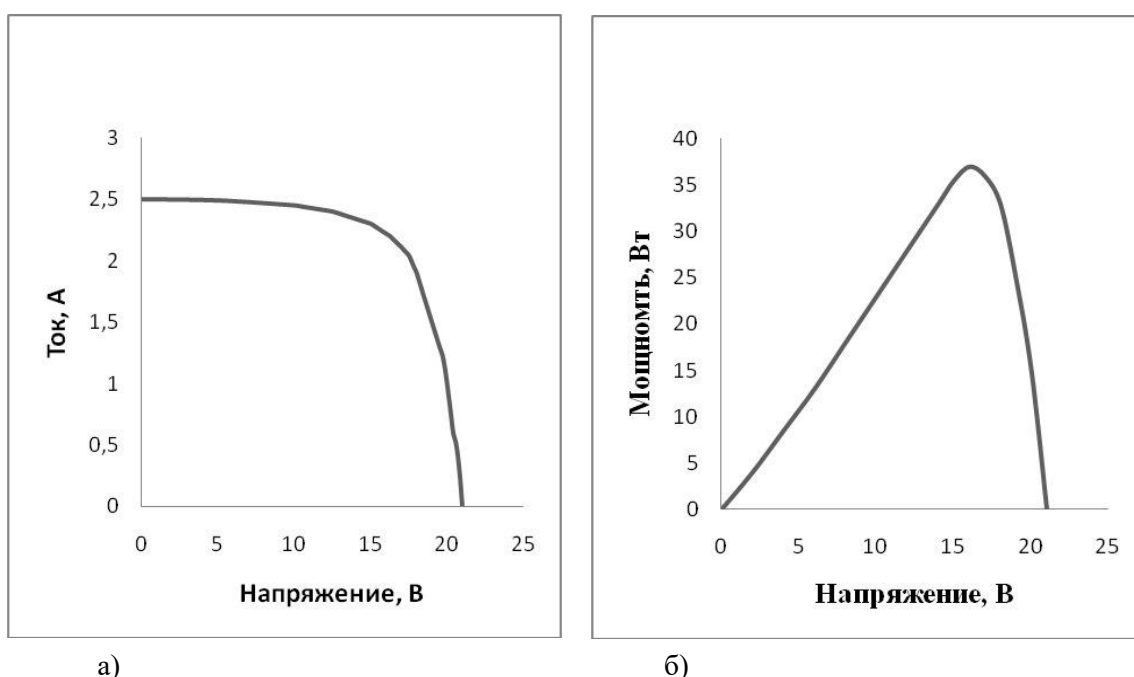


Рис.2. Вольтамперная характеристика (а) и зависимость мощности от напряжения (б).

Полученные данные на рис.2. совпадают с данными поставщика модулей, что указывает на правильность подходов и методов исследования которые были подробно описаны нами в [8].

На рис.3. приведены экспериментальные зависимости напряжения холостого хода и тока короткого замыкания исследованного модуля в ясный солнечный день.

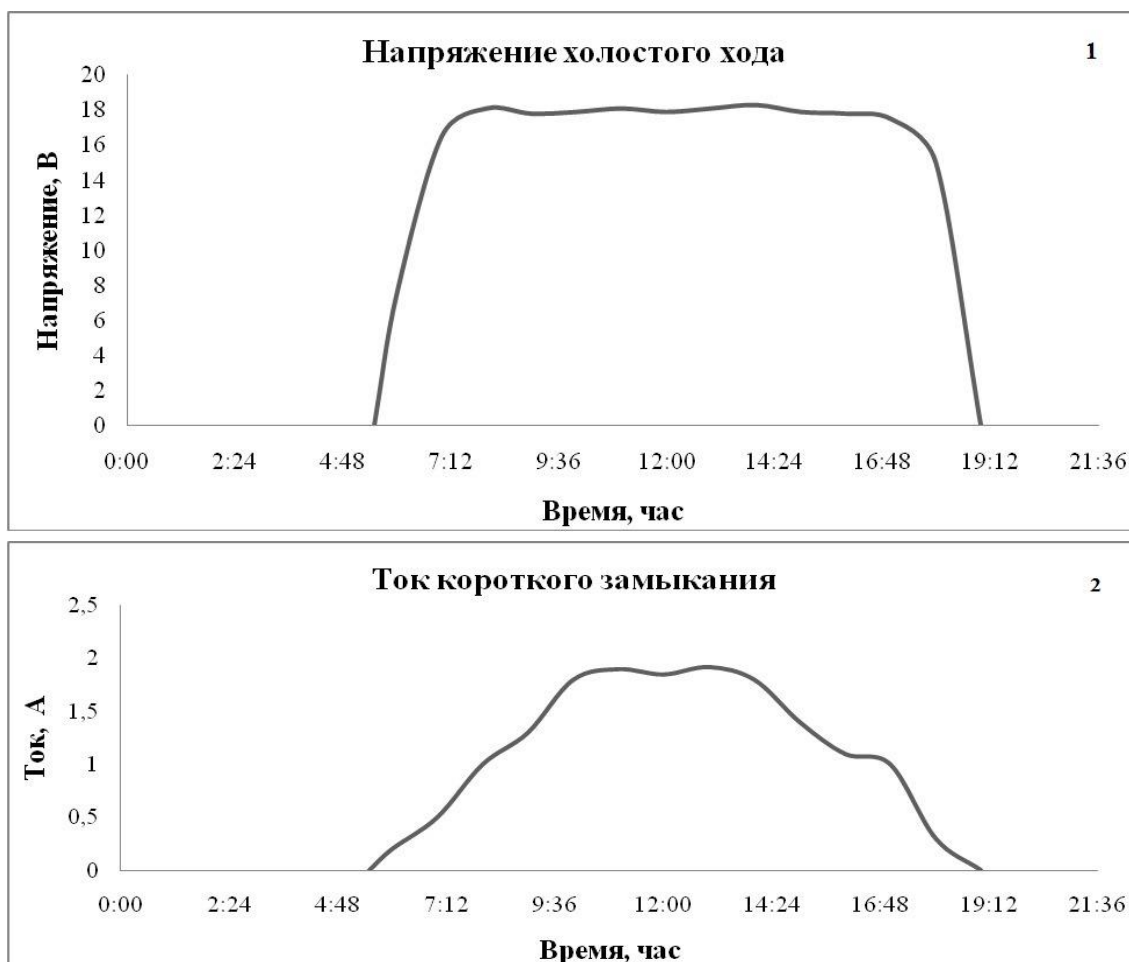


Рис.3. Мониторинг напряжения холостого хода в «В» (1), и тока короткого замыкания (2) в «А» исследованного модуля в ясный солнечный день.

Результаты, приведенные на рис.3, получены без проведения «ручных» экспериментов только системой для мониторинга ФЭУ. Обработка этих значений токов и напряжений в точке максимальной мощности с учетом интенсивности солнечного излучения позволила установить, что средние напряжения под нагрузкой, мощность и энергия, произведённая за день, были соответственно равны (13-15) В, (30-33) Вт и (240-264) Вт.час.

Для широкого использования системы мониторинга ФЭУ на практике очень важна её стоимость. Полная стоимость системы мониторинга ФЭУ есть сумма первоначальных затрат, затрат в течение всей «жизни» системы и затраты на обслуживание [1]. Первоначальные затраты, которые являются определяющими, включают стоимость аналого-цифрового преобразователя, стоимость датчиков температуры, интенсивности света, напряжения, тока и стоимость микропроцессора. В зависимости от поставщика первоначальные затраты системы мониторинга ФЭУ лежали в интервале 5÷20 долл. США, что заметно ниже стоимости элементов систем мониторинга ФЭУ, описанных в [2,3,9].

Таким образом, создана недорогая система для мониторинга параметров фотоэлектрической установки, которая позволяет получить основные параметры установки, такие как напряжение, мощность и эффективность работы в местах её использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Markvart T. Solar Electricity. – New York: John Wiley & Sons, 2000, 304 с.
2. Zimmermann U. – J. of photovoltaic. 2012, v. 2, №1, pp. 206-211.
3. Virtuani A., M'ullejans H., Dunlop E. – Prog. Photovoltaics: Res. Appl. 2011, v. 19, pp. 11-20.
4. Xiaobo W., Zhihao Y. – IEEE. 2009, v.2, pp.281-288.
5. Ahmad J. – IEEE. 2010, v. 7, pp.53-56.
6. Texas instruments, "Introduction to Photovoltaic Systems Maximum Power Point Tracking", Application Report SLVA446 – November 2010, №1, pp.11-15.
7. Enslin J.H.P., Wolf M.S., Snyman D.B., Swiegers. – IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1997, №6, pp.769-773.
8. Ali M., Mahmood K., Karimov Kh.S. – Proceedings of the International symposium, Khujand, Tajikistan, 17-19 May, 2012, pp.262-276.
9. Sharko G., Hobdri N. – Science & technology innovations, Perspectives of Innovations, Economics and Business, Volume 9, Issue 3, 2011, pp.151-155.

Ҳ.С.КАРИМОВ, Ҳ.М.АХМЕДОВ, М.АЛӢ*, З.КАБУТОВ**, Ф.АХМЕДОВ***

МОНИТОРИНГИ НИШОНДИҲАНДАҲОИ ДАСТГОҲИ ФОТОЭЛЕКТРИКӢ

Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,

**Институти илмҳои бунёди ва технологияи ба номи Гулом Исҳоқ Хон, Покистон,*

***Институти физика ва техникаи ба номи С.Умарови*

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,

****Муассисаи давлатии илмӣ-таҷрибавӣ ва истеҳсолии*

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола системаи мониторинги нишондиҳандаҳои дастгоҳи фотоэлектрикӣ оварда шудааст. Нишондиҳандаҳои асосии дастгоҳи фотоэлектрикӣ, аз ҷумла, шиддат, тавоноӣ ва нерӯи барқӣ истеҳсолшуда дар муддати рӯз чен карда шудаанд. Нишон дода шудааст, ки системаи мониторинги нишондиҳандаҳои дастгоҳи фотоэлектрикӣ аз дигар системаҳои ба ҳамин монанд арзонтар мебошад.

Калимаҳои калидӣ: дастгоҳи фотоэлектрикӣ – интенсивнокии шӯъои офтоб – шиддати гашти бефоида – чараёни расиши кӯтоҳ – ҳарорати муҳити атроф.

KH.S.KARIMOV, KH.M.AKHMEDOV, M.ALI*, Z.KABUTOV**, F.AKHMEDOV***

MONITORING OF PHOTO-ELECTRIC MODULE'S PARAMETERS

Center of Innovation Development of science and New Technologies,

Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

**Gulam Ishak Khan Institute of Technology and Applied Sciences, Pakistan,*

***S.U.Umarov Physical and Technical Institute,*

Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

****Scientific Experimental and Production Institution,*

Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

The system for monitoring of photo-electric parameters of the module is described.

Investigated I-V and P-V characteristics. It was obtained basic parameters as voltage and power at maximum power point and produced energy burring a docy.

Key words: installation of photovoltaic – intensity – solar radiation – open – circuit voltage – short-circuit current – ambient temperature.

УДК 621.311.21-181.4

Ш.Ш.ШОЁКУБОВ, М.НАРЗИЕВ, И.Т.ХОДЖАХОНОВ, Ш.ШОЁКУБОВ, Ф.М.МИРЗОЕВ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВОБОДНОПОТОЧНОЙ МИКРОЭНЕРГЕТИКИ
В РЕКАХ ТАДЖИКИСТАНА**

Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими

Поступила в редакцию 18.09.2012 г.

В работе показано преимущество использования энергии естественных турбулентных потоков рек относительно ламинарных и ветровых потоков. Экспериментально определена эффективность и некоторые гидроэнергетические параметры штангового шестилопастного плосколопастного водяного колеса.

Ключевые слова: энергоресурс – турбулентные и ламинарные потоки – критерий Стокса – микроГЭС – трансмиссионная связь – свободнопоточная микроэнергетика – коэффициент мобильности.

В структуре возобновляемых энергоресурсов весьма перспективными энергоносителями являются речные потоки, способные развивать наибольшую для возобновляемых источников удельную мощность. Большие и средние несудоходные горные реки обладают колоссальной кинетической мощностью. Согласно официальным данным, гидрогеографическую сеть Таджикистана составляют более 25 тысяч средних и малых рек с общей протяженностью 69.2 тыс. км. В среднем густота речной сети в Таджикистане составляет около 0.6 км/км² [1]. Перепад этих рек на каждом километре в среднем составляет от 4 до 11 и более метров, а скорость течения – соответственно от 1 до 6 и более метров в секунду.

В Таджикистане потенциал большой гидроэнергетики составляет 528 млрд. кВт, а малой — 184.4 млрд. кВт [1] и эти отрасли изучены на достаточном уровне. Однако этого нельзя сказать о свободнопоточной микрогидроэнергетике (под термином свободнопоточная микрогидроэнергетика подразумеваются микроГЭС, работающие с низкой частотой вращения турбины, которая определяется скоростью свободного потока воды без строительства специальных деривационных сооружений). Сегодня отсутствуют соответ-

Адрес для корреспонденции: Ходжахонов Идрис Тураевич. 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. акад. Раджабовых, 10, Таджикский технический университет. E-mail: idris56@mail.ru

ствующие методики по исследованию этой энергетической отрасли. В Советском Союзе данная отрасль не была затронута, считалась малоэффективной. Сегодня в Таджикистане проблемам малой и микроэнергетики уделяется особое внимание [2].

Вопросами перспективы использования, технического оснащения и разработки нетрадиционных высокоэффективных конструкций свободно-поточных микроГЭС (во многих странах мира к категории микроГЭС относят гидростанции мощностью менее 100 кВт) [3], преобразующих кинетическую энергию водотока в электрическую без строительства специальных деривационных сооружений, занимаются во многих в научно-технологическом плане развитых странах мира.

Однако такие ранее существующие конструкции микроГЭС на естественных потоках рек, как гилянская (конструкции Б.С.Блинова и др.), триплексная вертикальная (конструкции Ю.М.Новикова), штанговая плоскопараллельная и плоскоподъемная (конструкции М.И.Логинова и Ю.М. Новикова), гидрорукавная (конструкции А.С.Мелешко), торцовая мембранная (разработка компании Bourne, Energy, США), роторная и капсульная (разработки компании «Силовая машина», Россия) и др. для преобразования кинетической энергии естественного потока реки в электрическую, не нашли широкого применения [3]. Однако многие разработанные конструкции в этих странах предназначены для выработки электроэнергии на равнинных реках почти с ламинарными течениями, где не наблюдаются высокие гидродинамические параметры, как в реках Центральной Азии, в том числе Таджикистана. Независимо от разнообразия конструкций свободнопоточные микроГЭС имеют общие недостатки, осложняющие их эксплуатацию:

- а) незащищенность от повреждения плавающими предметами;
- б) невозможность работы при значительных суточных колебаниях глубины потока, что, как правило, наблюдается на малых и средних горных реках во время дождевых паводков. Количество воды в таких реках за короткое время суток увеличивается на порядок и более. Главными причинами этих недостатков являются отсутствие свободно плавающих силовых агрегатов и достаточной гибкости трансмиссионной связи силовых компонентов станции с береговыми устройствами, а также низкий коэффициент мобильности этих установок.

Эксперимент, проводимый в 1995-2000 гг. на реке Сурхоб сотрудниками кафедры «Электрические станции» ТГУ им. М.Осими с использованием свободнопоточных гилянских гидротурбин для производства электроэнергии [4], подтверждает вышеизложенные причины и неприемлемость таких турбин для рек Таджикистана, где наблюдаются очень высокие сезонные динамические параметры.

Следует отметить, что все реки Таджикистана относятся к рекам с турбулентными потоками. Для определения эффективности использования гидроэнергетических потоков рек в рамках свободнопоточной микроэнергетики в данной работе нами путем сравнения турбулентных потоков рек с ламинарными и ветровыми потоками произведены аналитические и экспериментальные исследования.

Вычисленная средняя скорость, согласно критерию Стокса, в реках с ламинарными течениями составляет 0.01-1 м/сек, а в реках с турбулентными потоками от 1 до 6-7 м/сек и более [5].

Энергию потока воды или воздуха E как движущегося тела с массой m и скоростью v можно выразить формулой

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Мощность потока P определяется как:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2}\rho Sv^3 \quad (1)$$

где ρ – удельная плотность; S – площадь поперечного сечения потока.

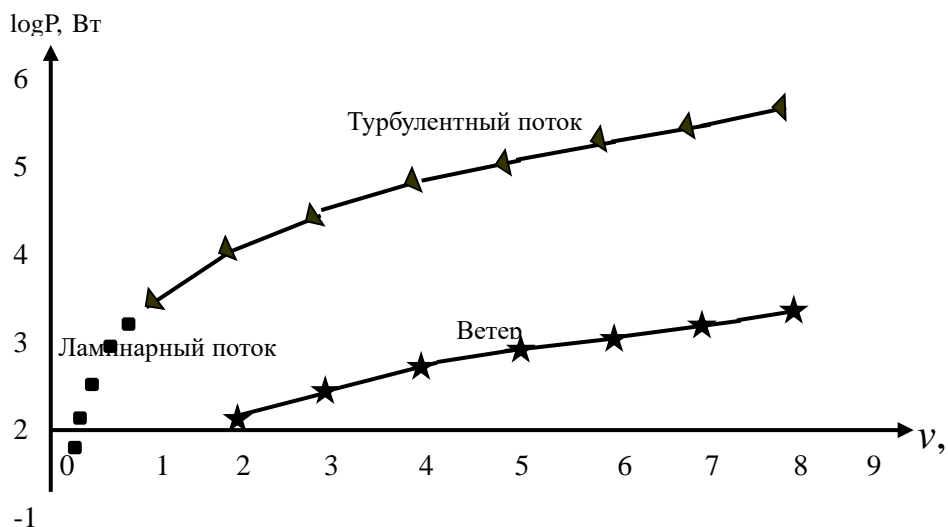


Рис. Зависимость мощности ламинарных, турбулентных и ветровых потоков от скорости их движения.

Согласно формуле (1), мощность, вырабатываемая в гидро- и ветровых электростанциях, будет

$$P = \frac{1}{2}\rho S_k v_{cp}^3 \eta,$$

где P – мощность, Вт; ρ – плотность воды или воздуха, кг/м³; S – активная площадь гидротурбины или ветровой пропеллер, м²; v_{cp} – средняя скорость течения воды в есте-

ственных речных турбулентных потоках, распределение скорости на вертикалях примерно следует закону параболы [6] или скорость ветра, м/с; η – КПД установки в целом.

Из графика, построенного согласно формуле 1, зависимость мощности от скорости ламинарного или турбулентного течения воды и ветровых потоков при одинаковых технических условиях, то есть при условно одинаковой активной площади гидротурбины или ветрового пропеллера и при одинаковом КПД энергетических установок, видно, что энергетический эффект, получаемый в реках с турбулентным потоком, почти на 3 порядка выше.

Это объясняется тем, что при одинаковых физических условиях, то есть при одинаковой скорости движения и площади поперечного сечения водяных и воздушных потоков, через которую протекают эти потоки, отношение удельной плотности воды к удельной плотности воздуха составляет около 775. Это говорит о том, что кинетическая энергия водяного потока по сравнению с ветровым при равных указанных выше значениях в 775 раз больше. При помутнении воды в период селевых потоков плотность воды ρ возрастает, что приводит к увеличению мощности потока.

Для испытания был выбран участок реки Зеравшан, где средняя скорость при минимальном количестве расхода воды составляет 2.52 м/сек, и штанговое шестилопастное водяное колесо с длиной лопасти $L=0.6$ м и шириной $H=0.4$ м. Параметры L и H выбираются в зависимости от минимальной глубины и ширины водотока.

Экспериментально установлено, что КПД водяного колеса с плоскими лопастями при средней скорости течения потока воды 2.52 м/с находится в пределах 0.73–0.75, а система в целом с учётом коэффициентов редуктора и электрогенератора – равна около 0.65.

Для шестилопастного штангового водяного колеса с площадью каждой лопасти $S_k = LH$ (активная площадь), где L – длина, H – высота лопасти, и с глубиной погружения, равной высоте лопасти, мощность, получаемая на клеммах генератора микро ГЭС, вычислена следующая формула:

$$P = \frac{1}{2} \rho S_k v_{\text{н\ddot{o}}}^3 \eta_q \eta_p \eta_g,$$

где P – мощность, Вт; ρ – плотность воды, кг/м³; S_k – активная площадь лопасти водяного колеса, м²; $v_{\text{н\ddot{o}}}$ – средняя скорость течения воды, м/с; η_q – КПД гидроколеса с плоскопараллельными лопастями, который зависит от качества и профиля колеса, η_p – КПД редуктора и соответственно η_g – коэффициент полезного действия электрогенератора.

При увеличении расхода воды наблюдается небольшой рост средней скорости [6]. В качестве примера можно привести измеренные нами данные в одной точке, сезонные изменения гидравлических параметров реки Зеравшана.

1. $Q=109 \text{ м}^3/\text{с}$, $S=59.2 \text{ м}^2$ $v_{\text{cp}}=2.31 \text{ м/с}$.
2. $Q=651 \text{ м}^3/\text{с}$, $S=177 \text{ м}^2$, $v_{\text{cp}}=3.67 \text{ м/с}$.

Нетрудно заметить, что с возрастанием количества воды в реке почти в 6 раз средняя скорость увеличится только в 1.58 раз. Такой незначительный диапазон изменения расходной скорости воды в реках по сравнению с диапазоном изменения скорости потока ветра (от 0 до 15 м/с и более) не вызывает затруднений в технологическом плане при конструировании гидроустановок для стабилизации выходных электрических параметров. Вышеуказанная река имеет наибольшие расходы воды в июле (250-690 м³/с), наименьшие — в марте (28-60 м³/с). Средний годовой расход ниже устья реки Магиана 162 м³/с [7].

На базе аналитических и экспериментальных исследований и с учетом конструктивных недостатков ранее существующих энергетических установок мы разработали новую микроГЭС, адаптированную для рек Средней Азии и в том числе Таджикистана, работающую на естественных потоках реки, и это конструкция защищена малым патентом РТ (№ ТЖ 289 от 20.01.2010). Запатентованная конструкция (Поплавковая речная электростанция - ПРЭС) не только обеспечит получение высококачественной электроэнергии, но и обеспечит гибкую трансмиссию между силовыми и исполнительными частями гидроэлектростанции, защиту гидроустановки от крупных плавающих предметов и свободное плавание.

Данная установка состоит из следующих узлов:

1. Силовая часть представляет собой конструкцию, собранную на двух пустотелых герметичных поплавках (катамаранная система), имеющих длину 3500 мм при ширине 300 мм с одной стороны и 350 мм с другой и высоту по 400 мм. Поплавки соединены между собою на расстоянии 1600 мм тремя дугообразными мостиками с хордой, изготовленной из стальной трубы диаметром 32 мм. Водяное колесо, с шестью плоскими лопастями установлено на расстоянии $\frac{3}{4}$ длины самого поплавка от его передней части поплавка и по вертикали оно установлено на расстоянии 260 мм от уровня верхней плоскости поплавка. В третьем хвостовом секторе поплавка с шириной 350 мм (широкая сторона) смонтированы: мультипликатор с коэффициентом передачи 1:16.5 и с коэффициентом полезного действия 0.94 имеет жесткое соединение с гидронасосом марки НШ-10-3 с рабочим объемом 10 см³ и объемным КПД 0.93, гидробак, фильтр, выходные и входные гидрорукава высокого давления выведены с передней части поплавка с помощью герметичных переходников для дальнейшего подключения к исполнительной части станции. С двух сторон на верхних углах передней части установлены анкерные круги для закрепления силового троса, привязывающегося к берегам.

2. Исполнительная береговая часть станции состоит из ручного гидрораспределителя марки ВММ10-574, регулируемого гидроредуктора МКРВ10/3М2Р3, манометра контроля давления, аксиально-поршневого гидродвигателя марки 210.12 и синхронного гене-

ратора переменного тока типа ЕК2МСТ 10, собранных в одной раме. Гидравлическое оборудование, используемое в данной станции, является типовым и стандартным, и выпускается во многих странах мира. В данной конструкции подобраны такие исполнения гидроузлов, которые не требуют дополнительных соединительных узлов и непосредственно монтируются друг к другу.

Между силовой (плавающей) и исполнительной (береговой) частями станции связь осуществляется с помощью выходных и обратных гибких гидрорукавов высокого давления. С выходного отверстия насоса после стабилизации давления в гидроредукторе с диапазоном регулировки 1.5-31 МПа, рабочая жидкость с давлением 16 МПа при помощи гибкого рукава высокого давления подается к гидродвигателю через гидрораспределитель. Далее аксиально-поршневой гидродвигатель 210.12 приводит к вращению однофазный синхронный генератор. Гидродвигатель и электрогенератор соединены непосредственно фланцевым способом. Генератор является безщеточным, 2-полюсным, саморегулирующим (с параметрами: $P=6$ кВт; $U_n=115-230$ В; $\cos\varphi=1$; частота вращения 3000 об/мин; КПД 0.95). Вращая ручку регулировки давления гидроредуктора, можно добиться частоты переменного напряжения 50 Гц на контрольном блоке. Известно, что коэффициент сжатия рабочей жидкости ничтожно мал, поэтому частота вращения генератора в пределах номинальной мощности независимо от нагрузки гидродвигателя остается неизменной. Пуск и остановка генератора осуществляются с помощью ручки гидрораспределителя.

ПРЭС с вышеуказанной гидропреобразовательной компоновкой и водяным колесом с эффективной площадью 0.75 м^2 выдерживает активную нагрузку в 4.2 кВт (20 А) при средней скорости 2.52 м/сек течения потока воды. Мощность выдерживаемой реактивной нагрузки приблизительно равна активной, так как $\cos\varphi=1$. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к снижению выходного напряжения.

В целом разработанная нами конструкция (ПРЭС), работающая на естественных турбулентных потоках рек, имеет следующие перечисленные ниже преимущества над ветровыми электростанциями (ВЭС), в том числе над ВЭС с аккумулирующими устройствами, такими как батарейные, водородные, гидронасосные, пневматические и инерционные:

1. Линейные размеры отдельных силовых агрегатов микроГЭС для получения одинаковой электрической мощности меньше по сравнению с ВЭС почти на 2 порядка, а по массе – в 20-25 раз.

2. Коэффициент использования энергии водяного потока составляет 0.6–0.65 против 0.45 ветрового.

3. Диапазон изменения скорости вращения гидротурбины по сравнению с ветровым пропеллером в 8-10 раз меньше.

4. МикроГЭС на естественных потоках реки является мобильной установкой.

Таким образом, использование даже незначительной доли энергии речных потоков в рамках свободопоточной микроэнергетики позволит заметно увеличить производство дешёвой электроэнергии без загрязнения окружающей среды и нарушения процессов в экосистеме планеты. С другой стороны, возобновление кинетической энергии естественного турбулентного потока воды намного эффективнее по сравнению с ветровым потоком в технологическом и экономическом плане.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водные ресурсы Таджикистана. (Ред-составитель Норматов И.Ш.) – Душанбе, 2003, 110 с.
2. Ахмедов Х.М., Каримов Х.С., Петров Г.Н. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн.н., 2010, №1(138), с. 100-109.
3. Михайлов Л.П., Фельдман Б.Н. и др. Малая гидроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1989, 184 с.
4. Яхьяев Р.М., Иноятов М.Б., Файзуллоев М.М. -Материалы междунар. научно-практ. конф. “16 сессия Шурои Оли Республики Таджикистан (12 созыва) и её историческая значимость в развитии науки и образования”. Душанбе: ТТУ им. акад. Осими, 2002, 224 с.
5. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. – М.: Госэнергоиздат, 1954, 484 с.
6. Яблонский В.С. Краткий курс технической гидромеханики. – М.: Физмат-гиз, 1961, 356 с.
7. Шульц В. Л. Реки Средней Азии, ч. 1-2. – Л.: Гидрометеоздат, 1965.

Ш.Ш.ШОЁҚУБОВ, М.НАРЗИЕВ, И. Т.ХОҶАХОНОВ, Ш.ШОЁҚУБОВ,
Ф.М.МИРЗОЕВ

САМАРАНОКИИ МИКРОЭНЕРГЕТИКАИ ҶАРАЁНҲОИ ТАБИИ ДАР РЕҶОИ ТОҶИКИСТОН

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.Осимӣ

Дар мақола афзалияти истифодабарии нерӯи ҷараёнҳои ҷоришавии турбулентии табиӣ дарёҳо нисбат ба ҷараёнҳои дарёҳои ломинарӣ ва ҷараёнҳои шамол (бод) нишон дода шуда, самаранокӣ ва баъзе аз нишондиҳандаҳои ҳидроэнергетикӣ ҷарҳи обии милагии шаш паррадорӣ парраҳояш ҳамвор, бо тариқи таҷрибавӣ муайян карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: захираи энерҷӣ – ҷараёнҳои турбулентию ломинарӣ – меъёри Стокс – микро ГЭС – алоқаи трансмиссионӣ – микроэнергетикаи озодмаҷро – коэффитсиенти мобилӣ.

SH.SH.SHOYOQUBOV, M.NARZIEV, I. T.KHOJAKHONOV, SH.SHOYOQUBOV,
F.M.MIRZOEV

**EFFECTIVITY OF FREE-FLOW MICROENERGETICS IN RIVERS
OF TAJIKISTAN**

M.Osimi Tajik Technical University

The paper shows the advantage of using renewable energy of the turbulent river flows over the laminar flows and wind power. It describes the effectiveness and some other hydro-energetic parameters of the rod water wheels with 6 flat vanes.

Key words: energy source – turbulent and laminar flows – Stocks criteria – micro hydropower plant – transmission connection – free-flow micro energy – coefficient of mobility.

**ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

№3 (148), 2012 г.

ХРОНИКА

**ЛАУРЕАТЫ
ПРЕМИИ ИМ.С.У.УМАРОВА
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
В ОБЛАСТИ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ЗА 2012 ГОД**

Комиссия по премиям Академии наук Республики Таджикистан в области физико-математических, химических, геологических и технических наук за 2012 год присудила премию имени академика С.У.Умарова двум авторским коллективам:

1. А.Р.Кариев, Д.К.Комилзода, А.Хушматов «Бентониты Таджикистана, их эффективность и их применение в народном хозяйстве»;
2. Н.М.Назаров, Н.Хахимов «Физико-химические основы переработки руд и отходов урана».

Обе работы получили высокую оценку и Президиум АН РТ утвердил решение Комиссии по премиям АН РТ в области физико-математических, химических, геологических и технических наук.

Характеристика работы А.Р.Кариева, Д.К.Комилзода, А.Хушматова «Бентониты Таджикистана, их эффективность и их применение в народном хозяйстве»:

Бентонитовые глины обладают высокими адсорбционными свойствами, а после увлажнения приобретают и высокие водоудерживающие свойства. Благодаря этим свойствам бентониты эффективно используют:

- в гидроизоляционных работах при строительстве подземных сооружений;
- для создания гидроизоляционных завес, при захоронении бытовых и промышленных отходов;
- для очистки сточных вод;
- для гидроизоляции водоемов;
- адсорбции загрязнителей;
- корма для птиц и др.

Как отмечено в работе А.Р.Кариева, Д.К.Комилзода, А.Хушматова, бентонитовые глины образовались в результате расстекловывания и химических превращений стекловидной фазы вулканических туфов, лавы, пепла. Основным материалом бентонитовых глин – монтмориллонит, состав которых состоит из более чем на 60-70% из минералов группы

монтмориллонита, сопутствующие – кварц, карбонаты, полевой шпат, слюда, лимонит, каолинит и др.

Бентонитовые глины высокодисперсные, пластичные, поглощают много воды при затворении, склонны к значительному набуханию. Они содержат от 1.75 до 2.25% красящих оксидов $Fe_2O_3 + TiO_2$. Химический состав – $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ (условно). Обладают связующей способностью, адсорбционной и каталитической активностью и проявляют упруго пластично-вязкие свойства даже в разбавленных суспензиях.

В работах А.Р.Кариева, Д.К.Комилзода, А.Хушматова по результатам изучения особенностей строения литологического, химического и минерального составов приведена сравнительная характеристика палеогеновых бентонитов, бентонитовых и бентонитоподобных глин Таджикистана. В разрезе палеогена выделены основные и второстепенные уровни развития бентонитов и бентонитовых глин.

Таким образом, глины монтмориллонитового ряда в конечном итоге формировали бентониты разного свойства и качества, с учётом чего на обследованной территории Таджикистана впервые выделены чистые (собственно) бентониты, бентонитовые и бентонитоподобные глины. Все эти типы бентонитов найдены, изучены и испытаны их адсорбционные свойства в ряде отраслей промышленности республики.

Авторами указано, что в разрезе палеогеновых отложений Таджикистана имеется три основных уровня развития бентонитовых глин в объеме Гиварского, Гулизинданского и Кушанского бентонитового сырья в республике и показана возможность широкого их применения в различных областях народного хозяйства.

Характеристика работы Н.М.Назарова, Н.Хакимова «Физико-химические основы переработки руд и отходов урана».

В течение нескольких десятилетий при переработке и добыче урана из руды местного происхождения и привозимых руд на территории Северного Таджикистана образовались огромные хвостохранилища урановых отходов, общее количество которых составляет около 55 млн. тонн. Их суммарная активность составляет от 6.6 до 7.7 тыс. Кюри. Хвостохранилища являются источником различных видов загрязнителей окружающей среды: газовых эманаций, аэрозолей, пылей и фильтрующих растворов.

Промышленная добыча урана в Таджикистане организована в 1945 году, а в 1953 году на заводах шестого комбината была внедрена методика углеаммонийной очистки уранового концентрата с доводкой его до закиси-окиси. Однако до сих пор не разработаны технологические основы переработки других руд Таджикистана и промышленных отходов урана. В этой связи решения задач, поставленных в работе Н.М.Назарова и Н.Хакимова по разработке физико-химических основ переработки руд и отходов урана, являются весьма актуальными.

Работа Н.М.Назарова и Н.Хакимова представлена в виде 17 статей, посвящённых проблемам переработки руд и отходов, опубликованных в 2005-2010 гг. в различных международных и республиканских журналах.

Авторами также разработаны технологии извлечения урана из шахтных и технических вод урановой промышленности. Предложены технологические схемы извлечения урана из шахтных и технических вод сорбентами – анионитом АМ и скорлупой урюка. Показано, что скорлупа урюка обладает лучшей сорбционной способностью. Выявлено, что при повышении температуры раствора и измельчении скорлупы урюка степень извлечения урана возрастает. При различных температурах определена степень извлечения урана скорлупой урюка в зависимости от рН среды.

Научная и практическая значимость работы Н.М.Назарова и Н.Хакимова состоит в следующем:

1. Предложена технология извлечения урана из местных руд Таджикистана.
2. Предложена технология выделения U_3O_8 из отходов урановой промышленности.
3. Разработана технология извлечения урана из шахтных и технических вод.

Разработанные авторами технологии могут быть использованы при извлечении урана из отходов урановой промышленности различными сорбентами. Полученные экспериментальные данные могут быть также использованы в учебном процессе высших учебных заведений, при чтении лекций и проведении лабораторных занятий.

Можно отметить, что представленная работа является научным исследованием, которое вносит определенный вклад в технологии переработки урановых руд и отходов урановой промышленности.

В целом следует отметить, что Н.М.Назаровым и Н.Хакимовым решены важные задачи в области целенаправленной переработки руд и отходов урановой промышленности. Полученные экспериментальные данные обобщены на достаточно высоком теоретическом уровне. Разработанные технологические схемы могут быть использованы для получения урана из отходов, что способствует улучшению экологической обстановки в регионе.

Председатель комиссии

академик АН РТ У.Мирсаидов

ХРОНИКА

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ СЕМИНАР-ПРАКТИКУМ ПО ВОПРОСАМ СОЗДАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ОБУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В
ОБЛАСТИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ
ПЕРЕВОЗКИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОТХОДОВ,**

г.Душанбе, Республика Таджикистан, 16-18 мая 2012 г.

С 16 по 18 мая 2012 года при поддержке Правительства Республики Таджикистан был проведен семинар-практикум по вопросам создания национальной стратегии обучения и подготовки кадров в области радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов.

Семинар проводился в рамках проекта технического сотрудничества МАГАТЭ RER/9/109 «Укрепление инфраструктуры образования и подготовки кадров и формирование компетенции в области радиационной безопасности». Цель семинара-практикума состояла в том, чтобы:

1. Дать государствам-членам общее представление о методологии МАГАТЭ по разработке национальной стратегии обучения и подготовки кадров в области радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов, направленной на укрепление инфраструктуры образования и подготовки кадров и формирование компетенции в области радиационной безопасности (TSA 6).
2. Ознакомить государства-члены с соответствующими нормами МАГАТЭ по безопасности и руководящими материалами, в которых описываются требования в отношении обучения и подготовки кадров в области радиационной безопасности и содержится информация в поддержку разработки национальных стратегий.
3. Получить от государств-членов предварительную информацию, необходимую для разработки национальных стратегий, включая регулирующую основу для обучения и подготовки кадров, управления людскими ресурсами и создания учебной базы в области радиационной безопасности.

В работе семинара участвовали представители МАГАТЭ, Азербайджана, Армении, Республики Беларусь, Грузии, Казахстана, Латвии, Литвы, Кыргызстана, Молдовы, России, Украины и Эстонии.

Эксперты МАГАТЭ рассказали о распространении методологии МАГАТЭ по разработке национальных стратегий обучения и подготовке кадров в области радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов; определении областей, в которых национальная регулирующая система обучения и подготовки кадров в сфере радиационной безопасности требует улучшения; предварительные профили данных по радиационной безопасности в государствах-членах в рамках проекта TSA6.

В программе семинара-практикума были рассмотрены общие пленарные сессии и занятия в рабочих группах. Эксперты выступили с докладами и дали оценку результатов работы в группах. Участниками были представлены доклады по национальным регулирующим системам обучения и подготовки кадров и по людским ресурсам и инфраструктурам подготовки кадров в области радиационной безопасности. Семинар-практикум создал условия для эффективной реализации проекта RER/9/109.

Участники семинара-практикума из Таджикистана Баротов Б.Б., Ахмедов М.З., Хамидов Ф.А., Мирсаидов И.У. рассказали о регулирующих документах, которые разработаны в Агентстве по ядерной и радиационной безопасности АН РТ по тематике семинара-практикума.

В соответствии со «Стратегическим подходом МАГАТЭ к обучению и подготовке кадров в области радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов на 2011-2012 годы» (Записка Секретариата 2010/Note 44) ожидается, что государства-члены берут на себя ответственность за процесс создания устойчивых инфраструктур обучения и подготовки кадров с целью достижения желаемого уровня компетентности. Устойчивость будет обеспечена путем разработки и осуществления национальных стратегий укрепления систем обучения и подготовки кадров в области радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов с учетом потребностей на национальном уровне и оптимизации имеющихся ресурсов во всех государствах-членах этого региона.

Эксперт МАГАТЭ Тимошенко А.И. рассказал об: определении потребностей в подготовке кадров; составлении плана разработки национальной программы подготовки кадров; разработке и осуществлении национальной программы подготовки кадров; оценке и обратной связи. Необходимо отметить, что при поддержке Тимошенко А.И. 10 сотрудников АЯРБ АН РТ прошли шестимесячные курсы в Международном экологическом университете им.А.Д.Сахарова по радиационной безопасности и получили соответствующие дипломы.

Семинар-практикум прежде всего был полезен для представителей национальных органов и принимающих решения лиц, которые хотят развивать и поддерживать компетентность и квалификацию персонала, работающего в области радиационной безопасности. Он был особенно полезен для тех участников, которые намереваются придерживаться эффективного и устойчивого подхода, создавая программы обучения и подготовки кадров на основе национальных потребностей.

Участники семинара-практикума поблагодарили Правительство Республики Таджикистан в лице Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН РТ за обеспечение хорошей работы семинара и МАГАТЭ за финансовую поддержку семинара.

Председатель семинара

академик АН РТ У.Мирсаидов

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
"ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭКОСИСТЕМУ
АРИДНОЙ И ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ"**

22-24 мая 2012 г., г. Душанбе

22-24 мая 2010 г. в городе Душанбе, в здании Национальной библиотеки Таджикистана Физико-техническим институтом им. С.У.Умарова Академии наук Республики Таджикистан, при финансовой поддержке Международного научно-технического центра (МНТЦ), ОАО «Системаавтоматика», Ассоциации возобновляемых источников энергии Таджикистана, ПРООН в Таджикистане и Национального банка Республики Таджикистан была проведена Международная конференция "Влияние глобального изменения климата на экосистему аридной и высокогорной зоны Центральной Азии".

В работе конференции принимали участие президент Академии наук Республики Таджикистан академик М.Илолов, председатель Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистана Т.О.Салимов, министр экономического развития и торговли Республики Таджикистан Ш.Рахимзода., которые выступили с ответственными речами.

На конференции обсуждались вопросы, связанные с влиянием изменения климата на экосистему и выработкой мер, направленных на адаптацию живых систем к климатическим изменениям в Евразии.

Конференция была посвящена обсуждению проблем по следующим важным направлениям:

- влияние антропогенного и природного аэрозольного и газового загрязнения на состав атмосферы;
- влияние различных факторов окружающей среды и глобального изменения климата на экосистему аридного и высокогорного регионов;
- возобновляемые источники энергии и энергоэффективность.

Были заслушаны доклады ведущих ученых России, Казахстана, Кыргызстана и Таджикистана по проблемам изменения климата и исследованиям, посвященным решению проблем энергетической и продовольственной безопасности, регулирования водных ресурсов, качества воды и воздуха. Были обсуждены вопросы, способствующие снижению рисков от последствий климатических изменений и адаптации живых систем.

Основные доклады конференции были представлены по результатам проектов, финансируемых через МНТЦ в рамках программы «Восстановление окружающей среды и смягчение последствий изменения климата» № Т-1688, Т-1635, Т-1082.3, Т-1163, Т-1892, 2757, 2770, 2773, 3032, 3715, 4028, 4079, Кг 330.2, Кг-763, Кг-1371.

Участниками конференции было отмечено, что МНТЦ поддерживает проекты, направленные на решение наиболее острых экологических проблем, связанных с необратимыми и наиболее драматичными последствиями изменения окружающей среды.

Участники международной конференции выработали следующие стратегические направления для дальнейшего развития работ в области сохранения качества природной среды (воздуха, воды, почвы), сохранения биоразнообразия, смягчения негативных последствий изменения климата, практического применения ресурсов возобновляемой энергии:

1. Разработка системы мониторинга для оценки состояния природной среды и создание единой базы данных для развития программ в области экологии и биоразнообразия.

2. Применение инновационных подходов для решения энергетической и продовольственной безопасности с целью смягчения негативного воздействия изменения климата.

3. Создание Центрально-Азиатского аналитического центра в Таджикистане, отвечающего Международным стандартам, с привлечением специалистов из СНГ, для проведения оценки качества окружающей среды и независимой экологической экспертизы.

4. Разработка проектов по комплексным исследованиям для изучения вопросов, связанных с деградацией и реабилитацией земель, влиянием изменения климата на состояние ледников и водных ресурсов, экосистем и биоразнообразия, с привлечением специалистов различных областей науки.

5. Использование альтернативных возобновляемых источников энергии на базе современных технологий.

Опубликован сборник статей конференции, информация о конференции доступна на сайте: http://www.istc.ru/istc/istc.nsf/va_WebPages/InfluenceGlobalClimateChangeRus

*Х.Х.Муминов,
С.Ф.Абдуллаев*

АКАДЕМИКУ ЗАФАРУ ДЖУРАЕВИЧУ УСМАНОВУ – 75 ЛЕТ



Рядом с нами живут замечательные люди. Зафар Джураевич Усманов – из их числа. Этот исследователь с мировым именем пополнил плеяду известных и достойных учёных нашей страны, внесших весомый вклад в развитие мировой цивилизации.

З.Д.Усманова отличают скромность, отзывчивость, открытое отношение к людям, беззаветное служение науке.

Исследования З.Д.Усманова в теоретической математике посвящены уравнениям с частными производными и геометрии в целом. Им разработана теория решений обобщенных систем Коши-Римана с сингулярной точкой, которая стала естественным развитием классических теорий аналитических и обобщенных аналитических функций.

Положения этой теории этой теории нашли своё применение в изучении деформаций поверхностей с изолированной точкой уплощения. В частности, совместно с членом-корреспондентом АН СССР, лауреатом Ленинской премии Н.В.Ефимовым им впервые обнаружено явление жесткости «в малом» в классе бесконечно дифференцируемых поверхностей. Это открытие было отмечено в докладе Главного ученого секретаря Президиума АН СССР в числе важнейших достижений Академии наук СССР в области математики в 1974 г.

В 80-е годы З.Д.Усманов занялся изучением собственного времени произвольных процессов, построив пространственно-временные метрики типа Минковского для гравитационного поля, динамических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями; для процессов теплопроводности, распространения тепла, колебания струны. Его исследования являлись развитием концепции Г. Лейбница о множественности временных систем, о необходимости определения времени из эволюции состояний процессов. Признанием заслуг Усманова З.Д. в этой области знания явилось

утверждение его заведующим кафедрой «Натуральные метрики процессов» Международного виртуального института «Феномен времени» при МГУ им М.В.Ломоносова.

З.Д.Усманов – первопроходец науки Таджикистана, с именем которого связано развитие и внедрение методов математического моделирования в решении широкого круга задач науки, техники, образования, производства и управления общества. Особо большое место в научной работе З.Д.Усманова занимают прикладные исследования. Совместно с Т.И.Хаитовым им разработана математическая модель эволюции коллекций произвольной природы, что позволило развить математические и информационные основы для проектирования системы компьютерного контроля за состоянием коллекционного материала. В свое время эта работа была отмечена в докладе Главного ученого секретаря Президиума АН СССР в числе важнейших достижений Академии наук СССР в области информатики. Интересно отметить, что необходимость проведения исследований по проблеме эволюции коллекции была подсказана З.Д.Усманову в личной беседе с выдающимся генетиком Н.В.Тимофеевым-Рессовским и его учеником, академиком АН РТ П.Д.Усмановым.

К прикладной математике относятся также работы юбиляра по построению математических моделей эволюции спиральных форм раковин на примере гастропод (совместно с М.Р. Джалиловым и О.П.Саповым); определения градаций недостаточности печени (совместно с Х.Х.Мансуровым и др.); динамики пустынного сообщества заповедника «Тигровая балка» (совместно с Г.Н.Сапожниковым и др.); оптимальных раскладок таджикских, английских и русских букв, а также алфавита языка эсперанто на компьютерной клавиатуре. Эти достижения, выполненные в сотрудничестве со своими учениками, стали настоящим достоянием отечественной науки.

Не следует забывать и о вкладе Зафара Джураевича в развитие научных исследований для нужд национальной экономики. В их числе – проектирование, а затем и практическая реализация автоматизированной системы распределения незапаренных коконов по кокономотальным автоматам (для Душанбинского шёлккомбината); автоматизированного распределение сырья по технологической цепи (для Душанбинского шёлккомбината); системы распознавания сырья в транспортирующих ёмкостях и контроля их загрузки (для Душанбинского шёлккомбината), изучение взаимодействия природных и антропогенных систем горного региона на примере бассейна реки Вахш и т.п.

Как руководитель организованных им научных коллективов, З.Д.Усманов непосредственно занимался внедрением результатов научных исследований в производство. Полезно напомнить о его математическом описании процесса обогащения экстрагента в технологической цепи противоточной экстракции с внедрением полученных результатов к практическому извлечению облепихового масла из жома, а также о разработке математических основ автоматического проектирования прорезных канавок мотальных барабанчиков для завода «Таджиктекстильмаш». Совместно со своими учениками и в сотрудничестве с фирмой Microsoft разработал автоматическую компьютерную проверку таджикской

орфографии, осуществил внедрение через Министерство связи Республики Таджикистан разработанного его научной школой стандарта таджикской графики для целей компьютерных приложений, а также компьютерные русско-таджикский и таджикско-русский словари.

Перу выдающегося таджикского учёного З.Д.Усманова принадлежит более 250 научных работ по математике и информатике, в их числе 5 монографий. З.Д.Усманов по результатам своих работ выступал с докладами и сообщениями на многочисленных международных конференциях и симпозиумах в странах СНГ, Германии, Австрии, Испании, Швейцарии, Польше, Болгарии, Израиле, Иране и Турции. Выступал оппонентом более 10 докторских диссертаций во многих математических центрах. Под его научным руководством защищены 18 кандидатских и одна докторская диссертации.

Характерной чертой творчества З.Д.Усманов является научный поиск новых путей и методов, причем поиск непрерывный. З.Д.Усманов встречает свой 75-летний юбилей в расцвете сил и творческих замыслов.

З.Д.Усманов — в числе первых таджиков, получивших ученую степень доктора наук по математике. Он стоял у истоков развития прикладной математики и информатики, и его с полным правом можно назвать родоначальником этих направлений исследований в Таджикистане. Искренне пожелаем Зафару Джураевичу доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.

М.И.Илолов, З.Х.Рахмонов

**ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

№3 (148), 2012 г.

НОВЫЕ КНИГИ

У.Мирсаидов

Рассказы о химии и химиках Таджикистана

Душанбе: Дониш, 2011, 96 с.

В книге собраны статьи академика У.М.Мирсаидова, опубликованные в разные годы. В них автор – очевидец многих важных событий – рассказывает о становлении некоторых направлений химии в Таджикистане, о видных ученых, с которыми работал и встречался.

Описывается становление и развитие исследований в области химии энергоемких веществ в Таджикистане, исследования в области комплексной переработки минерального сырья Таджикистана и исследования в области химии и технологии урана и радиационной безопасности, которые автор развивает в АН РТ.

В книге подробно описывается научно-организаторская и педагогическая деятельность академика И.У.Нуманова - директора Института химии в период с 1971 по 1989 годы, а также творческий путь академиков АН РТ Д.Н.Пачаджанова, К.Х.Хайдарова, Д.Х.Халикова, И.Н.Ганиева, членов-корреспондентов АН РТ Х.С.Сафиева, М.Куканиева, А.Аминджанова.

Книга может быть полезна для научных работников, преподавателей химии, инженеров-технологов и студентов химического профиля обучения.

Н.Хакимов, Х.М.Назаров, И.У.Мирсаидов

**Физико-химические и технологические основы получения урановых концентратов
из отходов гидрOMETаллургических заводов и технических вод**

Душанбе: ООО Мавлави, 2012, 120 с.

В книге изложены технологические основы переработки отходов урановой промышленности Таджикистана. Приведены сведения о хвостохранилищах бывших урановых производств на севере Таджикистана. Рассмотрены вопросы безопасного управления отходами добычи и переработки урановых руд. Описаны формы нахождения урана в отходах и дренажных водах.

В монографии приведена история происхождения урановых хвостохранилищ в северном Таджикистане, их состояние в настоящее время. Классический способ выщелачивания урана из руд и причины недоизвлечения полезного компонента из отвалов. Технология извлечения урана из отходов урановой промышленности. Технология извлечения урана из шахтных и дренажных вод отходов урановой промышленности, а также возможность извлечения урана из природных урансодержащих вод сложного солевого состава.

Монография напечатана в рамках проекта МНТЦ Т-1508 «Разработка технологических основ переработки отходов урановой промышленности Таджикистана».

Редакция и корректура – Н.Г.Сапожников

Сдано в набор 15.10.2012 г. Подписано в печать 16.11.2012 г.
Печать офсетная. Формат 70×100 1/16. Гарнитура Times. Усл. печ. л.8. Заказ № _____.
Тираж 300 экз.

*Адрес редколлегии: 734025, Душанбе, пр.Рудаки, 33, каб. 11.
Тел.:2-21-62-64. E-mail: danrt@mail.ru
Издательство «Дониш»: 734029, Душанбе, ул.Айни, 121, корп.2.0*
