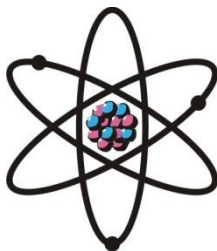


ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал основан
в январе 1952 г.



№ 2 (179)
2020 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Х.Х.Муминов – главный редактор, академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Г.И.Кохирова** – зам.главного редактора, член-корреспондент; **С.Х.Абдулаева** – 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; **М.И.Илолов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **С.А.Исхоков** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **З.В.Кобулиев** – член-корреспондент, доктор технических наук, профессор; **У.М.Мирсаидов** – академик, доктор химических наук, профессор; **С.Х.Негматуллаев** – академик, доктор технических наук; **С.О.Одинаев** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Н.Р.Раджабов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Ф.Рахими** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **З.Х.Рахронов** – академик, 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; **Ф.Шокир** – кандидат физико-математических наук.

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Х.Х.Муминов, Ш.Ф.Мухамедова.** Диссипативные солитоны векторного нелинейного уравнения Шредингера с самосогласованным потенциалом $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ при наличии подкачки..... 7
- А.К.Каюмов, С.Ф.Абдуллаев, Д.А.Каюмова, Н.Х.Миникулов.** Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер ледникового питания..... 20

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

М.Н.Рахматов, С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, У.Мадвалиев. Сравнение содержания тяжелых металлов в составе почв и аэрозоля Северного Таджикистана..... 26

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А.Тофик, С.М.Ахмад, Х.С.Каримов, Н.Р.Юмаев, Х.М.Ахмедов. Исследование солнечного термоэлектрического генератора с двухступенчатым концентратором..... 34

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В.А.Новоженев, И.Н.Ганиев, С.В.Макаров. Структура и свойства материалов на основе сплавов и тонких пленок ниобия с германием..... 42

П.Р.Иброхимов, И.Н.Ганиев, Ф.А.Рахимов, З.Р.Обидов. Кинетика окисления сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного молибденом, в твердом состоянии..... 49

Ш.Х.Раджабов, Р.Э.Асалов, А.С.Файзуллаев, И.Эмомов. Инновационные технологии производства флюса из местного сырья и отходов производства 56

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М.М.Сангов, С.М.Сафармамадов, К.С.Мабаткадамзода. Комплексообразование меди (I) с тиокарбонгидразидом..... 63

Д.О.Давлатов, Ш.Б.Назаров, А.Гиёсиддин, У.М.Мирсаидов. Переработка нефелиновых сиенитов спеканием с сульфатом натрия..... 71

Дж.Х.Джураев, А.С.Курбонов, У.Х.Усмонова, У.М.Мирсаидов. Разложение обожжённого концентрата боросиликатной руды Ак-Архарского месторождения Таджикистана смесью ортофосфорной и азотной кислот..... 76

Д.Х.Мирзоев, Ш.О.Аъзамов, Н.М.Джамолов, А.М.Каюмов, У.М.Мирсаидов. Физико-химические основы сернокислотного разложения зелёных глин с предварительным спеканием с гидроксидом натрия.... 81

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Д.Н.Низомов, Р.Р.Саидов, Б.Дж.Фаттоев. Расчет диафрагм жесткости на упругом основании методом сосредоточенных деформаций 89

ГЕОХИМИЯ

М.М.Мамадвафоев, Д.А.Давлатшоев. Особенности распределения апатита и других аксессуарных и петрогенных минералов в породах интрузивных комплексов Кафандарского рудного поля (Восточный Гиссар)..... 97

ПЕТРОХИМИЯ

А.К.Ошурмамадов. Петрохимическая характеристика вулcano-плутонической ассоциации Южно-Гиссарской зоны 105

ГИДРОЛОГИЯ

Дж.Б.Ниязов, С.О.Мирзохонова. Динамика стока реки Варзоб в условиях глобального изменения климата..... 113

ГИДРОЛОГИЯ И МЕЛИОРАЦИЯ

Ш.И.Ходжаев, М.Б.Махмадалиев. Действие культуры риса на мелиоративное состояние остаточного засоленных гипсоносных почв Каралангского массива..... 123

ГИДРОТЕХНИКА И МЕЛИОРАЦИЯ

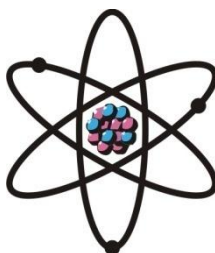
И.И.Икромов, М.И.Икрамова, Илхом И.Икромов. К методике оценки эффективности использования оросительной воды 130

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

Петру Михайловичу Соложенкину – 90 лет..... 140

ШҮЪБАИ
ИЛМҲОИ ФИЗИКАЮ МАТЕМАТИКА,
ХИМИЯ, ГЕОЛОГИЯ ВА ТЕХНИКА

Маҷалла аз моҳи
январии соли 1952
нашр мешавад



№ 2 (179)
с. 2020

ХАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

Ҳ.Ҳ.Муминов – сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Қохирова Г.И.** – муовини сармуҳаррир, узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **С.Ҳ.Абдулоева** – котиби масъул; **Ҳ.М.Аҳмедов** – академик, доктори илми химия; **П.Б.Бобочонов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **И.Н.Ғаниев** – академик, доктори илми химия, профессор; **М.И.Илолов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **С.А.Исҳоқов** – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **З.В.Қобулиев** – узви вобаста, доктори илмҳои техника, профессор; **Ҷ.М.Мирсаидов** – академик, доктори илми химия, профессор; **С.Х.Неъматуллоев** – академик, доктори илмҳои техника; **С.О.Одинаев** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Ф.Раҳимӣ** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **З.Ҳ.Раҳмонов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Н.Р.Раҷабов** – 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.Ҳолиқов** – академик, доктори илми химия, профессор; **Ф.Шоқир** – номзадӣ илмҳои физикаю математика.

МУНДАРИҶА

ФИЗИКА

- Ҳ.Ҳ.Муминов, Ш.Ф.Муҳамедова.** Солитонҳои диссипативии муодилаи вектории ғайрихаттии Шредингер бо потенциали $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ хангоми дамкунӣ 7
- А.К.Қаюмов, С.Ф.Абдуллоев*, Д.А.Қаюмова, Н.Х.Миникулов.** Таҳлили муқоисавии металлҳои вазнин дар таркиби хоки қулҳое ки аз пирахҳо сарчашма мегиранд 20

ФИЗИКАИ АТМОСФЕРӢ

- М.Н.Раҳматов, С.Ф.Абдуллоев, В.А.Маслов, У.Мадвалиев.** Таҳлили муқоисавии микдори металлҳои вазнин дар таркиби хок ва аэрозоли Тоҷикистони Шимолӣ 26

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- А.Тофик, С.М.Аҳмад, Х.С.Каримов, Н.Р.Юмаев, Ҳ.М.Аҳмедов.** Таҳқиқи генератори термоэлектрикии офтобӣ бо консентратори дузинагӣ 34

ХИМИЯИ ФИЗИКАВӢ

- В.А.Новоженев, И.Н.Ганиев, С.В.Макаров.** Структура ва хосиятҳои маводҳои дар асоси хӯлаҳо ва руйпӯши тунуки ниобий ва германий..... **42**
- П.Р.Иброҳимов, И.Н.Ганиев, Ф.А.Раҳимов, З.Р.Обидов.** Кинетикаи оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, ки бо молибден ҷавҳаронида шудааст, дар ҳолати сахт..... **49**
- Ш.Х.Раҷабов, Р.Э.Асалов, А.С.Файзуллоев, И.Эмомов.** Технологияҳои инноватсионии истеҳсоли флюс аз ашёи хоми маҳаллӣ ва партовҳои исеҳсолӣ..... **56**

ХИМИЯИ ҒАЙРИОРГАНИКӢ

- М.М.Сангов, С.М.Сафармамадов, К.С.Мабатқадамзода.** Комплекси силикунни миси (I) бо тиокарбондидразид..... **63**
- Д.О.Давлатов, Ш.Б.Назаров, А.Ғиёсиддин, У.М.Мирсаидов.** Коркарди сиенитҳои нефелиновӣ бо ғудохтани сулфати натрий..... **71**
- Ҷ.Х.Ҷураев, А.С.Қурбонов, У.Х.Усмонова, У.М.Мирсаидов.** Таҷзияи маъдани ғанигардонидашуда ва сузонидашудаи боросиликати кони Ак-Архари Тоҷикистон бо омехтаи кислотаҳои фосфат ва нитрат..... **76**
- Д.Х.Мирзоев, Ш.О.Аъзамов, Н.М.Ҷамолов, А.М.Қаюмов, У.М.Мирсаидов.** Асосҳои физики ва химиявии коркарди гилҳои сабз бо кислотаи сулфат бо пешаки тайёр намудани ғудозиш бо гидроксиди натрий..... **81**

МЕХАНИКАИ БИНОКОРӢ

- Ҷ.Н.Низомов, Р.Р.Саидов, Б.Фаттоев.** Ҳисоби диафрагмаи сахтӣ бо асоси чандирӣ методи мутамарказкунонии деформатсияҳо..... **89**

ГЕОХИМИЯ

- М.М.Мамадвафоев, Д.А.Давлатшоев.** Хусусиятҳои тақсимшавии апатит ва дигар минералҳои аксессуарӣ ва петрогенӣ дар ҷинсои комплекси интрузивии майдони маъданноки Кафандар (Ҳисори Шарқӣ)..... **97**

ПЕТРОХИМИЯ

- А.К.Ошурмамадов.** Тавсифи петрокиёви, ассотсиатсияи вулкониҳою плутонитҳои зонаи Ҳисори Ҷанубӣ..... **105**

ГИДРОЛОГИЯ

- Ҷ.Б.Ниезов, С.О.Мирзохорова.** Таъсири тағйирёбии иқлим ба сатҳи оби дарёи Варзоб дар давраи солҳои 1990-2016..... **113**

ГИДРОЛОГИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ

- Ш.И.Хочаев, М.Б.Маҳмадалиев.** Таъсири кишти шолӣ ба ҳолати мелиоративии хокҳои гачноки шӯр дар шароити мавзеи Қароланг..... **123**

ГИДРОТЕХНИКА ВА МЕЛИОРАЦИЯ

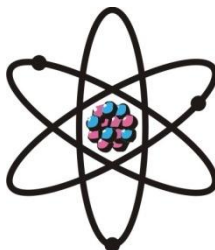
- И.И.Икромов, М.И.Икратова, Илҳом И.Икромов.** Оид ба методикаи арзёбии истифодабарии самараноки оби обёрӣ..... **130**

ҶАШНИ ОЛИМОН

- Петр Михайлович Соложенкин – 90 сол..... 140**

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

The journal was established
in January 1952



№ 2 (179)
2020

EDITORIAL BOARD

Prof. **Kh.Kh.Muminov**, Doctor of Physical and Mathematical, Editor-in-Chief; **G.I.Kokhirova**, Doctor of Physical and Mathematical, Deputy Editor-in-Chief; **S.H.Abdulaeva**, Secretary; **Kh.M.Akhmedov**, Doctor of Chemistry; Prof. **P.B.Babadzhanov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **A.R.Faysiev**, Doctor of Geology and Mineralogy; Prof. **M.I.Ilolov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **I.N.Ganiev**, Doctor of Chemistry; Prof. **D.Kh.Khalikov**, Doctor of Chemistry; Prof. **S.A.Iskhokov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Z.V.Kobuliev**, Doctor of Engineering; Prof. **U.M.Mirsaidov**, Doctor of Chemistry; **S.Kh.Negmatullaev**, Doctor of Engineering; Prof. **S.O.Odinaev**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **N.R.Rajabov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **F.Rakhimi**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Z.Kh.Rakhmonov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Z.D.Usmanov**, Doctor of Physical and Mathematical; **F.Shokir**, Candidate of Physical and Mathematical.

CONTENTS

PHYSICS

- Kh.Kh.Muminov, Sh.F.Muhamedova.** Dissipative solitons of the vector nonlinear Shredinger equation with a self-consistent potential $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ in the presence of pumping 7
- A.K.Kayumov, S.F.Abdullaev, D.A.Kayumova, N.Kh.Minikulov.** Comparative analysis of the content of heavy metals in the soils of glacial lakes 20

ATMOSPHERE PHYSICS

- M.N.Rakhmatov, V.A.Maslov, S.F.Abdullaev, U.Madvaliev.** Comparison analysis of the content of heavy metals in the composition of soils and aerosol of North Tajikistan 26

ELECTROTECHNICS

- A.Tofik, S.M.Ahmad, Kh.S.Karimov, N.R.Yumaev, Kh.M.Akhmedov.** Research of solar thermoelectric generator with two-stage concentrator 34

PHYSICAL CHEMISTRY

- V.A.Novozhenov, I.N.Ganiev, S.V.Makarov.** The structure and properties of the materials on the base niobium and germanium alloys and thin films 42

P.R.Ibrohimov, I.N.Ganiev, F.A.Rahimov, Z.R.Obidov. Kinetic oxidation of Zn _{0.5} Al alloy, doped with molybdenum, in the firm condition.....	49
Sh.Kh.Rajabov, D.A.Saidaliev, H.Alisher, E.Abuali, A.S.Faizulloev. Innovative technologies for the production of flux from local raw materials and production waste.....	56

INORGANIC CHEMISTRY

M.M.Sangov, S.M.Safarmamadov, K.S.Mabatradamzoda. Complexation of copper (I) with thiocarbohydrazide.....	63
D.O.Davlatov, Sh.B.Nazarov, A.Giyosiddin, U.M.Mirsaidov. Processing of nefeline syenites by syntering with sodium sulfate.....	71
J.Kh.Juraev, A.S.Kurbonov, U.Kh.Usmonova, U.M.Mirsaidov. Decomposition of the burnt borosilicate ore concentrate of Tajikistan Ak-Arkhar deposit with a mixture of orthophosphoric and nitric acids.....	76
D.Kh.Mirzoev, Sh.O.Azamov, N.M.Jamolov, A.M.Kayumov, U.M.Mirsaidov. Physical and chemical bases of sulfuric acid decomposition of green clays with preliminary sintering with sodium hydroxide.....	81

STRUCTURAL MECHANICS

J.N.Nizomov, R.R.Saidov, B.J.Fattoev. Calculation of hardness diagrams on an elastic basis by the method of focused deformations.....	89
--	-----------

GEOCHEMISTRY

M.M.Mamadvafoev, D.A.Davlatshoev. Special aspects of the apatite distribution and other accessory and petrogenic minerals in the intrusive rocks of Kafandar ore field complexes (Eastern Hissar).....	97
---	-----------

PETROCHEMISTRY

A.K.Oshurmamadov. Petrochemical characterization volcano-plutonic association of the Southern Hissar zone.....	105
---	------------

HYDROLOGY

J.Niyazov, S.Mirzokhonova. The impact of climate change on the runoff of the Varzob river basin for the period 1990-2016.....	113
--	------------

HYDROLOGY AND MELIORATION

Sh.I.Khojaev, M.B.Mahmadaliev. Effects of the rice cultivation on the reclamation status of the residual salted gypsiferous soils of the Karalang plato.....	123
---	------------

HYDROTECHNICS AND MELIORATION

I.I.Ikromov, M.I.Ikramova, I.Ikromov. On the methodology for evaluating the effectiveness of irrigation water use.....	130
---	------------

JUBILEE OF SCIENTIST

Petr Mikhailovich Solozhenkin – 90 year old.....	140
---	------------

УДК 541.123

Х.Х.МУМИНОВ, Ш.Ф.МУХАМЕДОВА

ДИССИПАТИВНЫЕ СОЛИТОНЫ ВЕКТОРНОГО НЕЛИНЕЙНОГО
УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА С САМОСОГЛАСОВАННЫМ
ПОТЕНЦИАЛОМ $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ ПРИ НАЛИЧИИ ПОДКАЧКИ

Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 03.06.2020 г.

Впервые методом численного моделирования получены диссипативные солитоны векторного нелинейного уравнения Шредингера (системы двух уравнений) с самосогласованным потенциалом $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ при наличии подкачки. Анализ динамики эволюции многосолитонных решений показывает, что при наличии диссипации и подкачки проявляется существенная бризерная динамика с высокой степенью устойчивости. Фазовые траектории плотно заполняют ограниченную область фазового пространства. Сечение отображения Пуанкаре даёт указания о формировании аттрактора предельного цикла.

Ключевые слова: *n*-солитонное решение, подкачка, диссипация, векторное нелинейное уравнение Шредингера, бризер, диссипативный солитон.

Рассмотрим систему уравнений типа векторного нелинейного уравнения Шредингера

$$\begin{aligned}i \varphi_{1t} - \varphi_{1xx} + u(x,t)\varphi_1 &= 0 \\i \varphi_{2t} - \varphi_{2xx} + u(x,t)\varphi_2 &= 0\end{aligned}\tag{1}$$

с самосогласованным потенциалом

$$u(x,t) = \bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2.\tag{2}$$

Адрес для корреспонденции: Муминов Хикмат Халимович, Мухамедова Шоира Файзуллоевна. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт АН РТ. E-mail: muminov.khikmat@mail.ru, shoira74@mail.ru.

Подобные системы (1), называемые векторным нелинейным уравнением Шрёдингера (ВНУШ), возникают при квазиклассическом теоретико-полевоом описании двухкомпонентного бозе-газа в физике конденсированного состояния [1], в нелинейной оптике – для описания распространения лазерного пучка [2,3] и при описании двухкомпонентной плазмы [4,5]. Также ВНУШ (1) может быть получено при квазиклассическом описании ферромагнетика Гейзенберга с легкоосной анизотропией со спином $S=1$, при наличии одноионного обмена, то есть при возбуждении квадрупольных степеней свободы спиновой динамики в подходе $SU(3)$ обобщенных когерентных состояний [6,7].

Многосолитонное решение ВНУШ (1) с самосогласованным потенциалом (2) было получено методом конечнозонного алгебро-геометрического интегрирования [8] в виде

$$\begin{aligned} \varphi_i = & A_i e^{i(q_1 x + w_1 t)} \cosh(\beta_1(x + v_1 t) + b_1) + B_i e^{i(q_2 x + w_2 t)} \cosh(\beta_2(x + \\ & + v_2 t) + a_i) / (B_1 \cosh(\beta^+(x + v^+ t) + h_1) + \cosh(\beta^-(x + v^- t) + h_2)) +, \quad (3) \\ & + B_3 \cos(qx + wt + w_{01}) \end{aligned}$$

где

$$W_1(x, t) = \alpha_1 t + (\alpha_1^2 - \beta_1^2)t, \quad W_2(x, t) = \alpha_2 t + (\alpha_2^2 - \beta_2^2)t$$

$$P_1(x, t) = \beta_1(x + 2\alpha_1 t), \quad P_2(x, t) = \beta_2(x + 2\alpha_2 t)$$

$$\kappa_1 = \alpha_1 + i\beta_1, \quad \kappa_2 = \alpha_2 + i\beta_2, \quad \kappa_{ij} = \kappa_i - \bar{\kappa}_j, \quad \bar{\kappa}_{ij} = \bar{\kappa}_i - \kappa_j$$

$$\beta^+ = \beta_1 + \beta_2, \quad \beta^- = \beta_2 - \beta_1, \quad v^\pm = \frac{2(\alpha_2 \beta_2 \pm \alpha_1 \beta_1)}{\beta_2 \pm \beta_1}, \quad i, j = 1, 2.$$

$$q = \alpha_2 - \alpha_1, \quad w = (\alpha_2^2 - \alpha_1^2) + (\beta_2^2 - \beta_1^2), \quad w_{01} = -\frac{i}{2} \ln \left| \frac{C_{12} \kappa_{12}}{C_{21} \kappa_{21}} \right|,$$

$$A_1 = -\left[\frac{\gamma_1 \bar{\kappa}_{12} (\gamma_1 C_{12} - \gamma_2 C_{11})}{\kappa_{21} \kappa_{11}} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad B_1 = -\left[\frac{\gamma_1 \bar{\kappa}_{21} (\gamma_2 C_{21} - \gamma_1 C_{22})}{\kappa_{11} \kappa_{22}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$A_2 = -\left[\frac{\bar{\beta}_1 \kappa_{12} (\bar{\beta}_1 C_{12} - \bar{\beta}_2 C_{11})}{\kappa_{21} \kappa_{11}} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad B_2 = -\left[\frac{\bar{\beta}_1 \kappa_{21} (\bar{\beta}_2 C_{21} - \bar{\beta}_1 C_{22})}{\kappa_{11} \kappa_{22}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$B_3 = \left[\frac{C_{11} C_{22}}{(k - \kappa_1)(k - \kappa_2)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\overline{\gamma_2 \kappa_{12}}}{\kappa_{21} \kappa_{11} (\gamma_1 C_{12} - \gamma_2 C_{11})} \right|, & a_1 &= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\overline{\gamma_1 \kappa_{21}}}{\kappa_{12} \kappa_{22} (\gamma_2 C_{21} - \gamma_1 C_{22})} \right|, \\
b_2 &= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\overline{\beta_2 \kappa_{12}}}{\kappa_{21} \kappa_{22} (\beta_1 C_{12} - \beta_2 C_{22})} \right|, & a_2 &= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\overline{\beta_1 \kappa_{21}}}{\kappa_{12} \kappa_{22} (\beta_2 C_{21} - \beta_1 C_{22})} \right|, \\
h_1 &= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\kappa_{21}}{\kappa_{11} \kappa_{22} C_{22}} \right|, & h_2 &= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{C_{11} \kappa_{11}}{\kappa_{22} C_{22}} \right|.
\end{aligned}$$

В ходе численных экспериментов для контроля консервативности численной схемы использовались интегралы числа частиц и полной энергии данной системы

$$\begin{aligned}
N &= \int (|\varphi_1|^2 + |\varphi_2|^2) dx, \\
E &= \int \frac{1}{2} (|\psi_{2x}|^2 + |\psi_{2x}|^2) + u(x, t) (|\varphi_1|^2 + |\varphi_2|^2) dx. \tag{4}
\end{aligned}$$

В первой серии численных экспериментов [9] многосолитонное решение (3) задавалось неподвижным, то есть скорость солитона $v=0$ и при наличии ненулевой групповой скорости нелинейного возбуждения. Поведение многосолитонного решения (3) в случае неподвижного нелинейного возбуждения, то есть при $v=0$, сохраняло свой вид во всей области интегрирования, а при наличии ненулевой скорости движения разительным образом отличалось от динамики неподвижного многосолитонного возбуждения.

Вторая серия численных экспериментов заключается в исследовании эволюции солитонов (3) векторного нелинейного уравнения Шредингера (1) с самосогласованным потенциалом (2) при наличии внешней подкачки и учете диссипации следующего вида

$$\begin{aligned}
& i \varphi_{1t} - \varphi_{1xx} + u(x, t) \varphi_1 = \\
& = \left(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 |\varphi_1|^2 \right) \varphi_1 + \varepsilon_3 \varphi_{1xx} - (\varepsilon_0 / T) \sum_{n=1}^3 e^{(in\alpha_n t)} \\
& i \varphi_{2t} - \varphi_{2xx} + u(x, t) \varphi_2 = \\
& = \left(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 |\varphi_2|^2 \right) \varphi_2 + \varepsilon_3 \varphi_{2xx} - (\varepsilon_0 / T) \sum_{n=1}^3 e^{(in\alpha_n t)} \tag{5}
\end{aligned}$$

с самосогласованным потенциалом

$$u(x, t) = \overline{\varphi_1} \varphi_2 + \varphi_1 \overline{\varphi_2},$$

где ε_j ($j=0,1,2,3$) – параметры диссипации и подкачки внешним полем [10] и $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$,

а ω_0 совпадает с собственной частотой ω из решения (3). Задача заключается в выявлении условий формирования долгоживущих диссипативных солитонов бризерного типа при наличии подкачки внешними полями. Фактически ставится задача управления поведением нелинейного локализованного возбуждения в реальных физических системах, которые, безусловно, являются диссипативными.

Для численного моделирования и анализа эволюции многосолитонных решений (3) модели ВНУШ с учётом диссипации и подкачки внешним переменным полем (5) была написана трехслойная разностная схема на пятиточном шаблоне с весами явного **типа второго порядка точности как по времени, так и по координате**. Условия устойчивости $\tau \leq \frac{h^2}{4}$, где τ и h шаги, соответственно, по времени и по координате. Серия численных экспериментов проводилась при различных значениях скорости и параметров многосолитонного решения, а также диссипации и подкачки. Наиболее наглядные результаты численных экспериментов по формированию диссипативных солитонов приведены ниже на рис. 1 и 9, они соответствуют скорости солитона $v = 0.24$ и следующим значениям параметров $k_1 = 1$, $\alpha_1 = 0.49$, $\alpha_2 = 1$, $\beta_1 = 0.086$, $\beta_2 = 0.087$, $\lambda = 1$, $\gamma_1 = 1.84$, $\gamma_2 = 1.84$, $\varepsilon_0 = 0.5$, $\varepsilon_1 = 0.5$, $\varepsilon_2 = 0.16$, $\varepsilon_3 = 0.01$.

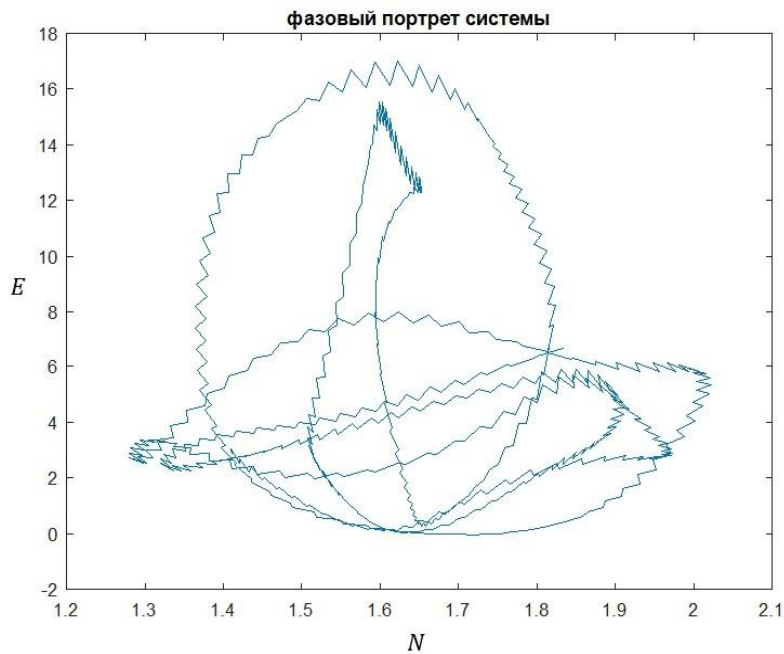


Рис. 1. Фазовый портрет солитона

(зависимость интеграла энергии в центре солитона от интеграла числа частиц в центре солитона).

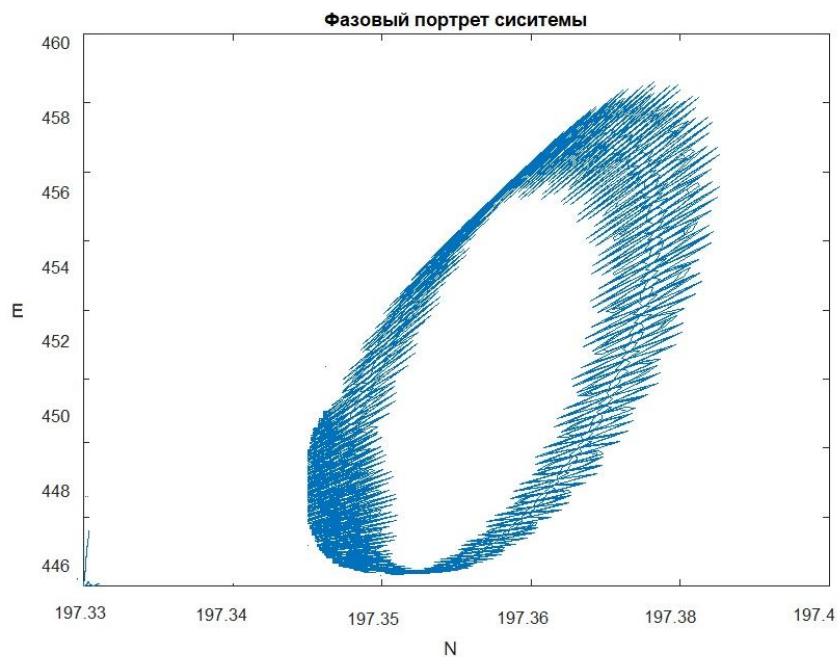


Рис. 2. Фазовый портрет системы
(зависимость интеграла энергии от интеграла числа частиц и при учёте диссипации и подкачки
внешними полями, скорость $v = 0.24$).

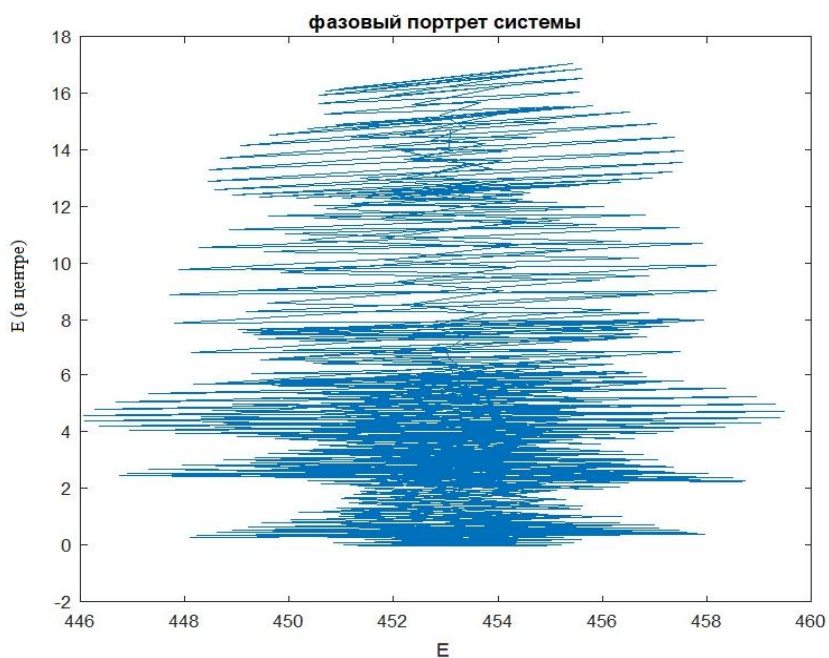


Рис. 3. Фазовый портрет системы.
(зависимость интеграла энергии солитона от плотности энергии в центре солитона и при учёте
диссипации и подкачки внешними полями со скоростью $v = 0.24$).

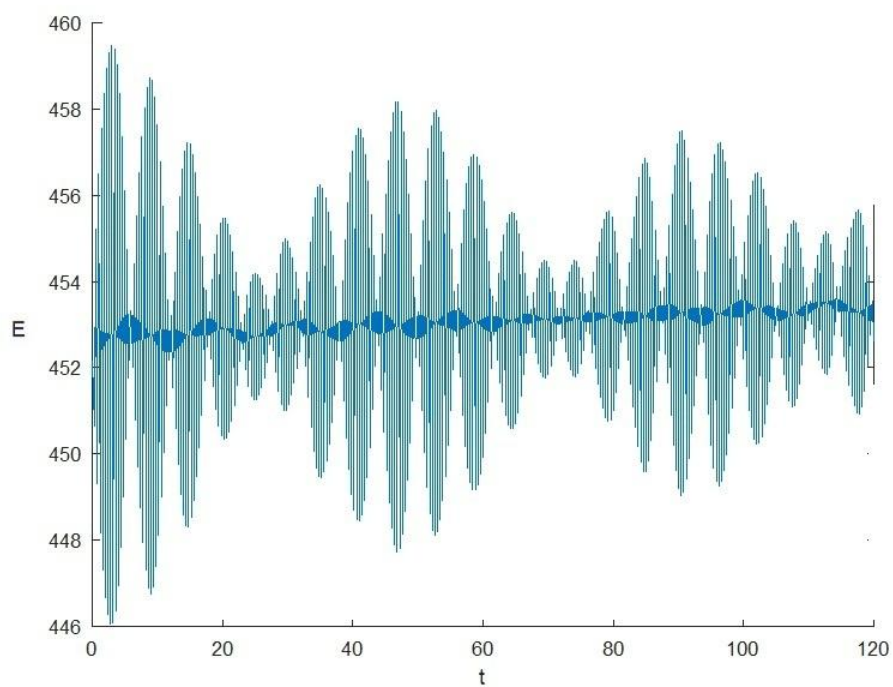


Рис. 4. Интеграл энергии солитона

(при учёте диссипации и подкачки внешними полями, скорость движения $v = 0.24$).

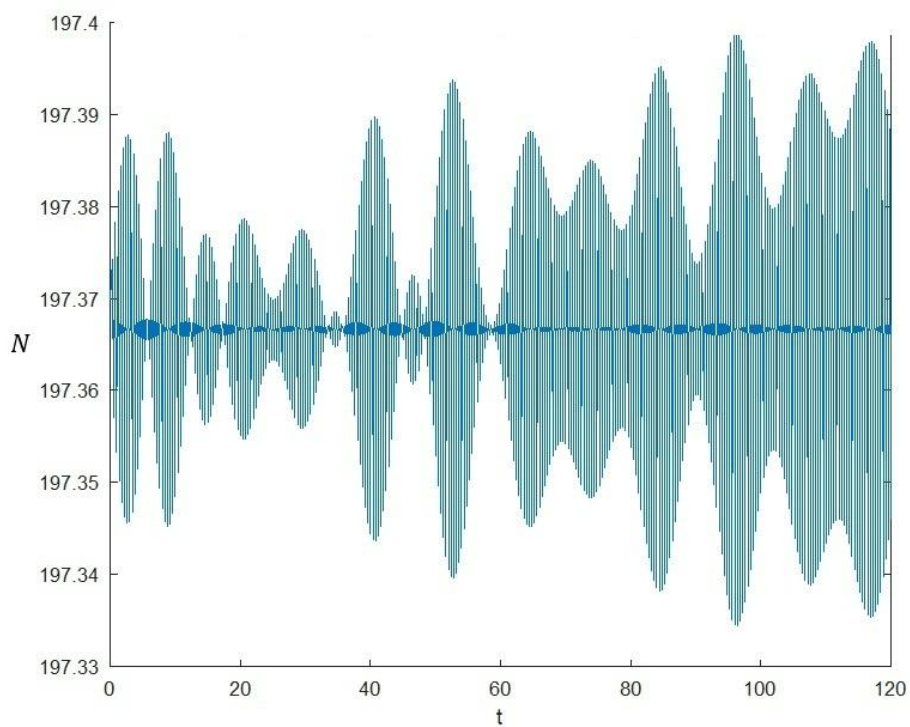
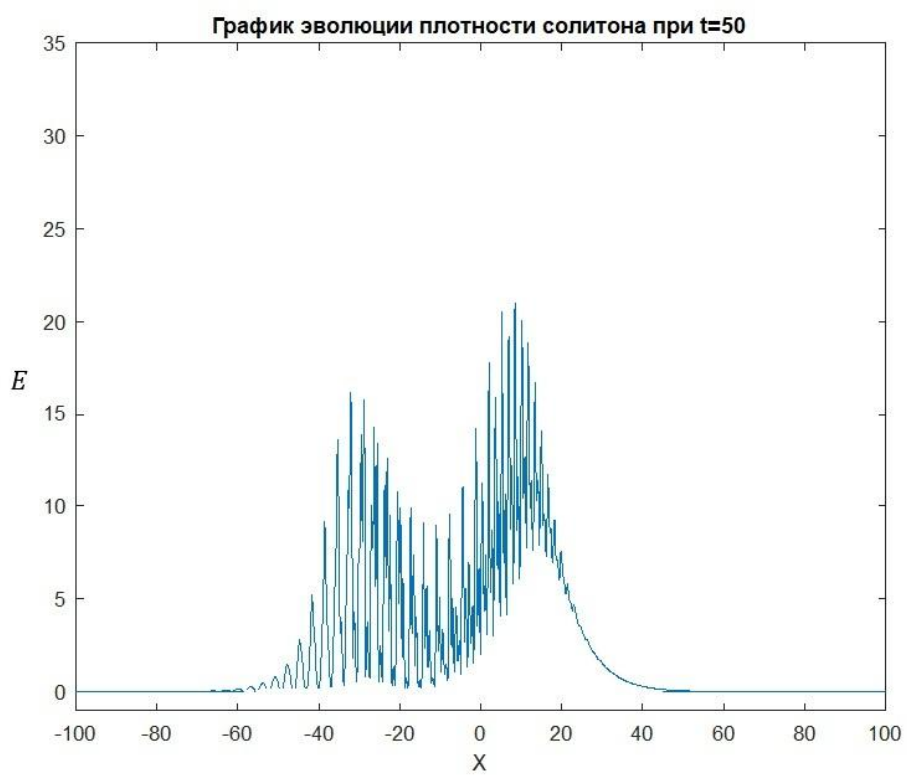
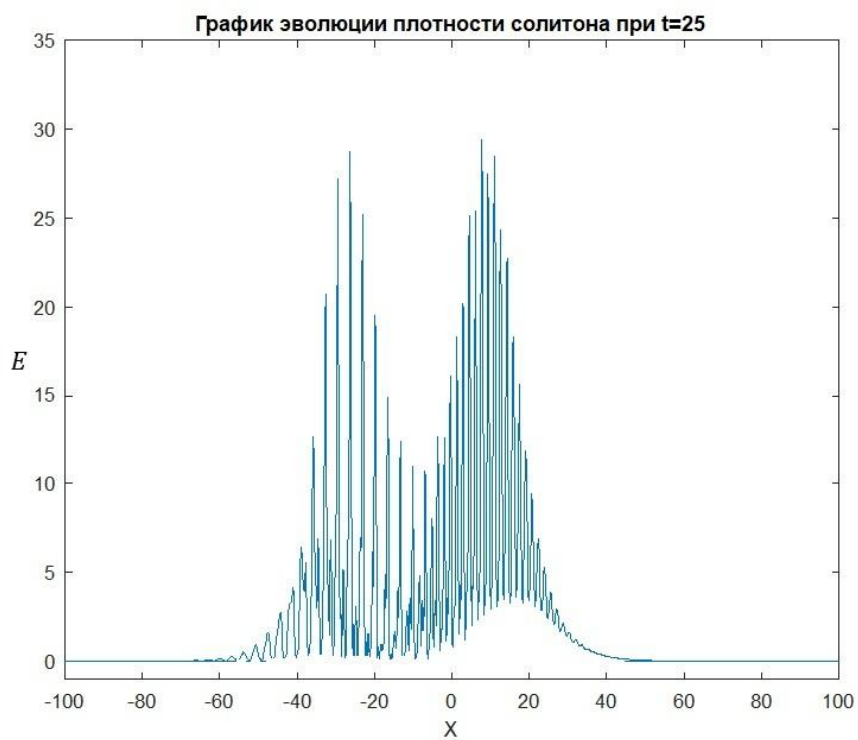


Рис. 5. Интеграл числа частиц солитона

(при учёте диссипации и подкачки внешними полями, скорость движения $v = 0.24$).



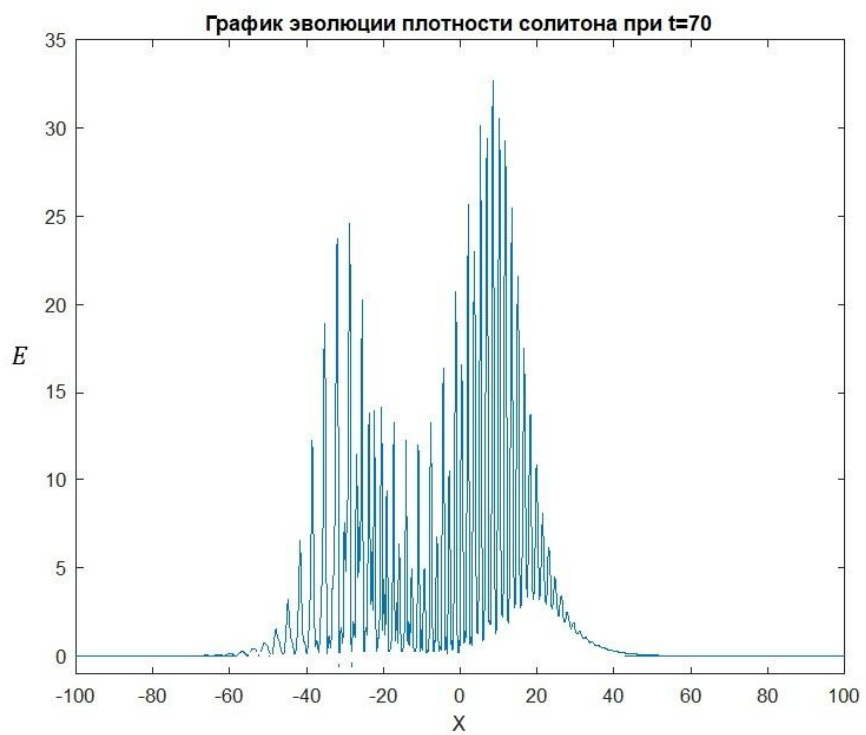
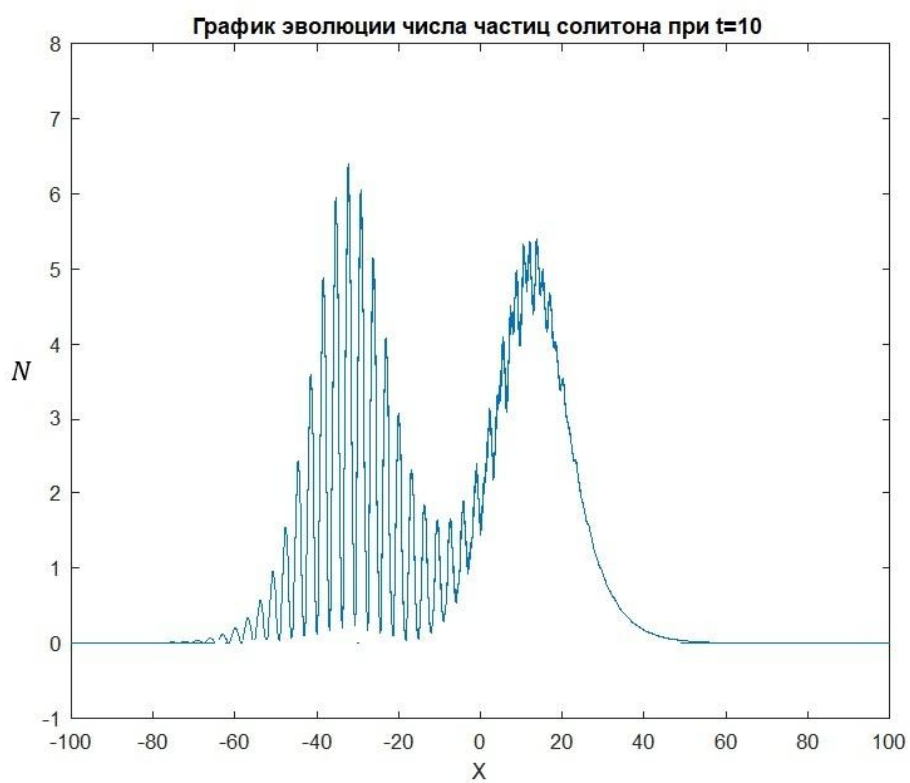


Рис. 6. График эволюции плотности энергии солитона при разных моментах времени.



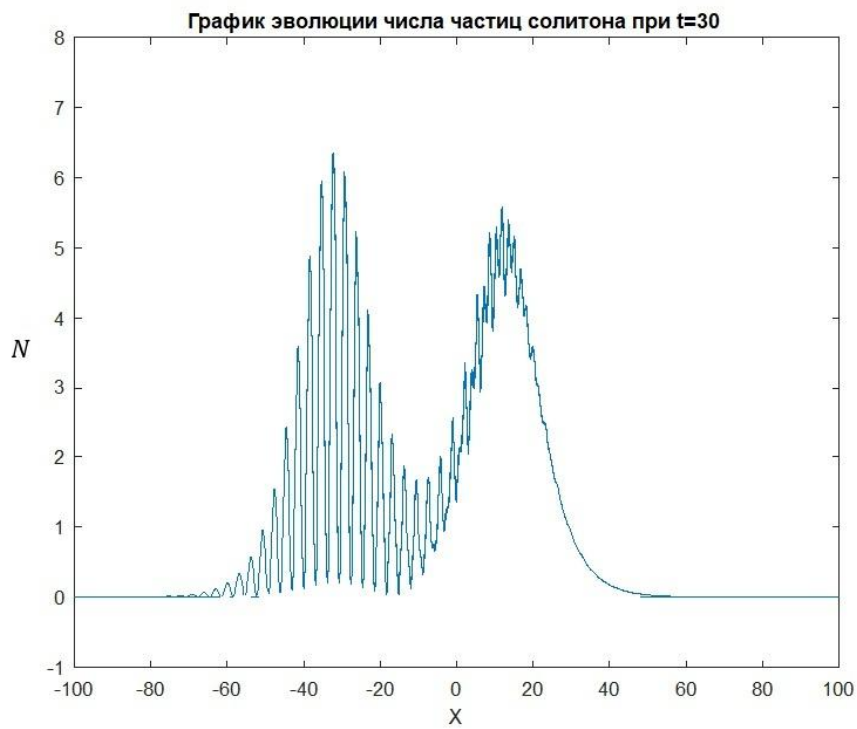
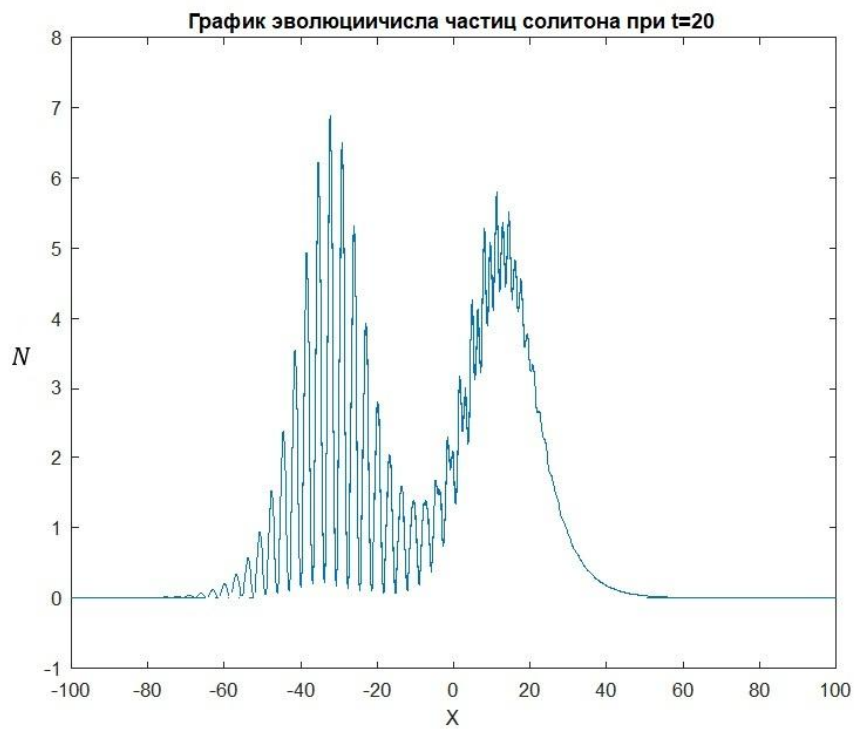


Рис. 7. График эволюции плотности энергии числа частиц при разных моментах времени.

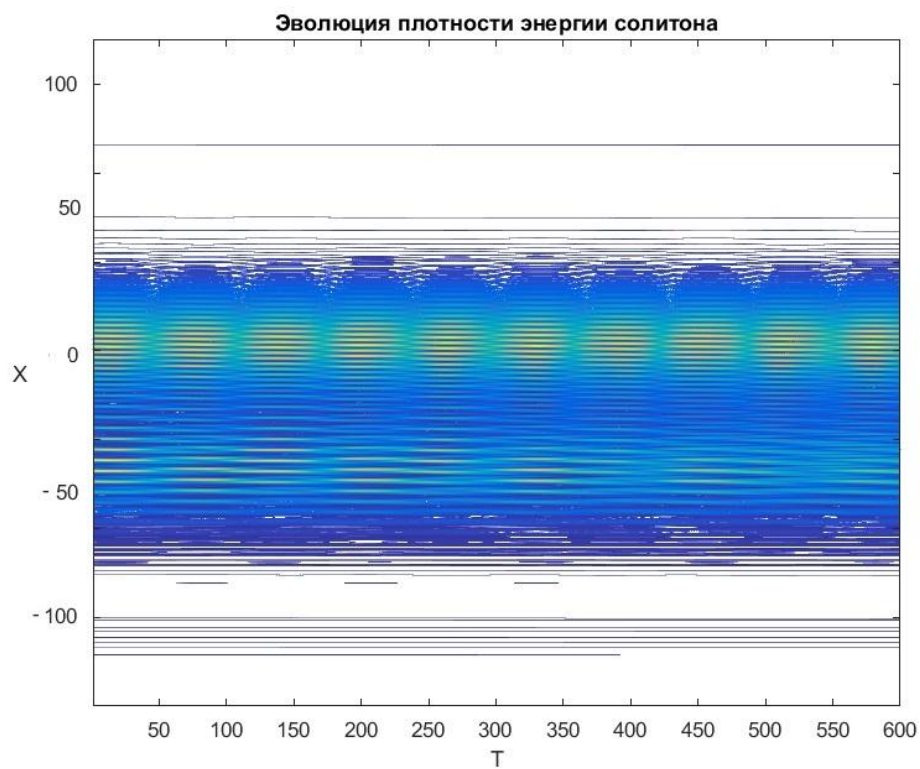
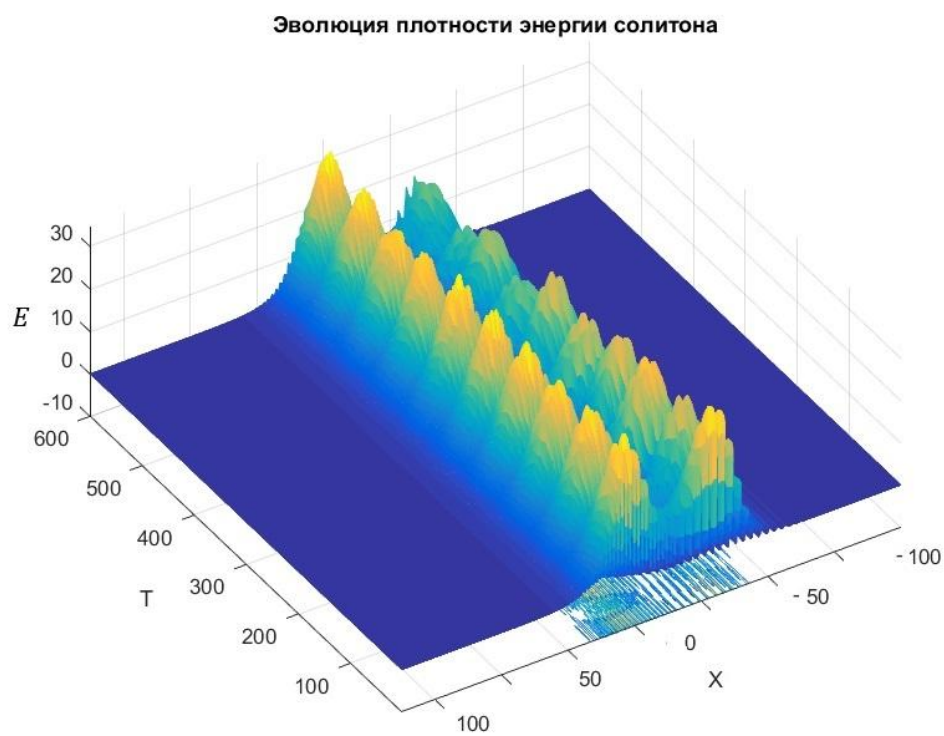


Рис. 8. Эволюция плотности энергии солитона
(при учёте диссипации и подкачки внешними полями, скорость движения $v = 0.24$).

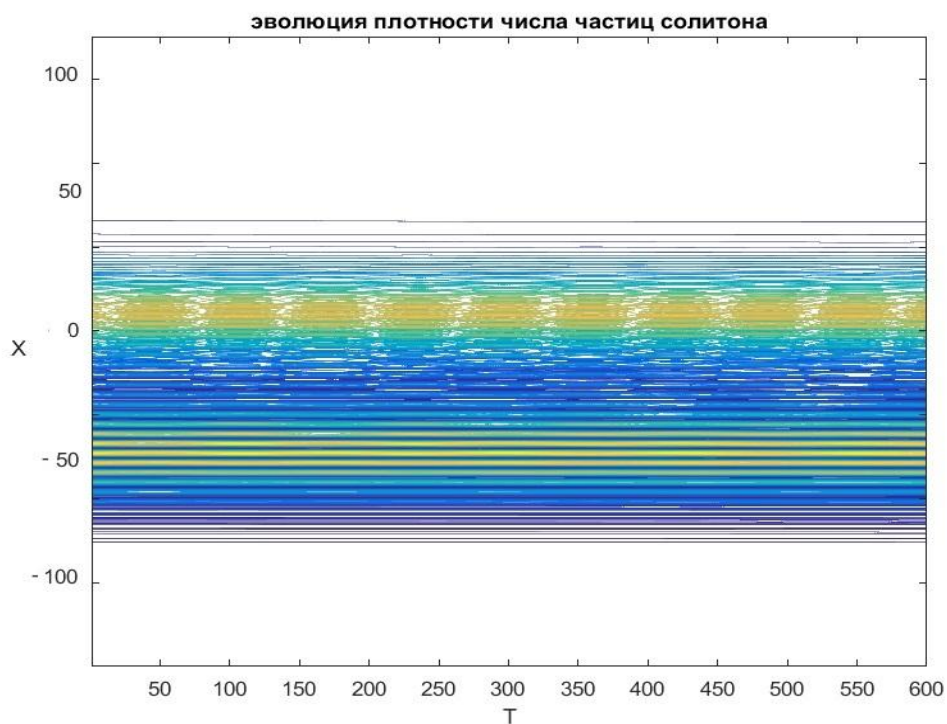
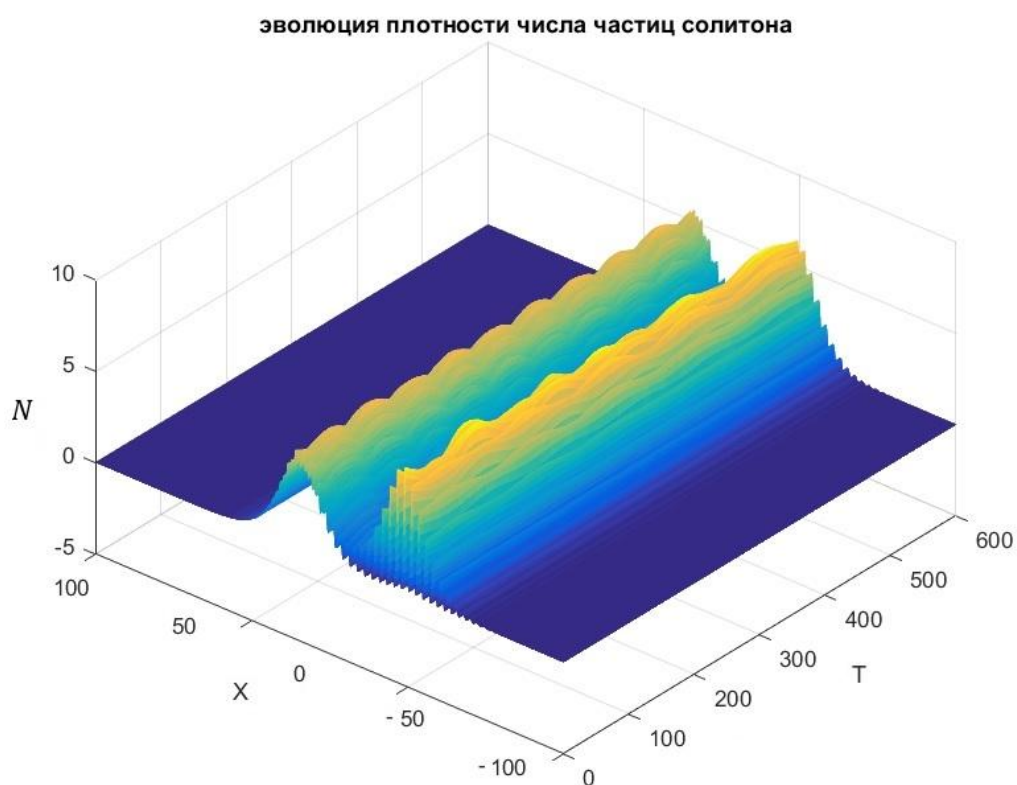


Рис. 9. Эволюция плотности числа частиц солитона
(при учёте диссипации и подкачки внешними полями, скорость движения $v = 0.24$).

Анализ фазовых портретов (сечений отображения Пуанкаре) на рис. 1. и рис. 2. показывает, что идет формирование аттрактора предельного цикла. На рис. 3. видно, что фазовые траектории плотно заполняют конечную область пространства, так называемый «странный аттрактор», что является указанием на формирование диссипативного солитона [11]. При этом интеграл энергии и интеграл числа частиц сохраняется достаточно с высокой степенью точности, а энергия связи компонент диссипативного бризера довольно значительна и оценивается в 14 % (см. рис. 4-5).

Таким образом, численное моделирование многосолитонного решения (3) ВНУШ с самосогласованным потенциалом при учёте диссипации и подкачки внешними полями (5) демонстрирует бризерную динамику внутренних степеней свободы многосолитонного решения, где солитон остается пространственно локализованным и проявляет пульсирующее поведение (рис. 6-9).

ЛИТЕРАТУРА

1. Славнов Н.А. Одномерный двухкомпонентный бозе-газ и алгебраический анзац Бете. – ТМФ, т. 183, № 3, с. 409-433.
2. Salamin Y.I. Covariant electron dynamics in two interfering laser beams: analysis of the vacuum beat wave accelerator - *Physics Letters A*, V. 270, No. 3-4, 2000, p.p. 115-121.
3. Colin T., Nkonga B. A numerical model for light interaction with a two-level atom medium - *Physica D: Nonlinear Phenomena*, V. 188, No. 1-2, 2004, p.p. 92-118.
4. Khanh N.Q. Magnetoplasma oscillations of a two-dimensional, two-component plasma - *Modern Physics Letters B*, V. 10, No.16, 1996, p.p. 737-744.
5. Bandrauk A.D., Yu H.T. Laser control of molecular ionization with intense short laser pulses - *International Journal of Mass Spectrometry*, V. 192No. 1-3, 1999, p.p. 379-386.
6. Абдуллоев Х.О., Максудов А.Т., Муминов Х.Х. Системы уравнений для ферромагнетиков с обменной и одноионной анизотропией. *Физика твердого тела*. – СПб, 1992, т.34, в.2, с. 544-547.
7. Абдуллоев Х.О., Максудов А.Т., Муминов Х.Х. Общие динамические уравнения в пространстве $SU(2S+1)/SU(2S) \times U(1)$ и легкоосный магнетик со спином $S=3/2$. *Физика твердого тела*, 1992, в.2, с. 429.
8. Дубровин Б.А., Маланюк Т.М., Кричевер И.М., Маханьков В.Г. Точные решения нестационарного уравнения Шредингера с самосогласованными потенциалами. – ЭЧАЯ, 1988, т. 19, в. 3, с. 579-621.
9. Муминов Х.Х., Мухамедова Ш.Ф. М.Асгари-Ларими. Численное моделирование многосолитонного решения векторного нелинейного уравнения Шредингера с самосогласованным потенциалом $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$. – *Известия Академии наук Республики Таджикистан*, № 1 (170), 2018, с. 33-49.
10. Kazuhiro Nozaki and Naoaki Bekki. Chaos in a Perturbed Nonlinear Schrodinger Equation. – *Modern Physics Letters B*, V. 50, No.17, 1983, p.p. 1227-1229.
11. Диссипативные солитоны Ред. Ахмедиева Н., Анкевича А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, с. 504.

Ҳ.Ҳ.МУМИНОВ, Ш.Ф.МУҲАМЕДОВА

**СОЛИТОНҲОИ ДИССИПАТИВИИ МУОДИЛАИ ВЕКТОРИИ
ҒАЙРИХАТТИИ ШРЁДИНГЕР БО ПОТЕНСИАЛИ $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ ҲАНГОМИ
ДАМКУНӢ**

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

Бори аввал тавассути амсиласозии ададии солитонҳои диссипативии муодилаи вектории ғайрихаттии Шрёдингер (системаи ду муодила) бо потенциали худмухтори $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ ҳосил карда шудаанд. Таҳлили динамикаи эволютсияи ҳалли бисёрсолитона нишон медиҳанд, ки бо назардошти хомӯшшавӣ ва дамкунӣ динамикаи бризерии қобили тавачҷуҳ бо устувории дараҷаи баланд зоҳир мегардад. Масирҳои фазагӣ соҳаи маҳдуди фазои фазагиро зич ишғол менамоянд. Буриши инъикоси Пуанкаре оид ба ташаккули чаззоби давраи маҳдуд дастур медиҳад.

Калимаҳои калидӣ: ҳалҳои n -солитонӣ, дамкунӣ, хомӯшшавӣ, муодилаи вектории ғайрихаттии Шрёдингер, бризер, солитони диссипативӣ.

Kh.Kh.MUMINOV, Sh.F.MUHAMEDOVA

**DISSIPATIVE SOLITONS OF THE VECTOR NONLINEAR SCHRÖDINGER
EQUATION WITH A SELF-CONSISTENT POTENTIAL $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ IN THE
PRESENCE OF PUMPING**

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

For the first time by means of numerical simulation dissipative solitons of the vector nonlinear Schrödinger equation (the system of two equations) with a self-consistent potential $\bar{\varphi}_1\varphi_2 + \varphi_1\bar{\varphi}_2$ is obtained. An analysis of the dynamics of evolution of multisoliton solutions shows that under dissipation and pumping, the significant breather dynamics with a high degree of stability is exhibited. Phase trajectories densely fill a limited region of the phase space. The cross section of the Poincare map gives evidence on the formation of an attractor of the limit cycle.

Key words: n -soliton solution, pumping, dissipation, vector nonlinear Schrödinger equation, breeder, dissipative soliton.

УДК 502.51; 502.55

А.К.КАЮМОВ, С.Ф.АБДУЛЛАЕВ*, Д.А.КАЮМОВА, Н.Х.МИНИКУЛОВ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР ЛЕДНИКОВОГО ПИТАНИЯ**

Государственное научное учреждение

«Центр изучения ледников Национальной Академии наук Республики Таджикистан»,

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

Поступила в редакцию 10.04.2020 г.

Приведены результаты исследования проб Каракуля и Искандеркуля по определению содержания тяжелых металлов (ТМ) в форме свободных элементов или оксидов. Анализ элементного состава проб методом рентгенофлуоресцентного анализа для Каракуля указывает на превышения от ПДК в 1.41 раза, и относительно Кларка почвы в 1.88-5.88 раза. В почве Каракуля не обнаружен TiO₂. Содержание меди превышает Кларк почвы в 2.37-2.48 раза. Содержание свинца превышает Кларк почвы в 1.68-2.27 раза. Остальные ТМ не превышают значения ПДК, Кларка почвы и Кларка земной коры. Почва Каракуля значительно загрязнена свинцом, чем почва Искандеркуля. Содержание кобальта в 1.91 и свинца в 1.83 раза больше в Каракуле, чем в Искандеркуле. Никеля в 2.27 раза, железа в 1.76, цинка и ванадия в 1.26 раза больше в Искандеркуле, чем в Каракуле.

Ключевые слова: ледники, аэрозоли, озера, тяжелые металлы, загрязнение.

По данным многих авторов в условиях глобального потепления наблюдается не только увеличение выбросов парниковых газов, но и загрязняющих веществ в атмосферу [1], что увеличивает деградацию ледников в условиях изменения климата в мировом масштабе, и Таджикистан не является исключением [2-4]. Снежный покров и ледники являются идеальными индикаторами изменения климата, но в последние годы для определения уровня и масштаба загрязнения окружающей среды исследуют снежный покров, ледники, морены и ледниковые озера. Проблемы мониторинга тяжелых металлов (ТМ) в

Адрес для корреспонденции: Каюмов Абдулхамид Каюмович, 734063, г. Душанбе, пр. Рудаки, 33, Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной Академии наук Республики Таджикистан» E-mail: abdkautov@mail.ru

донных отложениях водоемов ледникового питания приобретают особую актуальность, так как накопление ТМ в этих водоёмах идет десятилетиями.

Аккумуляция ТМ в озерах ледникового питания связана с их миграцией в виде пылевых частиц, которые воздушным потоком попадают на поверхность ледников и увеличивают их концентрацию со временем, что способствует быстрому таянию ледников [2-4]. Кроме того, ледники также деградируют под воздействием изменения климата и осаждаемые ТМ с водным потоком попадают в озера, составляя донные отложения и почву.

Целью работы является изучение содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Каракуль и Искандеркуль.

Материалы, методика и объекты исследования

Озеро Каракуль является самым большим озером Памира, расположенным в районе Мургаба на высоте 3914 метров над уровнем моря. Площадь поверхности – 380 км². Объём составляет 26.6 км³. Его наибольшая глубина – 236 метров. В озеро впадают несколько рек, основные из которых – Караджилга, Карарт, Акджилга и Музкол [6]. Озеро имеет в основном ледниковое питание. В бассейне озера Каракуль имеется 483 ледника, 310 из которых имеют площадь более 0.1 км² [6].

Озеро Искандеркуль – расположено на высоте 2195 метров над уровнем моря, между западными оконечностями Гиссарского и Зерафшанского хребтов. Общая площадь водной поверхности озера составляет 3.4 км², глубина озера достигает 72 метров, объём по данным 1978 года составляет 0.24 км³. В озеро впадают реки Сарытаг, Хазормечь, Сарима, а также мелкие горные ручьи. Из озера вытекает река — Искандердарья, входящая в бассейн Зеравшана. Площадь водосбора озера Искандеркуль составляет 28680 га. Озеро имеет в основном ледниковое питание. В бассейне озера Искандеркуль имеется 166 ледников, 65 из них с площадью менее 1.0 км² [6].

Для определения содержания тяжёлых металлов брали пробы с донных отложений озер Каракуль и Искандеркуль во время экспедиционных работ в 2019 г. При сборе образцов фиксировались координаты места сбора проб, производили упаковку, маркировку и транспортировку в лабораторию для дальнейшего изучения. Пробы очищались в лабораторных условиях от инородного материала и размельчались до порошкообразного вида, затем просеивались через сито с сеткой 1 мм, упаковывались в стеклянные сосуды для хранения и исследования.

Для изучения элементного состава проб использован метод рентгенофлуоресцентного анализа. Измерения проводились на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (ООО «СПЕКТРОН», г. Санкт-Петербург) [7-9]. Принцип действия спектрометра основан на облучении образца первичным излучением рентгеновской трубки, измерении интенсивности вторичного флуоресцентного излучения от образца на длинах волн, соответствующих определяемым элементам и последующим расчетом массовой доли этих элементов по предварительно построенной гра-

дуировочной характеристике, представляющей собой зависимость содержания определяемого элемента от измеренной интенсивности. Методика подготовки проб подробно описана в [7]. Исследуемый порошок спрессовывается в специальных ячейках, закрывается полиэтиленерефталатной пленкой и устанавливается в прибор, где и происходит анализ. Спектрометр позволяет одновременно изучать 10 образцов. Дальнейшая обработка проводилась с выводом результатов на компьютер по специальной программе.

Обсуждение полученных результатов

Как видно из табл. 1 - 2, содержания Sr, Cu, Fe₂O₃ и MnO во всех пробах практически идентичны. Оценивая соотношения максимальной концентрации к минимальной, можно констатировать тот факт, что содержание железа в 2.19 раза превышает минимальное значение. Содержание свинца превышает минимальное значение в 1.74 раза.

Таблица 1

Показатели тяжелых металлов в составе донных отложений Искандеркуля

ТМ, мг/кг	Пробы Искандаркуля					
	1	2	3	4	5	6
Sr	165.18	166.75	155.64	161.77	153.81	167.96
Pb	10.16	7.24	12.61	8.63	12.03	10.82
Zn	58.57	46.71	59.15	57.88	56.00	47.71
Cu	45.74	46.32	45.83	45.99	46.16	45.64
Ni	36.82	28.17	43.25	41.68	39.50	30.37
Co	1.18	7.22	2.60	1.49	1.82	7.85
Fe ₂ O ₃ , %	5.22	2.50	4.91	4.77	5.33	2.43
MnO	143.79	142.96	143.59	143.41	144.12	143.11
V	91.66	91.92	96.68	95.89	81.68	90.80
TiO ₂ , %	0.04	-	0.01	0.01	0.05	-

Для проб Искандеркуля обнаружены отношения к ПДК 0.01-0.84 раза, относительно Кларка почвы 0.17-2.30 раза. Для остальных проб эти значения по каждому ТМ составляет 1.1-1.5 раза.

Таблица 2

Характеристики проб тяжелых металлов в составе донных отложений Искандеркуля

ТМ, мг/кг	Пробы Искандеркуля							
	<C>	C _{max}	C _{min}	C _{max} /C _{min}	Кларк(К)	ПДК	<C>/К	<C>/ПДК
Sr	161.85	167.96	153.81	1.09	300		0.54	
Pb	10.25	12.61	7.24	1.74	10	32	1.02	0.32
Zn	54.34	59.15	46.71	1.27	50	100	1.09	0.54
Cu	45.95	46.32	45.64	1.01	20	55	2.30	0.84
Ni	36.63	43.25	28.17	1.53	40	85	0.92	0.43
Co	3.69	7.85	1.18	6.65	10	5	0.37	0.74
Fe ₂ O ₃ , %	4.19	5.33	2.43	2.19	3.8	-	1.10	-
MnO	143.49	144.12	142.96	1.01	850	2373	0.17	0.06
V	91.44	96.68	81.68	1.18	150	150	0.61	0.61
TiO ₂ , %	0.01	0.05	-	-	4.2	0.8	0.00	0.01

Таблица 3

Показатели тяжелых металлов в составе донных отложений Каракуля

ТМ, мг/кг	Пробы Каракуля		
	1	2	3
Sr	186.71	190.58	163.91
Pb	22.68	16.84	16.89
As	28.43	29.25	22.38
Zn	49.72	42.55	36.34
Cu	47.32	47.67	48.38
Ni	20.29	18.39	9.64
Co	8.17	7.19	5.78
Fe ₂ O ₃ , %	2.47	2.44	2.22
MnO	143.81	144.64	143.58
Cr	93.04	93.23	93.24
V	76.35	59.62	81.52
TiO ₂ , %			

Таблица 4

Характеристики проб тяжелых металлов в составе донных отложений Каракуля

ТМ, мг/кг	Пробы Каракуля							
	<C>	C _{max}	C _{min}	C _{max} /C _{min}	Кларк (К)	ПДК	<C>/К	<C>/ПДК
Sr	180.40	190.58	163.91	1.16	300		0.60	
Pb	18.80	22.68	16.84	1.35	10	32	1.88	0.59
Zn	42.87	49.72	36.34	1.37	50	100	0.86	0.43
Cu	47.79	48.38	47.32	1.02	20	55	2.39	0.87
Ni	16.11	20.29	9.64	2.10	40	85	0.40	0.19
Fe ₂ O ₃ , %	2.38	2.47	2.22	1.11	3.8		0.63	
MnO	144.01	144.64	143.58	1.01	850	2373	0.17	0.06
V	72.50	81.52	59.62	1.37	150	150	0.48	0.48
TiO ₂ , %					4.2	0.8		

Для проб Каракуля (табл. 3-4) обнаружены отношения к ПДК 0.06-0.87 раза, относительно Кларка почвы 0.17-2.39 раза. В почве Каракуля не обнаружен TiO₂.

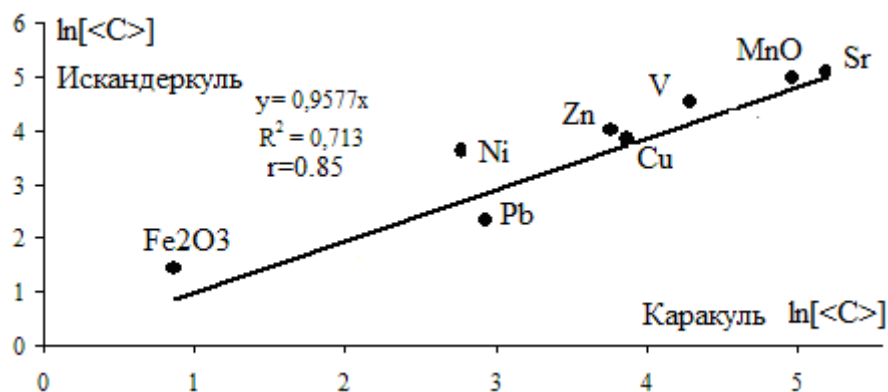


Рисунок. Сравнение содержания ТМ в озерах Каракуль и Искандеркуль.

На рисунке представлено сравнение содержания ТМ в составе донных отложений Каракуля и Искандеркуля. Видно, что содержание ТМ, находящиеся выше кривой, больше в Искандеркуле и ТМ, находящиеся ниже прямой, больше в Каракуле. Содержание свинца в 1.83 раза больше в Каракуле, чем в Искандеркуле, никеля в 2.27 раза, железа в 1.76 раз, цинка и ванадия в 1.26 раз больше в Искандеркуле, чем в Каракуле.

Заключение

Проведенные исследования выявили незначительный уровень концентрации некоторых тяжелых металлов, а также их оксидов в пробах озер ледникового питания. Показано, что некоторые тяжелые металлы (стронций, цинк, хром) переносятся преимущественно воздушным путем, через атмосферу.

Не исключено, что периодически возникающие сильные ветры способствуют распространению частиц тяжелых металлов из их источников. За счет ветрового переноса аэрозоля не исключено, что выпадение тяжелых металлов на поверхности ледников постепенно увеличивается. Результаты исследования указывают на необходимость дальнейших комплексных исследований этой проблемы, так как такие работы не только позволяют провести мониторинг загрязнения ледников, но и окружающей среды в целом на национальном и региональном уровнях, что является первостепенной задачей в условиях изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989, 439 с.
2. Каюмов А.К., Новиков В. А. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Душанбе: Ирфон, 2014, 166 с.
3. Каюмов А.К. Первая комплексная международная научная экспедиция по изучению состояния ледников и экологической ситуации в верховьях рек Вахш и Пяндж. Часть 1. Ледники и гидрология. – Душанбе: Ирфон, 2013, 150 с.
4. Каюмов А.К. Салимов Т.О. Изменение климата и водные ресурсы Таджикистана. – Душанбе: Ирфон, 2013, 80 с.
5. Торопов П.А., Михаленко В.Н., Кутузов С.С., Морозова П.А., Шестакова А.А. Температурный и радиационный режим ледников на склонах Эльбруса в период абляции за последние 65 лет. – Лёд и Снег, 2016, Т. 56, № 1, с. 5-19. doi:10.15356/2076-6734-2016-1-5-19
6. Таджикистан (Природа и природные ресурсы). – Душанбе: Дониш, 1982, 260 с.
7. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И. Исследование пылевой мглы аридной зоны. – Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013, т.49, № 3, с. 304-313.
8. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., Мадвалиев У., Давлатшоев Т. Содержание элементов в пробах почв и пылевого аэрозоля в Таджикистане. – Оптика атмосферы и океана. 2015, т. 28, № 02, с. 143-152.
9. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А. Атмосферный аэрозоль Центральной Азии. – Душанбе: Дониш, 2017, 416 с.

А.К.ҚАҲУМОВ, С.Ф.АБДУЛЛОЕВ*, Д.А.ҚАҲУМОВА, Н.Х.МИНИКУЛОВ
**ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ МЕТАЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ҲОКИ
КУЛҲОЕ КИ АЗ ПИРЯҲҲО САРЧАШМА МЕГИРАНД**

Муассисаи давлатии

"Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон",

**Институти физикаю-техникаи ба номи С.У.Умарови*

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Натиҷаҳои таҳқиқот оид ба муайян кардани таркиби металлҳои вазнин (МВ) дар шакли унсурҳои озод ё оксидҳо оварда шудаанд. Таҳлили таркиби унсурҳои намунаҳо тавассути таҳлили флюоресцентии рентгении намунаҳои Қарокӯл нишон медиҳад, ки он аз концентратсияи имконпазир ҳудуди (КИХ) 1.41 маротиба ва нисбат ба Кларки хок 1.88-5.88 маротиба зиёд аст. Дар хоки Қарокӯл TiO_2 ошкор карда нашудааст. Миқдори мис аз Кларки хок то 2.37-2.48 маротиба зиёдтар аст. Миқдори сурб аз Кларки хок то 1.68-2.27 маротиба зиёд аст. МВ-и боқимонда аз КИХ, Кларки хок ва Кларки қишри Замин зиёд нестанд. Хоки Қарокӯл назар ба хоки Искандаркӯл бо сурб хеле захролуд шудааст. Миқдори кобалт 1.91 ва сурб дар Қарокӯл нисбат ба Искандаркул 1.83 маротиба зиёдтар аст. Дар Искандаркӯл никел 2.77 баробар, оҳан 1.76, руҳ ва ванадий 1.26 маротиба нисбат ба Қарокӯл зиёдтар аст.

Калимаҳои калидӣ: пиряхҳо, аэрозолҳо, кӯл, таҳшинҳо, хок, металлҳои вазнин, ифлосшавӣ.

A.K.KAYUMOV, S.F.ABDULLAEV*, D.A.KAYUMOVA, N.Kh.MINIKULOV
**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF HEAVY METALS
IN THE SOILS OF GLACIAL LAKES**

State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers

of the National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan",

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

The results of a study to determine the content of heavy metals (HM) in the form of free elements or oxides are presented. An analysis of the elemental composition of the samples by X-ray fluorescence analysis for Karakul samples indicates an excess from the MPC by 1.41 times, and relative to Clark soil by 1.88-5.88 times. In the soil of Karakul TiO_2 doesn't find. The copper content exceeds Clark soil by 2.37-2.48 times. The lead content exceeds Clark soil by 1.68-2.27 times. The remaining HM do not exceed the values of MPC, Clark soil and Clark earth punishment. The soil of Karakul is significantly contaminated with lead than the soil of Iskanderkul. The content of cobalt 1.91 and lead 1.83 times more in Karakul than in Iskanderkul. Nickel is 2.27 times, iron is 1.76, zinc and vanadium are 1.26 times more in Iskanderkul than in Karakul.

Key words: glaciers, aerosols, lake, bottom sediment, soil, heavy metals, pollution.

УДК 551.521.3, 551.583

М.Н.РАХМАТОВ*, С.Ф.АБДУЛЛАЕВ, В.А.МАСЛОВ, У.МАДВАЛИЕВ

**СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ПОЧВ
И АЭРОЗОЛЯ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА**

**Худжандский государственный университет им. академика Б.Гафурова,
Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан*

Поступила в редакцию 25.12.2019 г.

В статье обсуждаются результаты экспериментальных исследований элементного состава проб атмосферного аэрозоля и почв Северного Таджикистана, собранных с 2013 по 2019 год. По результатам сравнительного анализа элементного состава почв и аэрозоля выявлена их межгодовая изменчивость, свидетельствующая о том, что особенности временных вариаций носят региональный характер и определяются динамикой изменения содержания тяжелых металлов (ТМ) при смене воздушных масс. Содержание в почве элементов первого (мышьяк, свинец, цинк) и второго классов опасности (медь, никель, кобальт, хром) значительно превышает ПДК во многих районах. Обсуждаются возможные источники загрязнения ТМ, имеющие, в основном, антропогенный характер (автотранспорт, промышленные предприятия, открытые хвостохранилища и др.).

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, элементный состав, аэрозоль, почва, тяжелые металлы, загрязнение.

Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами особенно актуальна для таких экологически неблагоприятных регионов, как Согдийская область [1-7]. В настоящей работе сравнивалось содержание ТМ в пробах почв и атмосферного аэрозоля (АА) Северного Таджикистана. Цель работы заключалась в оценке состояния почв и атмосферы в Согдийской области, в изучении переноса ТМ, входящих в состав аэрозольных частиц и накопления их в почвах, а также в выявлении источников происхождения аэрозолей и форм нахождения элементов. Мониторинговые площадки для сбора проб ат-

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

атмосферного аэрозоля путем естественного осаждения расположены на территории районов Согдийской области [8]. Отбор проб проводился на полиэтиленовые пленки (площадью 5x5 м²) и пластиковые ванночки (1x1 м²) по стандартной методике, разработанной в 2006 г. по программе ICP-Forests под эгидой Конвенции по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния ЕЭК ООН [9-15].

Пробы почвы отбирались согласно методике ICP-Forests с июня 2013 г. Для анализа отбирался верхний (1-2 см) слой почвы с площадки 40x40 см². При сборе образцов фиксировались координаты места сбора проб, производилась упаковка в пластиковый или стеклянный сосуд, маркировка и транспортировка в лабораторию для дальнейшего изучения. Пробы очищались в лабораторных условиях от инородного материала и размельчались до порошкообразного вида, затем просеивались через сито с сеткой 1 мм, упаковывались в стеклянные сосуды для хранения и исследований. Такая методика отбора проб обеспечивает анализ мелкодисперсной фракции почв, включающей осажденный атмосферный аэрозоль.

Химический анализ проб проводился в лаборатории физики атмосферы методом рентгенофлуоресцентного анализа [16,17] по стандартной методике [18-21]. Измерялось содержание в пробах тяжелых металлов, относящихся к I-III классам опасности по степени воздействия на организм человека согласно ГОСТу 17319-2019 «Реактивы. Методы определения примеси тяжелых металлов».

Для анализа проб на содержание металлов и оксидов использовалась разработанная и аттестованная Госстандартом РФ «Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа» (свидетельство Госстандарта РФ № 2420/53-2002). Методика анализа объектов окружающей среды реализована с помощью рентгенофлуоресцентного кристалл-дифракционного сканирующего спектрометра "СПЕКТРОСКАН МАКС G", имеющего сканирующий канал модели «G». Спектрометр «СПЕКТРОСКАН МАКС G» комплектуется Государственными стандартными образцами типичных черноземов, красноземной почвы, сероземов карбонатных и дерново-подзолистой супесчаной почвы. При проведении анализа также использованы справочные и методические материалы ООО "НПО Спектрон" (г. Санкт-Петербург).

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время в Согдийской области основной проблемой является наличие крупных хвостохранилищ отходов и отвалов горнорудной промышленности, включая радиоактивные отходы. В области действует Анзобский комбинат по добыче и обогащению ртутно-сурьмяных руд, две золотодобывающие фабрики. На севере области пока не проведена рекультивация отвалов Адрасманского горно-обогатительного комбината, который добывает свинцовую руду и перерабатывает её на обогатительной фабрике в свинцово-серебряный концентрат.

Пробы аэрозоля и почв были собраны в 8 районах Согдийской области, включая Худжанд. Кроме того, пробы почв были отобраны на территории Айнинского района и Дегмайского хвостохранилища.

На рис.1 приведены отношения концентраций Pb, As, Zn и Sr в пробах почв и АА региона. Видно, что в Шахристане среднее содержание Pb в пробах почв (17 ppm) – в 1.3 раз выше, чем в пробах АА (13.4 ppm). В остальных районах содержание Pb почти одинаково. В Шахристане среднее содержание мышьяка в пробах почв (30 ppm) в 15 раз выше, чем в АА (2 ppm), в Истаравшане – в 2.5 раза, в Зафарабаде – в 2.2 раз. Максимальное содержание цинка в пробах почв Шахристанского района – в 1.5 раз выше, чем в пробах АА. Среднее содержание стронция в почве и АА почти одинаково.

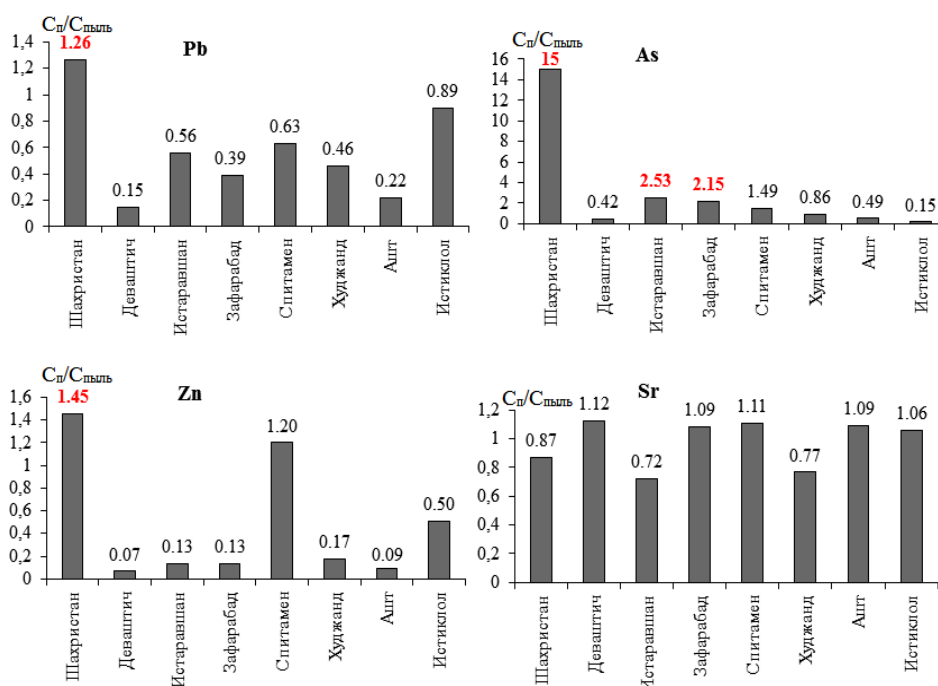


Рис. 1. Соотношение содержания ТМ (Pb, As, Zn и Sr) в пробах почв и аэрозоля Северного Таджикистана

Содержание меди в пробах почв и АА оказалось почти одинаково (рис. 2). Концентрации Ni в пробах почв в г. Худжанде в 2.4 раза выше, чем в пробах АА. Обнаружены более высокие концентрации кобальта в пробах почв Шахристана, чем в пробах АА (3.11 раза). Отношение концентраций Fe₂O₃ в пробах почв и АА для Спитамена равно 1.5.

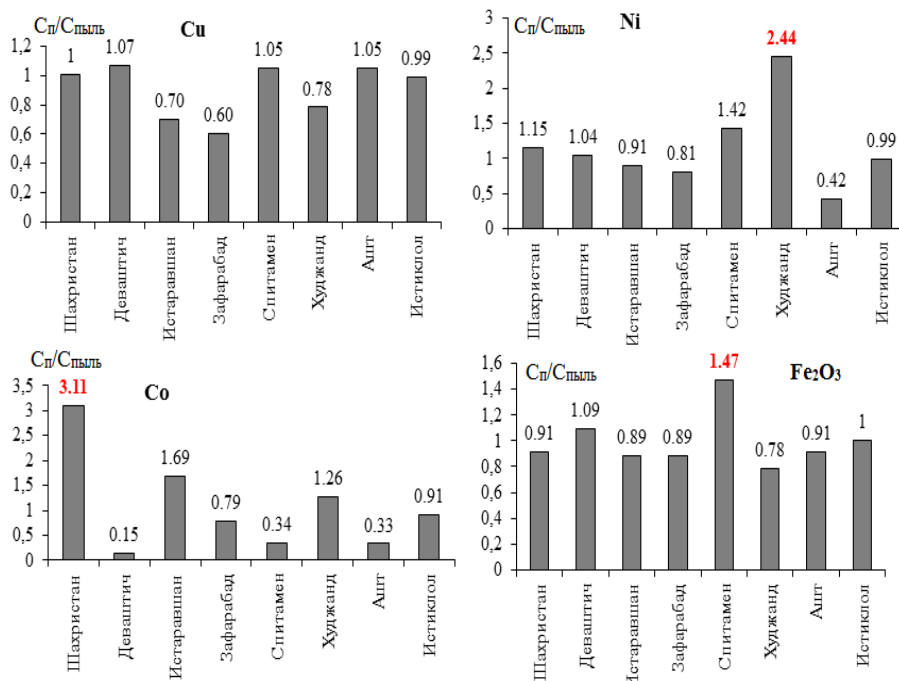


Рис. 2. Соотношение содержания ТМ (Cu, Ni, Co и Fe₂O₃) в пробах почв и аэрозоля Северного Таджикистана

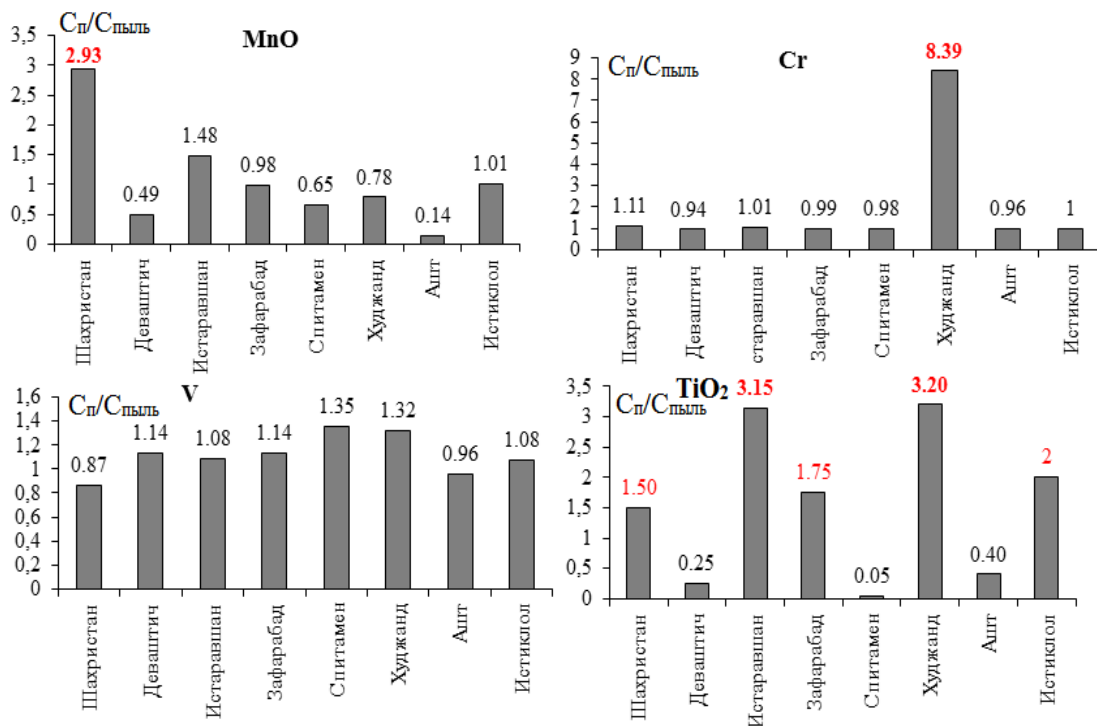


Рис. 3. Соотношение содержания ТМ (MnO, Cr, V и TiO₂) в пробах почв и аэрозоля Северного Таджикистана

На рис. 3 приведены отношения концентраций MnO, Cr, V и TiO₂ в пробах почв и АА района. Видно, что в пробах почв самое высокое содержание MnO найдено в Шахри-

станском районе, среднее содержание MnO в пробах почв (391 ppm) – в 2.9 раз выше, чем в пробах АА (133.6 ppm). В остальных районах содержание MnO в составе почв и АА почти одинаково. В Худжанде максимальное содержание хрома в пробах почв в 8.4 раза выше, чем в пробах аэрозоля, а концентрация TiO₂ в пробах почв в 3.2 раза выше, чем в АА. Среднее содержание TiO₂ в почве (0.63, %) в Истаравшане в 3.2 раз выше, чем в АА (0.2, %).

Сравнительный анализ содержания ТМ в аэрозоле и в почве

Сравнительный анализ состава проб аэрозоля и почвы, показывает, что содержание некоторых тяжелых металлов в пробах атмосферного аэрозоля и в пробах почв существенно отличается. В пробах АА из Ашта зафиксированы самые высокие концентрации цинка (1814.6 ppm) – в 7 раз выше, чем в почве, свинца (85.7 ppm) – в 4 раза выше, чем в почве, никеля (78 ppm) – в 3 раза выше, чем в почве.

В Табашаре (ныне Истиклол) зарегистрировано максимальное содержание в пробах аэрозоля цинка (164.9 ppm) – в 3 раза выше, чем в почве, а содержание мышьяка (50.9 ppm) – в 6 раз выше.

В городе Худжанд (16 проб АА) содержание Sr (198.6 ppm) было в 1.3 раза больше, чем в пробах почв, содержание Zn (728.8 ppm) – в 6 раз больше, чем в почве. Обнаружено повышенное содержание V (67.4 ppm) – в 1,2 раза больше, чем в почве. В западной части Согдийской области (Зафарабадский район, село Фарманкураган) обнаружено высокое содержание MnO (262.2 ppm) (см. рис. 1) – в 1.3 раза выше, чем в пробах почв. Содержание хрома (96.1 ppm) в аэрозоле почти не отличалось от его содержания в почве. В аэрозоле обнаружено более высокое содержание, чем в почве следующих ТМ: Pb (51.7 ppm) – в 2.5 раза выше, Zn (963.7 ppm) – в 8 раз, Cu (74.9 ppm) – в 1.6 раза, Cr (98 ppm) – в 1.1 раза.

В Истаравшане содержание стронция (194.3 ppm) в 1.4 раза, цинка (1645.1 ppm) в 7.6 раза выше, чем в почве. В Деваштиче в пробах аэрозоля содержание свинца (80.9 ppm) примерно в 7 раз, цинка (779.7 ppm) в 11 раз выше, чем в почве.

В юго-западной части области концентрации тяжелых металлов в пробах аэрозоля выше, чем в пробах почв. Например, в Деваштиче содержание цинка в аэрозоле превышает его содержание в почве более, чем в 11 раз, в Истаравшане содержание цинка было в 7.6 раза, а в Зафарабаде в 8 раз выше, чем в почве.

В результате исследований выявлены высокие концентрации тяжелых металлов в пробах пылевого аэрозоля и почв некоторых районов Согдийской области Таджикистана. Создана первичная карта элементного состава почв и аэрозолей Северного Таджикистана. Обнаружено неравномерное распределение ТМ в аэрозоле и в почве. По-видимому, основными источниками тяжелых металлов в атмосферном воздухе и почве являются открытые хвостохранилища, автомобильный транспорт и промышленные предприятия Согдийской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муртазаев Х., Бобоев Б.Д., Муртазаев А., Болибеков Ш. Трансграничные радиоэкологические проблемы (на примере соседних районов Кыргызстана и Таджикистана). – Худжанд: Учёные записки. Серия: естественные и экономические науки. ХГУ, 2006, № 12, с. 62- 68.
2. Тиллобоев Х.И. Физико-химические методы контроля массопереноса в системе «отходы урановых руд - окружающая среда» на примере Дигмайского хвостохранилища Таджикистана: автореф. дисс. к. х. н. Душанбе, 2010, 21 с.
3. Назаров Х.М., Эрматов К.А., Бахронов С.М., Мухамедова С.Г., Мирсаидов У.М. Оценка потенциальной радиационной опасности хвостохранилища Дигмай (Таджикистан) для населения, проживающего вокруг него. – Радиационная гигиена. 2019, т. 12, № 1, с. 115-121.
4. Муртазаев Х. Радиационно-экологические особенности природных сред Северного Таджикистана. – Худжанд: Меъроҷ, 2014, 164 с.
5. Назаров Х.М., Саломов Дж.А., Хакимов Н, Саломов Ф.Дж., Рахматов Н.Н. Радиационный мониторинг хвостохранилища «Дигмай». – Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отд. физ.-матем., хим., геолог. и технич. наук, 2015, № 2 (159), с.78-82.
6. Мирсаидов И.У. Физико-химические основы получения урановых концентратов из отходов и сырьевых материалов. – Душанбе: Дониш, 2014, 106 с.
7. Назаров Х.М. Экологические аспекты реабилитации урановых хвостохранилищ г. Истиклола Республики Таджикистан. Назаров Х.М, Саломов Дж.А, Хакимов Н, Рахматов Н.Н., Эрматов Э.А. – Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отд. физ.-матем., хим., геолог. и технич. наук. 2015, № 2 (159), с. 87-92.
8. Рахматов, М.Н., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Расулзода Х.Х. Элементный состав атмосферного аэрозоля и почв северного Таджикистана – Худжанд: Ученые записки ХГУ, 2018, № 3(46), с. 56-62
9. ICP Forests II. Crown condition assessments. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessments, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. Part II. Visual assessment of crown condition. http://www.icpforests.org/N8f/Chapt2_comp106.N8f. 2006, 61 p.
10. Krogstad, T. (). Methods for soil analysis (In Norwegian). *NLH report no. 6. Institutt for Jordfag*, 1992, 32 pp. *Ås- NLH*, ISSN 0803-1304,
11. Lacatusu, R. Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals. In: Heineke, H.J., Eckelmann, W., Thomasson, A.J. et al. (Eds). *ESB Research Report no. 4: Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources*. EUR 17729 EN. 546 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1998, pp. 393-402.
12. Lawesson J., Eilertsen O., Diekmann M. et al. A concept for vegetation studies and monitoring in the Nordic countries. – In: *Tema Nord*, 2000, 517, pp.1-125.
13. Naturvardsverket Bakgrundshalter i mark. Rapport 4640. Stockholm.
14. Okland T. (1996). Vegetation-environment relationships of boreal spruce forest in ten monitoring reference areas in Norway. – *Sommerfeltia*, 1997, v.22, pp. 1-349.
15. Oksanen J., Minchin P.R. Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. *J. Veg. Sci.*, 1997, v.8, pp. 447-454.
16. Блохин М.А. Методы рентгеноспектральных исследований. – М.: ГИТА, 1959, 386 с.
17. Eugene P. Bertin. Introduction to X-Ray Spectrometric Analysis. Plenum Press, New York – London, 1978, 485 p.

18. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1989, 62 с.
19. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. – Свидетельство Госстандарта РФ № 2420/53-2002.
20. Свидетельство Госстандарта РФ №2420/62-2001 МУК утв. 16.05.03 №4.1. 1354-03)
21. Ширкин Л.А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды: учеб. Пособие. – Владимир: изд-во Владим. гос. ун-та, 2009, 60 с. ISBN 978-5-89368-919-8.

М.Н.РАҲМАТОВ*, С.Ф.АБДУЛЛОЕВ, В.А.МАСЛОВ, У.МАДВАЛИЕВ

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ МИҚДОРИ МЕТАЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ХОК ВА АЭРОЗОЛИ ТОҶИКИСТОНИ ШИМОЛӢ

**Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б.Ғафуров,
Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии якҷояи омузиши унсурҳо дар таркиби намунаҳои аэрозоли атмосфера ва хокҳои шимолӣ Тоҷикистон барои солҳои 2013-2019 баррасӣ карда шудааст. Дар асоси натиҷаҳои таҳлили муқоисавии таркиби унсурҳои хок ва аэрозол тағирпазирии байнисолона ошкор карда шуд, ки ин гувоҳи он аст, ки ин хусусиятҳо тағирпазирии муваққатӣ хусусияти минтақавӣ доранд, асосан динамикаи тағйирёбии миқдори металлҳои вазнин ҳанומи иваз шудани массаи ҳаво муайян карда мешаванд. Дар ҳамаи ноҳияҳои тадқиқшуда миқдори унсурҳои дараҷаи якум (арсен, сурб, рух) ва дараҷаи дуввуми хатарнокдошта (мис, никел, кобалт) бе ниҳоят аз концентратсияи максималии имконпазир (КМИ) зиёд мебошад. Манбаъҳои эҳтимолии ифлоскунандаҳо бо металлҳои вазнин, ки хусусияти антропогенӣ доранд (нақлиёти автомобилӣ, корхонаҳои саноати металлургӣ, партовгоҳҳои рӯйпӯш нашуда ва ғайра) муҳокима карда мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: аэрозоли атмосфера, таркиби унсурҳои аэрозолҳо, хок, металлҳои вазнин, ифлосшавӣ.

M.N.RAKHMATOV*, V.A.MASLOV, S.F.ABDULLAEV, U.MADVALIEV

COMPARISON ANALYSIS OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE COMPOSITION OF SOILS AND AEROSOL OF NORTH TAJIKISTAN

**B.Gafurov Khujand State University, Khujand Republic of Tajikistan,
S.U.Umarov Physical-Technical Institute Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

The article discusses the results of experimental studies between the elemental composition in samples of atmospheric aerosol and soils of northern Tajikistan for the period

from 2013 to 2019. According to the results of a comparative analysis of measurements of the elemental composition of aerosol and soils, their interannual variability was revealed, indicating that the features of temporal variations are regional in nature and are determined by the dynamics of changes in the content of heavy metals when changing air masses. The elemental composition was determined by the method of X-ray fluorescence analysis. The soil content of elements of the first (arsenic, lead, zinc) and second hazard class (copper, nickel, cobalt, chromium) exceeds the MPC in many areas, while the sources of pollution are mainly anthropogenic in nature.

Key words: atmospheric aerosol, elemental composition of aerosols, soils, heavy metals, pollution.

УДК 621.362

А.ТОФИК, С.М.АХМАД, Х.С.КАРИМОВ, Н.Р.ЮМАЕВ*, Х.М.АХМЕДОВ*

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ГЕНЕРАТОРА С ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ КОНЦЕНТРАТОРОМ**

*Институт инженерных наук и новых технологий
имени Гулям Исхак Хана, Пакистан*

** Центр инновационного развития науки и новых технологий*

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 27.04.2020 г.

Исследован солнечный термоэлектрический генератор с двухступенчатым концентратором (коническим параболическим концентратором и линзой Френеля). Использован термоэлектрический генератор из теллурида висмута (Bi_2Te_3) ТЕС-12706 (ТЭГ). Электрический КПД составил 0.421 %, а тепловой 54.34 %. Общая эффективность термоэлектрического генератора, представляющая собой сумму электрической и тепловой эффективности, составила 54.36 % для фокусного расстояния 13 см. Показано, что максимальная мощность однокаскадного параболического дифракционного термоэлектрического генератора составляет 0.013 Вт, что в 5 раз меньше максимальной мощности 0.069 Вт, полученной при использовании двухкаскадных концентраторов

Ключевые слова: двухступенчатый концентратор, эффективность, линза Френеля, фокусное расстояние, термоэлектрический генератор, эффект Зеебека, электрическая и тепловая мощность.

Одной из форм преобразования солнечной энергии является фотоэлектрическая, которая с помощью фотовольтаического эффекта даёт возможность преобразовать солнечный свет непосредственно в электрическую энергию, используя незначительную часть солнечного спектра, то есть видимый свет. Однако термоэлектрические элементы с помощью эффекта Зеебека преобразуют весь солнечный спектр в электрическую энергию.

Адрес для корреспонденции: Ахмедов Хаким Мунавварович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Рудаки, 33 а, Центр инновационного развития науки и новых технологий АН РТ.
E-mail: khakim48@mail.ru

В работе [1] приведен расчет термоэлектрического генератора из сплава цинк-сурьма. Показано, что более высокая эффективность может быть достигнута за счет использования материалов, обладающих высоким термоэлектрическим коэффициентом, высокой электропроводностью и низкой удельной теплопроводностью. В работе [2] была достигнута эффективность термоэлектрической установки, равная 5.25%. При использовании солнечного концентратора эффективность термоэлектрического генератора повышается [3].

В настоящее время термоэлектрические генераторы используются для производства электроэнергии, горячей воды, а в некоторых случаях для получения как электроэнергии, так и нагрева воды. Используя нагреватель в качестве источника тепла на одной стороне двух термоэлектрических генераторов ТЭГ-1264-1 и алюминиевый водяной теплоотвод под нижней стороной термоэлектрических генераторов, была достигнута мощность электрической энергии в 8.46 Вт с КПД 4.36% [4]. Комбинация параболического концентратора диаметром 0.545 м с термоэлектрическим генератором из теллурида висмута и ребристым теплоотводом использовалась в работе [5]. В работе [6] экспериментальное исследование проводилось с использованием параболического дифракционного концентратора диаметром 3.56 м с алюминиевой отражающей поверхностью.

В работе [7] приведен тепловой анализ параболического тарелочного солнечного термоэлектрического генератора. Представлена зависимость разности температур, напряжения и электрического КПД термоэлектрических генераторов от изменяющихся концентрационных соотношений 20, 40, 60, 80 и 100. Максимальная термоэлектрическая эффективность составила 3.8% при коэффициенте концентрации 100 и солнечном излучении 985.5 Вт/м².

В работе [8] линза Френеля была объединена с термоэлектрическим генератором для получения 3.02 В при разнице температур 75°C при солнечном излучении 50 Вт/м². Термоэлектрический генератор солнечной параболической тарелки площадью 10.56 м² моделировался изменением интенсивности солнечного излучения от 300 Вт/м² до 1200 Вт/м² и температуры приемной пластины от 350 К до 700 К [9]. Было установлено, что максимальная мощность 4.7 Вт достигается при напряжении и токе 6.7 вольт и 2.2 ампер соответственно, а максимальная тепловая эффективность составляет 56% при мощности солнечного излучения 1200 Вт/м² и температуре пластины поглотителя 700 К.

Цель настоящей работы заключается в исследовании солнечного термоэлектрического генератора с использованием двухступенчатого концентратора – конического параболического и линзы Френеля.

На рис.1а. приведена конструкция солнечного термоэлектрического генератора. Термоэлектрический генератор помещен между поглотителем и водонагревателем. Поглотитель помещается в фокус конического параболического концентратора и получает свет, сконцентрированный линзой Френеля и коническим параболическим концентратором.

Основными компонентами системы являются линза Френеля диаметром 0.25 м, конический параболический концентратор с площадью апертуры (принимающей излучение поверхности) 0.05 м, круглая черная абсорбционная пластина диаметром 0.056 м, термоэлектрический генератор - теллурид висмута ТЕГ-12706 размером 40 x 40 x 3.8 мм, медный водонагреватель размером 5 x 4 см и резервуар для хранения воды объемом 169.09 см³. Высота линзы Френеля изменялась путем изменения высоты винтов вертикальных стержней. Расстояние линзы Френеля от параболического концентратора варьировалось для трех фокусных расстояний: 13 см, 15 см и 17 см. Технические характеристики термоэлектрического генератора ТЭГ-12706 приведены в таблице [10]. Использовалась внешняя нагрузка 3.6 Ом. Массовый расход воды составил 0.0001 м³/с. Температура холодной воды была принята равной 20°C. удельная теплоемкость и плотность взятой воды составили 4180 кДж/кг К и 997 кг/см³ соответственно. Вся установка была обращена на юг под углом 49°.

Эксперименты проводились для трех фокусных расстояний линзы Френеля 13 см, 15 см и 17 см в ноябре 2018 года в течение 6 дней (по 2 дня для каждого фокусного расстояния) с 11 утра до 13 часов дня через каждые 30 минут. Была рассчитана выходная мощность наряду с электрической, тепловой и суммарной эффективностью для каждого фокусного расстояния.

Интенсивность солнечного излучения составляла 980 Вт/м². Концентрированный солнечный свет измерялся на поглощающей пластине, закрепленной на фокусе конического параболического концентратора. Для измерения солнечного излучения использовался люксметр.

Таблица

Технические характеристики термоэлектрического генератора ТЭГ-12706*

Обозначение	Параметр	Значение, при температуре горячей стороны	
		25 °C	50 °C
Q _{max}	Холодопроизводительность	50 Вт	57 Вт
Delta T _{max}	Разность температур	66 °C	75 °C
I _{max}	Максимальный ток	6.4 А	6.4 А
U _{max}	Максимальное напряжение	14.4 В	16.4 В
Resistance	Сопротивление	1.98 Ом	2.3 Ом
Размер	40 мм x 40 мм x 3,8 мм		

*Источник: Thermoelectric Cooler TEC1-12706 Performance Specification. NB Corporation . Rev 2.03.

3 р.

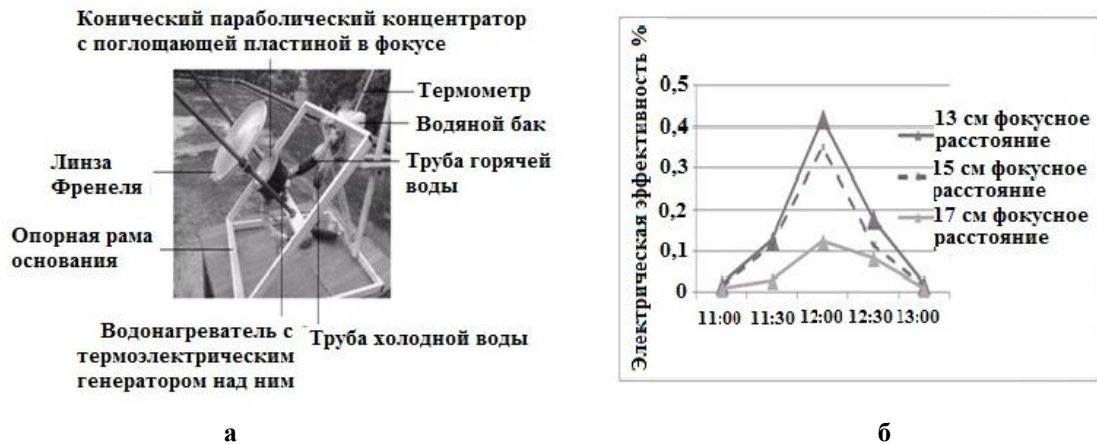


Рис. 1. а – экспериментальная установка солнечного термоэлектрического генератора с двухступенчатым концентратором, б – изменение электрической эффективности солнечного термоэлектрического генератора для всех фокусных расстояний.

Термоэлектрический генератор представляет собой твердотельное устройство, которое преобразует тепловую энергию в электрическую энергию под действием эффекта Зеебека. Следствием этого эффекта является выходное напряжение, которое определяется уравнением 1 [11]

$$V = n\alpha(T_h - T_c), \quad (1)$$

где n – число термопар термоэлектрического генератора, а для термоэлектрического генератора теллурида висмута ТЭГ-12706 его значение равно 127. T_h и T_c – температуры горячей и холодной сторон термоэлектрического генератора, α является коэффициентом Зеебека и вычисляется по уравнению 2 [10]

$$\alpha = \alpha_p - \alpha_n. \quad (2)$$

В уравнении 2 α_p и α_n являются коэффициентами Зеебека для термоэлектрических материалов теллурида висмута р-типа и n-типа и их значения составляют 140 мкВ/К и -225 мкВ/К [11] соответственно. Полученный коэффициент Зеебека термоэлектрического генератора равен 365 мкВ/К. Электрическая мощность, вырабатываемая термоэлектрическим генератором, определяется уравнением 3:

$$P = I \cdot V = \left(\frac{V}{R_L} \right) \cdot V = \frac{V^2}{R_L}, \quad (3)$$

где V – напряжение разомкнутой цепи, а R_L – сопротивление нагрузки

Электрический КПД системы вычисляется из уравнения 4 [10]:

$$\eta_e = \frac{P}{Q_{in}}, \quad (4)$$

где P – выходная мощность, а Q_{in} – суммарный подвод тепла к пластине абсорбера.

Общий КПД системы представляет собой сумму электрических и тепловых КПД и определяется уравнением 5 [10]:

$$\eta_o = \eta_e + \eta_t . \quad (5)$$

Повышение солнечной радиации увеличивает разницу температур между горячей и холодной сторонами ТЭГ. Большая разница температуры приводит к увеличению напряжения выработки и электрической мощности. На рис. 1б показано изменение электрической мощности для всех фокусных расстояний. Солнечное излучение нагревает пластину поглотителя и за счет контакта нагревается также горячая сторона термоэлектрического генератора. Из-за разницы температур между горячей и холодной сторонами термоэлектрического генератора генерируется напряжение. После этого, из-за уменьшения солнечной радиации, напряжение также уменьшается. Электрическая мощность зависит от напряжения. Более высокое напряжение приводит к более высокой мощности. Среди всех фокусных расстояний объектива Френеля максимальная мощность составила 0.069 Вт, достигаемая при фокусном расстоянии 13 см в 12 ч. Электрическая эффективность зависит от выходной электрической мощности. На рис.1б показано сравнение изменения электрической эффективности для всех трех фокусных расстояний объектива Френеля. Максимальная электрическая эффективность была получена для фокусного расстояния 13 см в 12 часов дня и ее значение составило 0.421 % , а минимальная – 0.126 % для фокусного расстояния 17 см.

С увеличением времени тепловая энергия накапливается в водонагревателе и действует как источник тепла под действием тепловой инерции коллектора. Небольшая разница между температурой горячей воды и окружающей среды приводит к явлению тепловой инерции. Тепловая инерция и малый массовый расход приводят к повышению температуры воды даже после пикового солнечного часа, а максимальная разница температур между горячей и холодной водой наблюдается для фокусного расстояния 13 см в 13 часов.

Тепловая эффективность зависит от разницы температур между горячей и холодной водой. На рис. 2а показано сравнение изменения тепловой эффективности для всех трех фокусных расстояний линзы Френеля. Максимальная тепловая эффективность была получена в 13 часов дня для фокусного расстояния 13 см и ее значение составило 54.34 % , а минимальное значение – 45.12 % для фокусного расстояния 17 см.

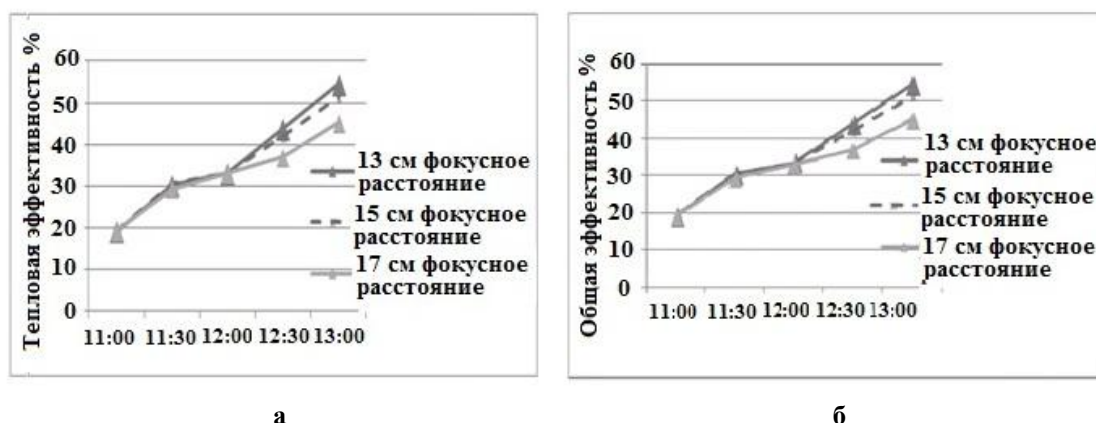


Рис. 2. а – изменение тепловой эффективности солнечного термоэлектрического генератора для всех фокусных расстояний, б – общая эффективность солнечного термоэлектрического генератора для всех фокусных расстояний.

Общая эффективность системы представляет собой сумму электрической и тепловой эффективности. Более высокие значения электрической и тепловой эффективности приводят к более высокому значению общей эффективности системы. Сравнение общей эффективности всех трех фокусных расстояний показано на рис. 2б. Максимальная общая эффективность системы получена для фокусного расстояния 13 см и ее значение составляет 54.36%, а минимальное значение – 45.13% для фокусного расстояния 17 см.

Таким образом показано, что максимальный электрический, тепловой и суммарный КПД исследованной системы составил 0.421%, 54.31% и 54.36% для фокусного расстояния 13 см линзы Френеля. Установлено, что фокусное расстояние линзы Френеля 13 см является более эффективным, чем фокусное расстояние 15 см и 17 см. Показано, что максимальная мощность однокаскадного параболического дифракционного термоэлектрического генератора составляет 0.013 Вт, что в 5 раз меньше максимальной мощности 0.069 Вт, полученной при использовании двухкаскадных концентраторов, а следовательно, использование двухступенчатых концентраторов увеличивает коэффициент концентрации и получаемую мощность термоэлектрического генератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goldsmid H. J. et al. Solar Thermoelectric Generation Using Bismuth Telluride Alloys. – Solar Energy, 1979, v.4, pp. 435-440.
2. Ozollapins M., Kakitis A. Thermoelectric Generators as Alternative Energy Source in Heating Systems. – Engineering for Rural Development, 2012, pp. 673-677.
3. Dee S. et al. Concentrated Solar Thermal Thermoelectric Power Generation under Natural and Forced Convection Cooling. – Pertanika Journal of Science and Technology, 2017, v.25, pp. 123-132.
4. Eswaramoorthy M. et al. Experimental Study on Solar Parabolic Dish Thermoelectric Generator. – International Journal of Energy Engineering, 2013, v.3, pp. 62-66.

5. Muthu G. and Venkatesan A. Numerical Energy Analysis of Solar Parabolic Dish Thermoelectric generator. – International Journal of Advanced Research in Management, Architecture, Technology and Engineering, 2017, v.3, pp. 54-56.
6. Date A. et al. Theoretical and experimental study on heat pipe cooled thermoelectric generators with water heating using concentrated solar thermal energy. – Solar Energy, 2014, v.105, pp. 656-668.
7. Shanmugam S., Eswaramoorthy M. and Veerappan A.R. Mathematical Modeling of Thermoelectric Generator Driven by Solar Parabolic Dish Collector. – Applied Solar Energy, 2011, v.47, № 1, pp. 31-35.
8. Yu J. and Zhao H. A numerical model for thermoelectric generator with the parallel-plate heat exchanger. – Journal of Power Sources, 2007, v.172, pp. 428-434.
9. Ahiska R. and Mamur H. A review: Thermoelectric generators in renewable energy. – International Journal of Renewable Energy Research, 2014, v.4, № 1, pp. 128-136.
10. Highpurity-metals.com, “BiTe Material Thermoelectric Cooler Peltier Tec Module 60W For Cooling TEC 12706,” 2019. [Online]. Available: <http://www.highpurity-metals.com/sale-10192413-bite-material-thermoelectric-cooler-peltier-tec-module-60w-for-cooling-tec-12706.html>. [Accessed: 11-Feb-2019].
11. Eswaramoorthy M. et al. Experimental Study on Solar Parabolic Dish Thermoelectric Generator. – International Journal of Energy Engineering, 2013, v.3, pp. 62-66.

A.ТОФИК, С.М.АХМАД, Х.С.КАРИМОВ, Н.Р.ЮМАЕВ*, Ҳ.М.АХМЕДОВ*

ТАҲҚИҚИ ГЕНЕРАТОРИ ТЕРМОЭЛЕКТРИКИИ ОҒТОБӢ БО КОНСЕНТРАТОРИ ДУЗИНАГӢ

Институти илмҳои амалӣ ва технологияи нави ба номи Ғулом Исҳоқ Хон, Покистон,

**Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави*

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Генератори термоэлектрикии оғтобӣ бо концентратори дузинагӣ таҳқиқ карда шудааст. Ба сифати генератори термоэлектрикӣ, генераторе, ки аз теллуриди висмут бо тамғаи TEC – 12706 сохта шудааст истифода гардидааст.

Нишон дода шудааст, ки коэффисиенти таъсири фоиданокии электрикии генератор ба 0,421%, гармӣ ба 54.34% ва самаранокии умумии генератор барои Линзаи Френел бо масоҳати фокусии 13см 54.76%-ро ташкил дода, тавоноии максималии генератори термоэлектрикии оғтобӣ бо концентратори дузинагӣ нисбат ба якзинагӣ 5 маротиба зиёд буда ба 0.069 Вт баробар аст.

Калимаҳои калидӣ: концентратори дузинагӣ, самаранокӣ, линзаи Френел, масофати фокусӣ, генератори термоэлектрикӣ, эффекти Зеебек, тавоноии термоэлектрикӣ ва гармӣ.

A.TOFIK, S.M.AHMAD, KH.S.KARIMOV, N.R.YUMAEV*, KH.M.AKHMEDOV*

**RESEARCH OF SOLAR THERMOELECTRIC GENERATOR
WITH TWO-STAGE CONCENTRATOR**

*Institute of Engineering Sciences and New Technologies
named after Ghulam Ishaq Khan, Pakistan*

**Center for the innovative development of science and new technologies,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

A solar thermoelectric generator with a two-stage concentrator (a conical parabolic concentrator and a Fresnel lens) is studied. A thermoelectric generator made of bismuth telluride (Bi₂Te₃) TEC-12706 (TEG) was used. Electrical efficiency was 0.421%, and thermal 54.34%. The total efficiency of the thermoelectric generator, which is the sum of the electrical and thermal efficiency, was 54.36% for a focal length of 13 cm. It was shown that the maximum power of a single-stage parabolic diffraction thermoelectric generator is 0.013 W, which is 5 times less than the maximum power of 0.069 W obtained using two-stage concentrators.

Key words: two-stage concentrator, efficiency, Fresnel lens, focal length, thermoelectric generator, Seebeck effect, electric and thermal power.

УДК 54-19

В.А.НОВОЖЕНОВ, И.Н.ГАНИЕВ*, С.В.МАКАРОВ

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ И
ТОНКИХ ПЛЕНОК НИОБИЯ С ГЕРМАНИЕМ**

**Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан,
Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия*

Поступила в редакцию 23.04.2020 г.

Методами дифференциального термического (ДТА), рентгенофазового (РФА) и энерго-дисперсионного анализов исследованы структура и свойства материалов на основе сплавов и тонких пленок ниобия с германием. Условия синтеза и температурные интервалы устойчивости к окислению определяли из данных ДТА. Исследование устойчивости пленок на воздухе проводили, выдерживая их при комнатной температуре в течение 1-3 месяцев и при нагревании при 100 и 250 °С в течение 2 часов. Фазовый состав сплавов устанавливали методом РФА. Рентгенофазовый анализ тонких пленок показал, что на поверхности подложки при осаждении из газовой фазы обычно осаждаются термодинамически наиболее устойчивые соединения в системе.

Ключевые слова: сплавы, тонкие пленки, интерметаллические соединения, фаза, поверхность.

Значительный интерес вызывают неорганические материалы в тонкопленочном состоянии, свойства которых отличаются от свойств компактных материалов. Особое внимание привлекают сверхпроводящие материалы, среди которых особенно интересными свойствами обладают соединения ниобия с германием. Интерметаллические соединения ниобия с германием имеют свойства сверхпроводников [1-6]. Однако сведений о свойствах сплавов на основе этих металлов, особенно в тонкопленочном исполнении недостаточно, свойства же тонких пленок на основе этих металлов и их сплавов практически не исследованы.

Для изучения условий взаимодействия ниобия с германием использовали метод термического анализа. На Q-дерииватографе были сняты термограммы нагрева смесей ме-

Адрес для корреспонденции: Ганиев Изатулло Наврузович, 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан, E-mail: ganiev48@mail.ru

таллов при различных соотношениях компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах.

На термограммах взаимодействия ниобия с германием наблюдается начало экзотермического эффекта при 675-715 °С и 880 °С, соответствующие взаимодействию ниобия с германием (табл. 1).

Таблица 1

Результаты исследования взаимодействия ниобия с германием

Система	Температура максимума пика, °С	Вид эффекта	Соответствие эффекта
Nb-Ge	675-715	Экзо-	Взаимодействие
	880	Экзо-	Взаимодействие

Сплавы и интерметаллические соединения ниобия с германием были синтезированы, используя данные термограмм нагрева смесей металлов, сплавлением компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах при температурах выше 800 °С, затем смеси размалывали, прессовали и окончательно спекали при 1100-1200 °С. Время спекания колебалось от 50 до 100 часов. Состав сплавов устанавливали химическим анализом.

Тонкие пленки были получены вакуумтермическим методом [7] на установке «ВУП-5» осаждением германия и сплавов системы Nb-Ge на кремниевые, стеклянные и ниобиевые подложки. Фотография пленки ниобия с германием на поверхности кремния приведена на рис. 1.

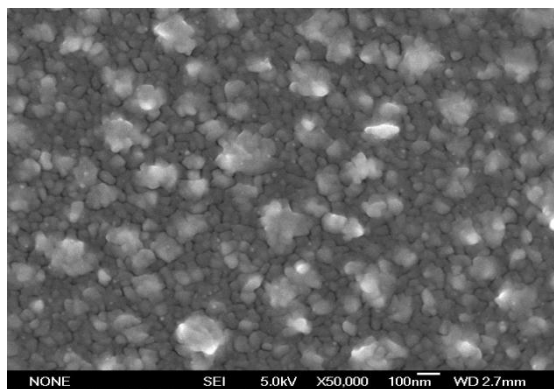
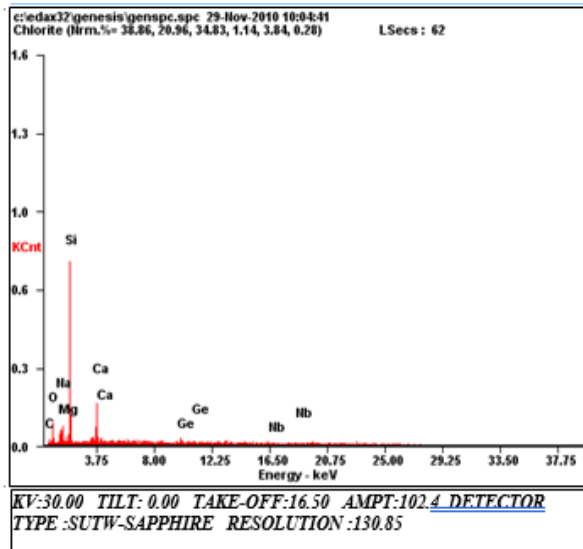


Рис. 1. Фотография напыленного сплава Nb-Ge в соотношении компонентов 3:1 на кремниевой подложке.

Стекла подвергали предварительной обработке в горячем растворе хромовой смеси ($T = 70$ °С), затем промывали бидистиллированной водой, абсолютным спиртом и просушивали при комнатной температуре.

Ниобиевые подложки после механической полировки помещались в раствор из концентрированных плавиковой и серной кислот. Соотношение кислот 1:9 соответственно. Далее подложки подвергали электролитической полировке под напряжением 9 В с графитовым катодом в течение 15 минут.

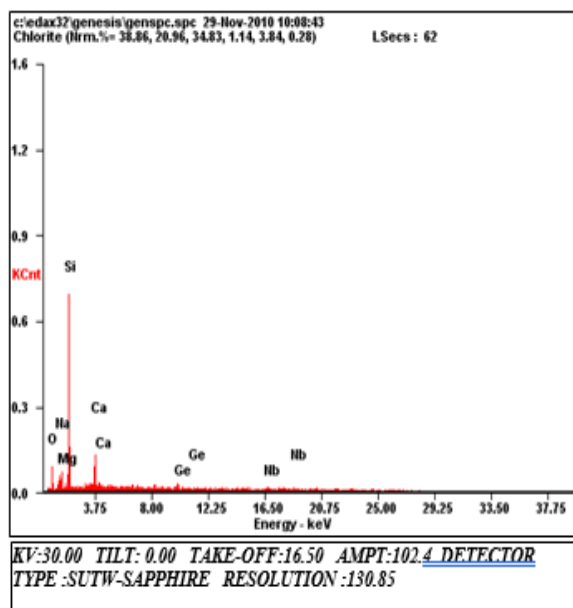
Энергодисперсионный анализ, проведенный с помощью JEOL-JSM 6700 F на установке Bruker, показал, что, несмотря на большую разницу в упругости паров ниобия и германия, на стеклянной подложке присутствует и ниобий (рис. 2, 3).



Element	Wt %	At %
CK	18.56	30.72
OK	28.08	34.89
NaK	06.77	05.85
MgK	03.37	02.75
SiK	29.76	21.06
CaK	05.93	02.94
GeK	03.01	00.83
NbK	04.52	00.97

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Рис. 2. Энергодисперсионный спектр пленки ниобия с германием на стеклянной подложке при соотношении ниобия и германия 1:1.



Element	Wt %	At %
OK	30.21	46.45
NaK	07.83	08.38
MgK	04.81	04.87
SiK	36.33	31.82
CaK	07.81	04.79
GeK	03.32	01.12
NbK	09.69	02.57

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Рис. 3. Энергодисперсионный спектр пленки ниобия с германием на стеклянной подложке при соотношении ниобия и германия 3:1.

Взаимодействие паров германия с поверхностью ниобия происходило при температуре 100-120°C.

Рентгенофазовый анализ проводили на установке Shimadzu при условиях съемки с CuK_α ($\lambda=1,54718$ нм) излучением со скоростью углового перемещения образца 2 град/мин. Дифрактограммы тонких пленок на поверхности кремниевых пластин снимали на дифрактометре DRON-3М с CuK_α .

Рентгенографические исследования показали, что на поверхности подложки образуются металлиды близкие по структуре к металлидам Nb_3Ge и Nb_5Ge_3 , наиболее устойчивым в системе Nb-Ge [8, 9]. Рентгенограммы тонких пленок и интерметаллических соединений германия приведены в табл. 2, 3 и рис. 4. Рентгенограммы металлидов взяты из картотеки JCPDS. Как видно из таблиц рентгенограммы пленок близки к рентгенограммам интерметаллидов Nb_5Ge_3 и Nb_3Ge наиболее устойчивых в данных системах. При осаждении из газовой фазы обычно осаждаются термодинамически наиболее устойчивые соединения в системе.

Таблица 2

Рентгенограмма металлида Nb_3Ge [x]

d. °А	I/I ₁	h	k	l	d. °А	I/I ₁	h	k	l
3.6460	2	1	1	0	1.1230	12	4	2	1
2.5780	40	2	0	0	1.0970	3	3	3	2
2.3050	100	2	1	0	0.95530	9	5	2	0
2.1050	55	2	1	1	0.93920	6	5	2	1
1.4860	6	2	2	2	0.90960	6	4	4	0
1.4280	16	3	2	0	0.85730	3	6	0	0
1.3760	20	3	2	1	84570	5	6	1	0
1.2880	14	4	0	0	0.83460	8	6	1	1
1.1510	5	4	2	0					

Исследование устойчивости пленок на воздухе исследовали, выдерживая их при комнатной температуре в течение 1-3 месяцев и при нагревании при 100 и 250 °С в течение 2 часов при каждой температуре.

Таблица 3

Данные рентгенофазового анализа сплавов ниобия с германием, напыленного на ниобиевую подложку

№	Образец № 1 (соотношение Nb и Ge1:2)			Образец № 2 (соотношение Nb и Ge1:1)		
	d. Å	I, %	Фаза	d. Å	I, %	Фаза
1	1.23247	100	Nb_5Ge_3	1.2362	100	Nb_5Ge_3
2	2.34564	12	Nb	2.34578	18	Nb

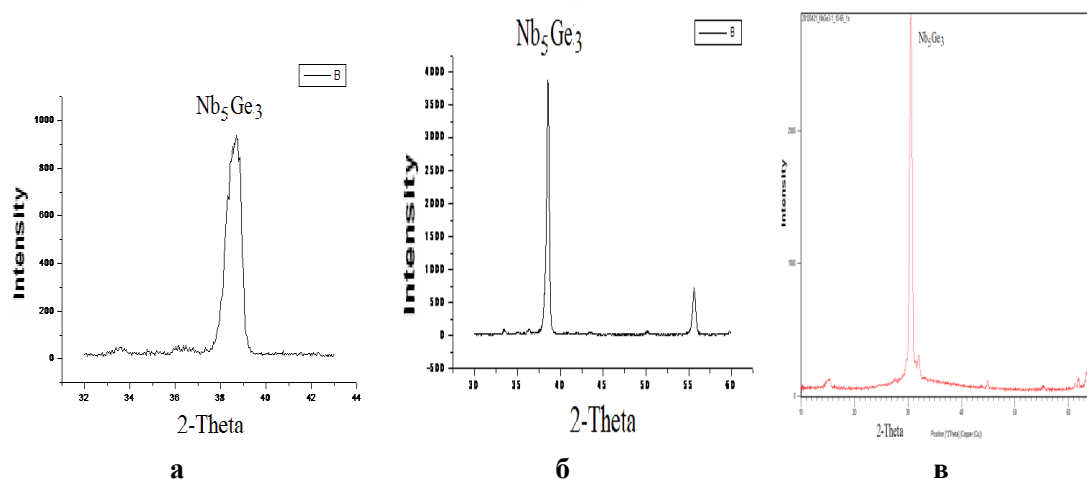


Рис. 4. Рентгенограмма пленок, полученных при напылении сплавов ниобия с германием: а – при соотношении компонентов 1:2, б – при соотношении компонентов 1:1, в – рентгенограмма тонкой пленки ниобия с германием на поверхности кремния.

Исследование рельефа поверхности с помощью атомно-силового микроскопа показало, что поверхность пленок остается неизменной при выдержке при нормальной температуре до 3 месяцев (рис. 5). При нагревании до 100 °С пленки германия с ниобием достаточно устойчивы. При выдержке при температуре 250 °С пленки начинают интенсивно окисляться.

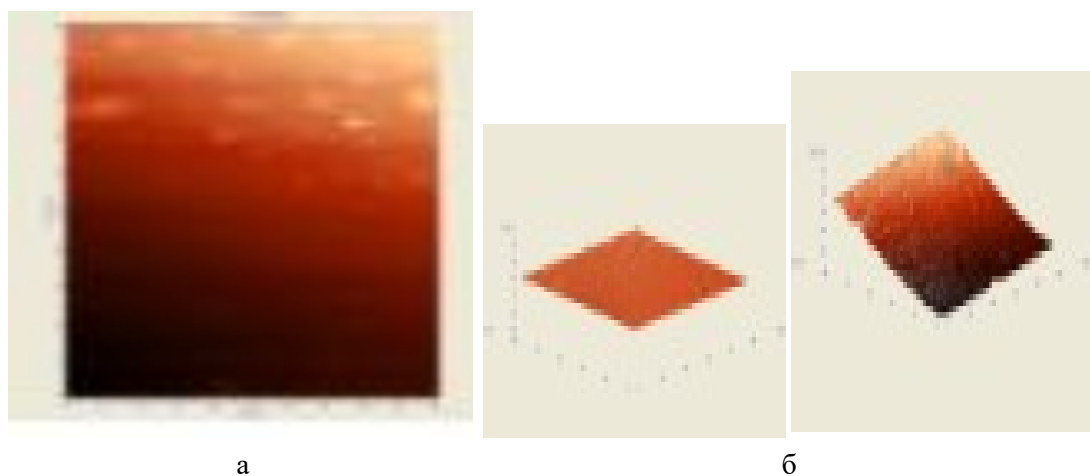


Рис. 5. Рельеф поверхности тонких пленок ниобия с германием: а – 2d-проекция пленки Nb-Ge (1 месяц хранения); б – 3d-проекция пленки Nb-Ge (выдержанной при 250 °С).

Электрическое сопротивление пленок исследовали с помощью четырехзондового метода. Полученные результаты по электросопротивлению тонких пленок металлидов германия на стеклянной подложке приведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики тонких пленок ниобия, германия и пленок на основе
интерметаллических соединений ниобия с германием

Состав плёнок	Толщина, г/см ²	Сопротивление, Ом·см·10 ⁻⁶
Ge (пленка)	1.2×10^{-5}	30
Nb (пленка)	0.9×10^{-5}	15
Nb – Ge	1.3×10^{-5}	18
Nb – Ge	1.3×10^{-5}	17
Nb (металл)		15.2 [7]
Ge (металлич.)		~47 Ом·см
Металлид Nb ₅ Ge ₃	Поликристаллический образец	$\rho = 1.90(30) \cdot 10^{-4}$ Ом·м [xx]
Металлид NbGe ₂	Поликристаллический образец	$\rho = 8.0(10) \cdot 10^{-6}$ Ом·м [Z4]
Металлид NbGe ₂		$\rho = 6.0(15) \cdot 10^{-6}$ Ом·м [Z5]
Металлид Nb ₃ Ge T=22 К	Поликристаллические пленки, 50 (А), 38 (В) and 32 (С) μm толщины. Примесь 10-15 масс.% Nb ₅ Ge ₃	$\rho = 3.2 \cdot 10^{-7}$ Ом·м [y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 300 К	Поликристаллические пленки, 50 (А), 38 (В) and 32 (С) μm толщины. Примесь 10-15 масс.% Nb ₅ Ge ₃	$\rho = 9.0 \cdot 10^{-7}$ Ом·м [y]
Nb _{3,32} Ge _{0,68} T=5 К	Поликристаллическая проба Примесь: 10 % Nb ₅ Ge ₃	$\rho = 3.59 \cdot 10^{-7}$ Ом·м [yy]
Nb _{3,32} Ge _{0,68} T=298 К	Поликристаллическая проба Примесь 10 % Nb ₅ Ge ₃	$\rho = 6.4(5) \cdot 10^{-5}$ Ом·м [2y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 0 К	Поликристалл, пленка, 800 нм толщиной	$\rho = 5.70 \cdot 10^{-7}$ Ом·м [3y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 22 К	Поликристаллические слои ~250 нм тощины	$\rho = 4 \cdot 10^{-7}$ Ом·м [4y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 920 К	Поликристаллический образец, куски 2×2×10 мм ³	$1.33 \cdot 10^{-6}$ Ом·м [5y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 7 К	Эпитаксиальные поликристаллические слои с кристаллитами, 0.01-0.1 mm размера	$\rho = 2 \cdot 10^{-6}$ Ом·м [6y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 300 К	Пленки на глиноземных подложках	$9.0 \cdot 10^{-7}$ Ом·м [7y]
Металлид Nb ₃ Ge T= 298 К	Поликристаллический образец	$\rho = 1.70(3) \cdot 10^{-6}$ Ом·м [8y]

ЛИТЕРАТУРА

1. Paduani C. Electronic structure and Fermi surfaces of the superconductive A₃B compounds: A=V, Nb; B=Ga, Ge and Sn. – Solid State Commun, 149, 2009, pp. 1269-1273.
2. Kloska M., Haase E.L. On the existence of the hexagonal Nb₃Ge₂ phase. – J. Less-Common Met, 99, 1984, pp. 241-248.
3. Remeika J.P., Cooper A.S., Fisk Z., Johnston D.C. Superconductivity of single-crystal NbGe₂. – J. Less-Common Met, 62, 1978, pp. 211-213.
4. Ghosh A.K., Douglass D.H. Unexplained Superconductivity in the Metallic-Semiconducting NbGe₂-Ge System. – Phys. Rev. Lett., 37, 1976, pp. 32-36.

5. Ferdeghini C., Putti M., Siri A.S., Ferretti M., Masini R. Electronic and phononic thermal conductivity of A15 polycrystalline superconductors. – J. Less-Common Met., 154, 1989, pp. 187-193.
6. Paduani C. Electronic structure and Fermi surfaces of the superconductive A3B compounds A=V, Nb; B=Ga, Ge and Sn. – Solid State Commun., 149 (31-32), 2009, pp. 1269-1273.
7. Okamoto H. Ge-Nb (Germanium-Niobium). J. Phase Equilib. Diffus., 33 (3), 2012, pp. 250-251.
8. Papadimitriou Ioannis Utton Claire Tsakiroopoulos Panos On the Nb-Ge Binary System. – Metall. Mater. Trans. A, 46 (12), 2015, pp. 5526-5536.
9. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. – М.: Недра, 1966, т. 2, 360 с.

V.A.NOVOZHENOV, I.N.GANIEV*, S.V.MAKAROV

СТРУКТУРА ВА ХОСИЯТҲОИ МАВОДҲО ДАР АСОСИ ХҶЛАҲО ВА РУЙПҶШИ ТУНУКИ НИОБИЙ ВА ГЕРМАНИЙ

**Институти кимия ба номи В.И.Никитин Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Донишгоҳи давлатии Алтай, Барнаул, Россия*

Бо усулҳои таҳлили дифференсиалӣ термикӣ (ДТА), рентенофазавӣ (РФА) ва энергодисперсионӣ сохтор ва хосиятҳои маводҳо дар асоси ҳулаҳо ва руйпӯшҳои необий бо германий, омӯхта шудааст. Аз рӯи таҳлили ДТА шартҳои ҳосилкунӣ ва ҳудуди температураи устуворӣ ба оксидшавӣ, муайян карда шудааст. Омӯзиши устувориҳои руйпӯшҳо дар ҳаво бо нигоҳдории онҳо дар ҳарорати хона дар давоми 1-3 соат ва ҳангоми гармкунӣ дар 100 ва 250 °C дар давоми 2 соат, омӯхта шудааст. Таркиби фазавии ҳулаҳо бо усули РФА муайян карда шудааст. Таҳлили РФА нишон дод, ки дар сатҳи руйпӯш ҳангоми тақшонкунӣ аз фазаи газӣ одатан пайвастагиҳои термодинамики устувори система ҷой дорад.

Калимаҳои калидӣ: ҳулаҳо, руйпӯши тунук, пайвастагиҳои интерметаллидӣ, фаза, сатҳ.

V.A.NOVOZHENOV, I.N.GANIEV*, S.V.MAKAROV

THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE MATERIALS ON THE BASE NIOBIUM AND GERMANIUM ALLOYS AND THIN FILMS

**Institute of Chemistry named after V.I.Nikitina,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Altai State University, Barnaul, Russia*

Using the methods of differential thermal (DTA), X-ray phase and energy dispersive analyzes, the structure and properties of materials based on alloys and thin films of niobium with germanium are studied. The synthesis conditions and temperature ranges of oxidation stability were determined from DTA data. The stability of the films in air was studied, keeping them at room temperature for 1-3 months and when heated at 100 and 250 °C for 2 hours. The phase composition of the alloys was determined by the XRD method. X-ray phase analysis of thin films showed that the thermodynamically most stable compounds in the system are usually deposited on the surface of the substrate during deposition from the gas phase.

Key words: alloys, thin films, intermetallic compounds, phase, surface.

УДК 669.76+542.943

П.Р.ИБРОХИМОВ, И.Н.ГАНИЕВ, Ф.А.РАХИМОВ, З.Р.ОБИДОВ

**КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$,
ЛЕГИРОВАННОГО МОЛИБДЕНОМ, В ТВЁРДОМ СОСТОЯНИИ**

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

Поступила в редакцию 21.02.2020 г.

Термогравиметрическим методом исследовано взаимодействие сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного молибденом, с кислородом воздуха в интервале температур 523-623 К, в твёрдом состоянии. Определены кинетические параметры процесса высокотемпературного окисления сплавов. Показано, что добавки молибдена в пределах 0.01-0.1 мас.% несколько уменьшают окисляемость исходного сплава, а продуктами окисления сплавов являются оксиды ZnO , Al_2O_3 , MoO_3 , $ZnO \cdot MoO_3$.

Ключевые слова: сплав $Zn_{0.5}Al$, молибден, термогравиметрический метод, высокотемпературное окисление, скорость окисления, энергия активации.

Вопросы взаимодействия металлических сплавов с газообразными и различными агрессивными средами при высоких температурах являются ключевыми в современном материаловедении.

Цинк наиболее часто используется в электрохимических производствах металлопокрытий. Примерно половина производимого от мировых запасов цинка расходуется для защиты металлоконструкций [1, 2].

Сплавы цинка с алюминием используются как анодные материалы для защиты от коррозии стальных изделий, конструкций и сооружений. Известно, что для защиты стали от коррозии разработано несколько типов $Zn-Al$ протекторов [3-5] и покрытий [6-11].

Исследование влияния температуры и химического состава на кинетику окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ с молибденом, в твёрдом состоянии, проводили методом термогравиметрии с непрерывным взвешиванием образцов на воздухе по методике, описанной в работах [12-14].

Адрес для корреспонденции: Иброхимов Пайрав Рустамович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Термогравиметрическое исследование кинетики окисления сплавов системы Zn0.5Al-Mo проводилось при температурах 523, 573 и 623К. Взаимодействие сплава Zn0.5Al с молибденом различной концентрации с кислородом газовой фазы при исследованных температурах значительно отличается от окисления исходного сплава Zn0.5Al. Линейная зависимость сохраняется в течение 12-15 мин, далее по мере образования оксидной плёнки характер окислительного процесса переходит в гиперболический и формирование защитной оксидной поверхности заканчивается к 30 мин (рис. 1, 2).

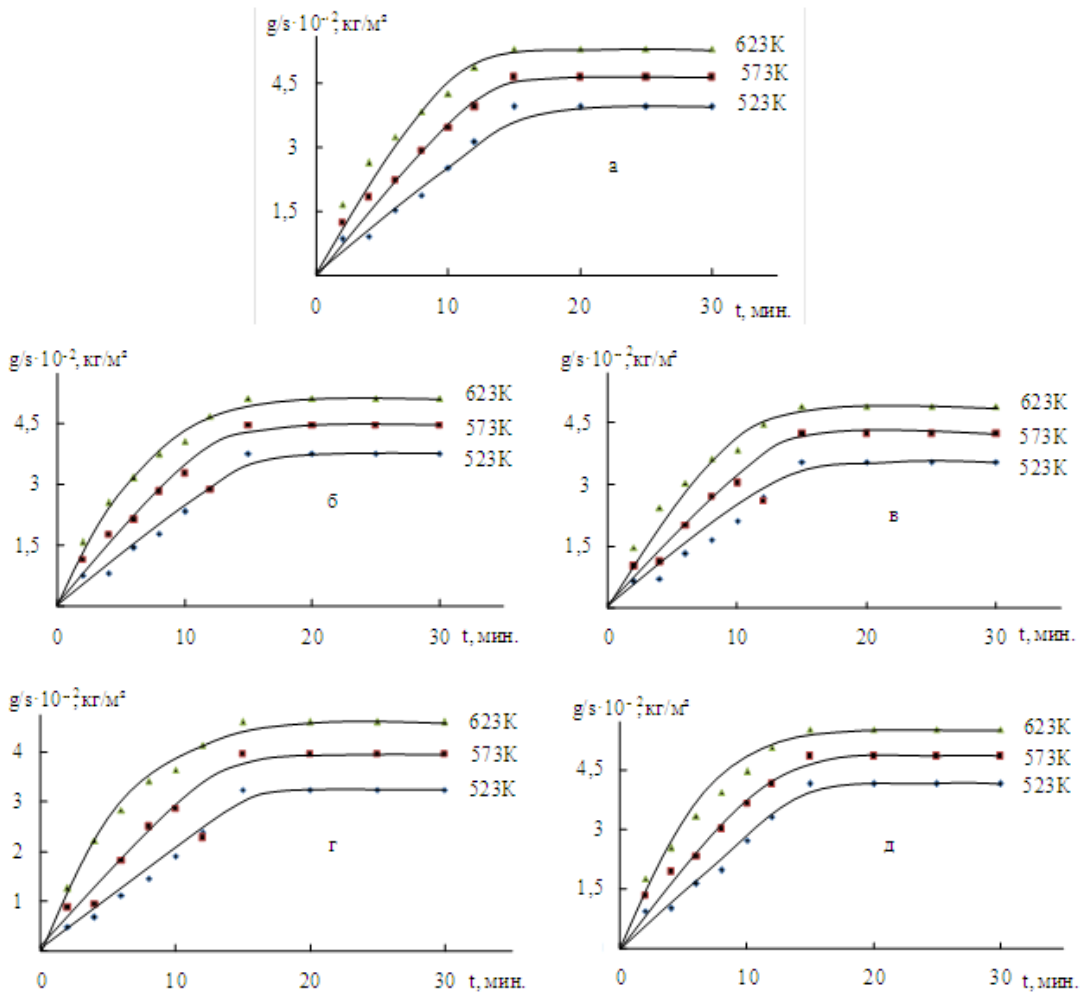


Рис. 1. Кинетические кривые процесса окисления сплава Zn0.5Al(а), легированного молибденом, мас. %: 0.01(б); 0.05(в); 0.1(г); 0.5(д).

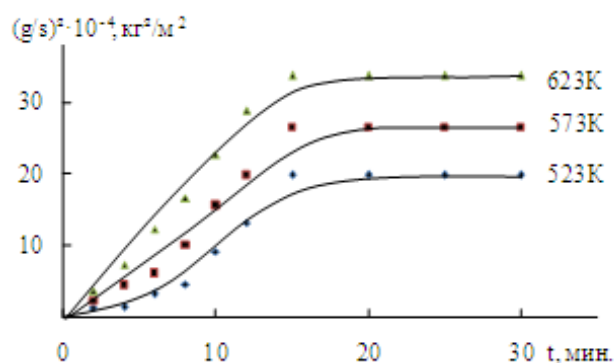


Рис. 2. Квадратичные кинетические кривые процесса высокотемпературного окисления сплава Zn0.5Al, содержащего 1.0 мас.% молибдена.

Легирование сплава Zn0.5Al молибденом (в диапазоне 0.01-0.1 мас.%) способствует некоторому уменьшению истинной скорости окисления. Добавка более 0.5 мас.% молибдена нецелесообразна, так как приводит к повышению скорости окисления и, соответственно, уменьшению энергии активации окисления исходного сплава. Эффективная энергия активации процесса окисления исследованных сплавов изменяется от 168.4 до 148.6 кДж/моль (табл. 1).

Таблица 1

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава Zn0.5Al, легированного молибденом, в твёрдом состоянии

Содержание молибдена в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $K \cdot 10^{-4}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Эффективная энергия активации окисления, кДж/моль
-	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01	523	3.10	175.2
	573	3.24	
	623	3.54	
0.05	523	2.93	178.7
	573	3.04	
	623	3.30	
0.1	523	2.57	183.5
	573	2.85	
	623	3.03	
0.5	523	3.86	160.3
	573	3.98	
	623	4.47	
1.0	523	4.15	148.6
	573	4.48	
	623	4.95	

Высокотемпературное окисление исследованных сплавов кислородом газовой фазы подчиняется гиперболическому закону, что видно из кривых зависимостей $(g/s)^2-t$

(рис. 2), которые не укладываются на прямые линии, а также из аналитических зависимостей $y = Kt^n$, где $n = 2 \div 4$ (табл. 2).

Таблица 2

Результаты математической обработки кинетических кривых процесса окисления сплава Zn0.5Al, легированного молибденом, в твёрдом состоянии

Содержание молибдена в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Полиномы кривых окисления сплавов	Степень достоверности аппроксимации R^2 , %
-	523	$y = -0.000x^4 - 0.000x^3 + 0.010x^2 - 0.176x$	0.987
	573	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.020x^2 - 0.471x$	0.985
	623	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.044x^2 - 0.786x$	0.981
1.0	523	$y = -0.001x^4 - 0.017x^3 + 0.333x^2 - 0.304x$	0.993
	573	$y = -0.000x^4 - 0.019x^3 + 0.342x^2 - 0.738x$	0.990
	623	$y = -0.000x^4 - 0.021x^3 + 0.353x^2 - 0.965x$	0.986

В координатах $\lg K-1/T$ кривые процесса высокотемпературного окисления представляются прямыми линиями (рис. 3), по углу наклона которых рассчитана эффективная энергия активации сплавов. Среди легированных сплавов минимальной скоростью окисления обладает сплав Zn0.5Al с 0.1 мас.% молибдена, что соответствует энергии активации 183.5 кДж/моль, в то время как значение последнего для исходного сплава Zn0.5Al равно 168.4 кДж/моль (табл. 2).

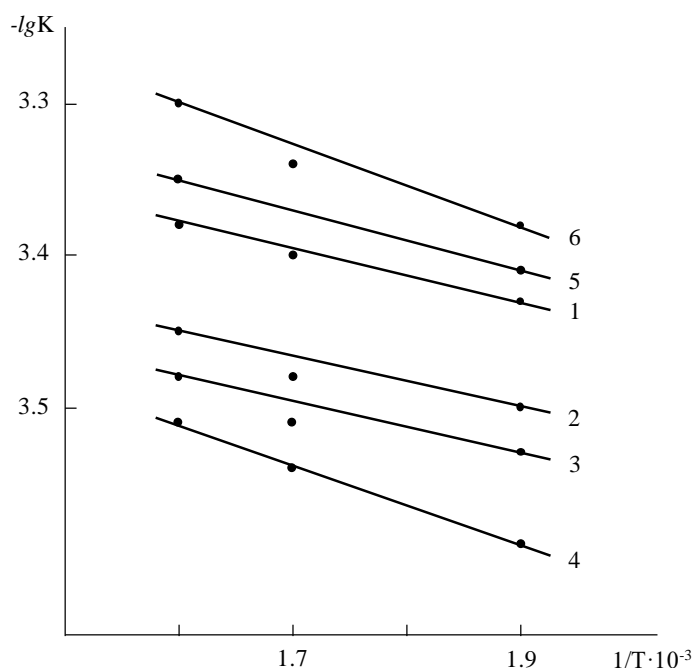


Рис. 3. Зависимость $\lg K$ от $1/T$ для сплава Zn0.5Al(1), легированного молибденом, мас. %: 0.01(2), 0.05(3), 0.1(4), 0.5(5), 1.0(6).

Кинетические кривые процесса высокотемпературного окисления сплавов системы Zn0.5Al-Mo характеризуются монотонным снижением истинной скорости окисления и повышением эффективной энергии активации при содержании легирующего компонента в исходном сплаве Zn0.5Al до 0.1 мас.%. Однако, добавки 0.5 и 1.0 мас.% молибдена несколько увеличивают окисляемость исходного сплава (рис. 4).

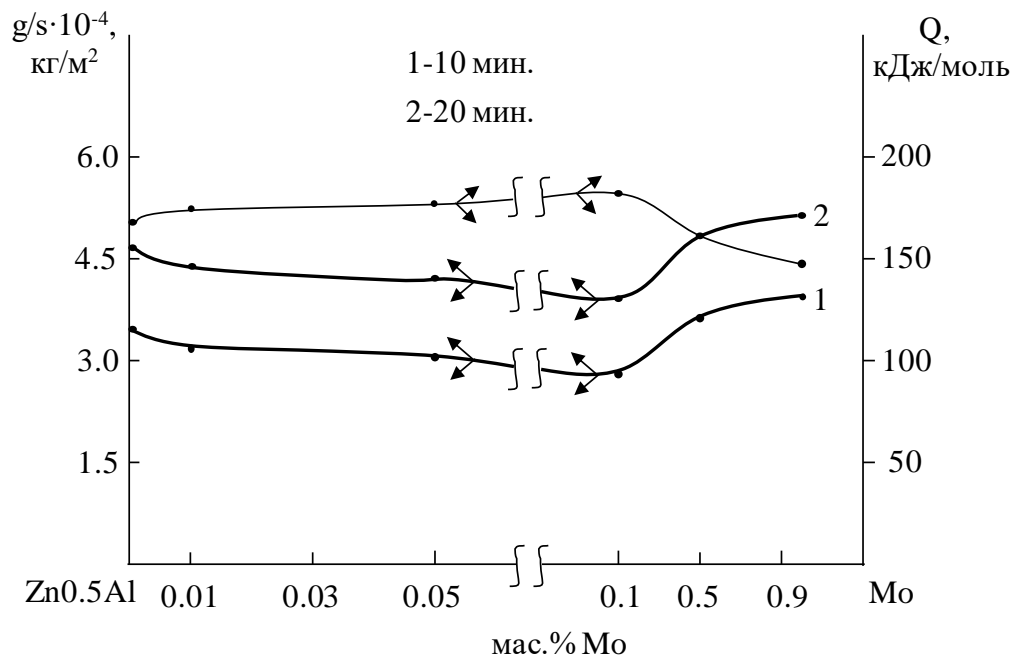


Рис. 4. Изохронны окисления (573К) сплава Zn0.5Al, легированного молибденом.

Исследуя продукты окисления сплавов, в частности оксидную плёнку, которая формируется при нагреве на поверхности образцов, можно получить важную информацию об их механизме окисления. Продукты окисления, образующиеся при окислении сплава Zn0.5Al, легированного молибденом, исследованы методом рентгенофазового анализа [15]. Видно, что продукты окисления сплава Zn0.5Al (рис. 5а) и легированного 0.1 мас.% молибденом сплава (рис. 5б) состоят из оксидов ZnO, Al₂O₃, MoO₃, ZnO·MoO₃ (рис. 5).

В целом, по данным экспериментальных исследований кинетики высокотемпературного окисления сплава Zn0.5Al, легированного молибденом, в твёрдом состоянии кислородом газовой фазы, установлено, что сплавы с 0.5 и 1.0 мас.% молибденом, по сравнению с низколегированными сплавами (0.01-0.1 мас.%), обладают наибольшим значением истинной скорости окисления и наименьшей величиной эффективной энергии активации. Выявлено, что легирующий компонент несколько уменьшает окисляемость сплава Zn0.5Al в пределах 0.01-0.1 мас.% молибдена.

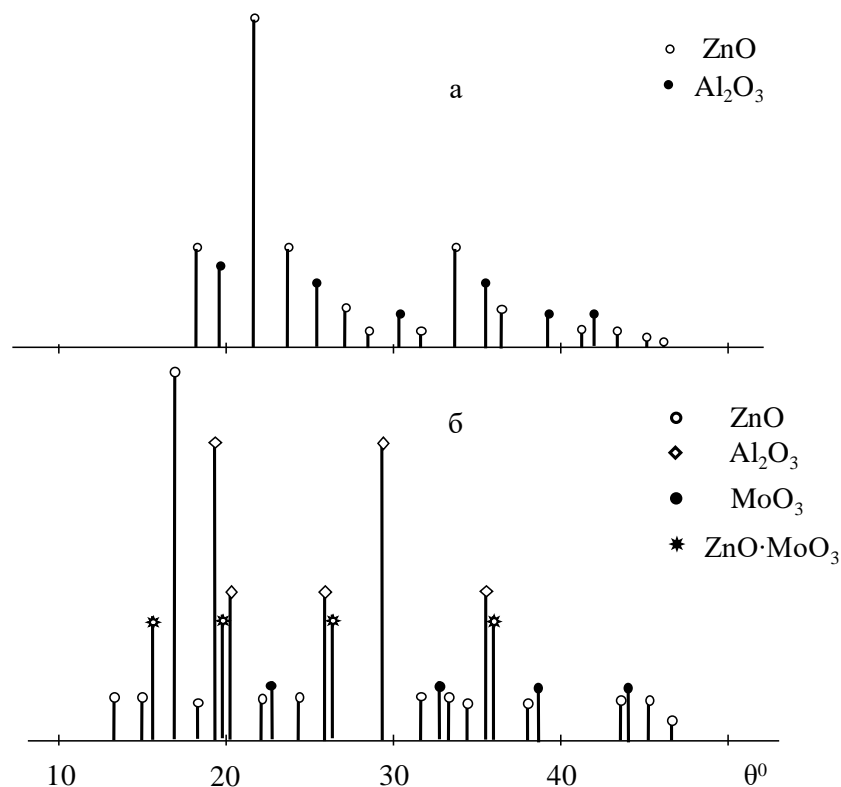


Рис. 5. Штрихдифрактограммы продуктов окисления сплава Zn0.5Al (а), содержащего 0.1 мас.% молибдена (б).

ЛИТЕРАТУРА

1. Виткин А.И., Тейндл И.И. Металлические покрытия листовой и полосовой стали. – М.: Металлургия, 1971, 493 с.
2. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. – М.: Металлургия, 1986, 247 с.
3. Алиханова С.Д., Ганиев И.Н., Обидов З.Р. Кинетика окисления сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированного неодимом. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н., 2012, № 3(148), с. 92-97.
4. Obidov Z.R. Anodic behavior and oxidation of strontium-doped Zn5Al and Zn55Al alloys. – Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2012, v. 48, № 3, pp. 352-355.
5. Одинаева Н.Б., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Амини Р.Н. Потенциодинамическое исследование сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием. – ДАН РТ, 2014, т. 57, № 8, с. 686-689.
6. Обидов З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных барием. – Известия СПбГТИ (ТУ), 2015, № 31(57), с. 51-54.
7. Амини Р.Н., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Ганиева Н.И. Анодное поведение сплава Zn55Al, легированного бериллием, в среде электролита NaCl. – ДАН РТ, 2010, т. 53, № 2, с. 131-134.
8. Obidov Z.R. Thermophysical properties and thermodynamic functions of the beryllium, magnesium and praseodymium alloyed Zn-55Al alloy. – High Temperature, 2017, v. 55, № 1, pp. 150-153.
9. Амини Р.Н., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Ганиева Н.И. Влияние добавок магния на анодное поведение сплава Zn55Al, в среде электролита NaCl. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н., 2009, № 4(137), с. 78-82.
10. Amini R.N., Irani M.B., Ganiev I.N., Obidov Z.R. Galfan I and Galfan II doped with calcium, corrosion resistant alloys. – Oriental Journal of Chemistry, 2014, v. 30, № 3, pp. 969-973.

11. Обидов З.Р. Влияние pH среды на анодное поведение сплава Zn5Al, легированного бериллием и магнием. – Известия СПбГТИ (ТУ), 2015, № 32(58), с. 52-55.
12. Amini R.N., Obidov Z.R., Ganiev I.N., Mohamad R.B. Potentiodynamical research of Zn-Al-Mg alloy system in the neutral ambience of NaCl electrolyte and influence of Mg on the structure. – Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology, 2012, v. 2, № 2, pp. 110-114.
13. Обидов З.Р. Влияние pH среды на анодное поведение сплава Zn55Al, легированного бериллием и магнием. – Журнал прикладной химии, 2015, т. 88, № 9, с. 1306-1312.
14. Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Физикохимия цинк-алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами. – Душанбе: ООО «Андалеб-Р», 2015, 334 с.
15. Васильев Е.К., Назмансов М.С. Качественный рентгеноструктурный анализ. – Новосибирск: Наука, 1986, 200 с.

П.Р.ИБРОҲИМОВ, И.Н.ҒАНИЕВ, Ф.А.РАҲИМОВ, З.Р.ОБИДОВ
**КИНЕТИКА И ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ Zn0.5Al, КИ БО МОЛИБДЕН
 ҶАВҲАРОНИДА ШУДААСТ, ДАР ҲОЛАТИ САХТ**

*Институти химияи ба номи В.И.Никитини
 Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти баҳамтаъсири хӯлаи Zn0.5Al, ки бо молибден ҷавҳаронида шудааст, бо оксигени ҳаво дар ҳудуди ҳарорати 523-623K, дар ҳолати сахт анҷом дода шудааст. Нишондиҳандаҳои кинетикии раванди оксидшавии баландҳарорати хӯлаҳо муайян карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои молибден дар ҳудуди 0.01-0.1%-и вазн оксидшавии хӯлаи аввалияро начандон кам менамоянд ва маҳсули оксидшавии хӯлаҳо ин оксидҳои ZnO, Al₂O₃, MoO₃ ва ZnO·MoO₃ мебошанд.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи Zn0.5Al, молибден, усули термогравиметрӣ, оксидшавии баландҳароратӣ, суръати оксидшавӣ, энергияи фаъол.

P.R.IBROHIMOV, I.N.GANIEV, F.A.RAHIMOV, Z.R.OBIDOV
**KINETIC OXIDATION OF Zn0.5Al ALLOY, DOPED WITH MOLYBDENUM,
 IN THE FIRM CONDITION**

V.I.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

By the thermo gravimetric method the interaction of Zn0.5Al alloy, doped with molybdenum, with air oxygen in an interval to temperature 523-623K in the firm condition was investigated. Kinetic parameters of process of high-temperature oxidation of alloys are defined. Showed, that additives of molybdenum within 0.01-0.1 wt.% slightly increase oxidability of an initial alloy, and products of oxidation of alloys are oxides ZnO, Al₂O₃, MoO₃, ZnO·MoO₃.

Key words: Zn0.5Al alloy, molybdenum, thermo gravimetric a method, high-temperature oxidation, speed of oxidation, energy of activation.

УДК 669.054:669.071

Ш.Х.РАДЖАБОВ, Р.Э.АСАЛОВ, А.С.ФАЙЗУЛЛАЕВ, И.ЭМОМОВ

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФЛЮСА
ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА**

Дангаринский государственный университет

Поступила в редакцию 10.03.2020 г.

В работе приведены результаты исследований по разработке инновационной технологии производства флюса из местного сырья и отходов производства для литейного производства алюминия. Найдены оптимальные параметры осуществления технологических процессов, проведен физико-химический анализ этих отходов и продуктов их переработки. На основе исследований, проведенных в лабораторных условиях, была разработана технологическая схема производства флюса ГУ «НИИМ» из отходов шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» и местного минералогического сырья флюорит «Такобского» месторождения.

Ключевые слова: инновационные технологии, флюс, литейное производство, фторсодержащее сырье, отходы, окружающая среда, шламовые поля, рафинирование алюминия, шлак, активные добавки, плавка, алюминиевый лом.

Флюс – вещество (чаще смесь) органического и неорганического происхождения, предназначенное для удаления оксидов с поверхности под пайку, снижения поверхностного натяжения, улучшения растекания жидкого припоя и/или защиты от действия окружающей среды.

В настоящее время научно-технические проблемы совершенствования существующих инновационных разработок и наукоемких технологий решаются за счет переработки промышленных отходов различных производств, а также уменьшения причиняемого ущерба окружающей среде твердыми, жидкими и газообразными отходами производства.

Адрес для корреспонденции: Раджабов Шухрат Холмуродович. 735320, Республика Таджикистан. Хатлонская область, г. Дангара, ул. Маркази, 25. Дангаринский государственный университет. E-mail: dddangara_2013@mail.ru, R.Shuhrat.Kh@mail.ru.



Рис. 1. Смесь флюса

В начале 21 века производство вторичных алюминиевых сплавов серийно производилось на крупных предприятиях стран СНГ.

Между тем, производство вторичного алюминия в силу меньших энергетических затрат и существенно меньших, чем при производстве первичного металла, выбросов вредных веществ в окружающую природную среду, будет возрастать. По прогнозам доля вторичного алюминия в общем потреблении к 2030 году может возрасти до 22 - 24 млн. т. в год [1].

Для достижения поставленных задач в области переплава алюминиевых ломов следует широко внедрять инновационные технологии по следующим направлениям:

1. На средних и крупных предприятиях внедрять переработку образующегося на предприятии алюминиевого шлака.
2. Совершенствовать технологию подготовки алюминиевого лома к плавке.
3. Снижать затраты на рафинирование от магния при производстве сплавов с $Mg < 0,1 \%$.
4. Совершенствовать технологии переработки ломов на высококачественные сплавы.
5. Широко внедрять в производство газовые ваннные печи с ведением форсированного режима плавки, снабжённых системой очистки от вредных выбросов.
6. Разрабатывать и внедрять технологии, снижающие потери металла во всех операциях техпроцесса.

Реализация этих рекомендаций позволит сократить объём шлаков за счёт удаления засора в ломе перед плавкой и, как следствие, сократить потери металла с ним [3].

Теоретические и экспериментальные исследования процессов плавки алюминиевого лома показывают, что для снижения потерь металла за счёт окисления, плавка должна протекать в режимах максимально возможного теплового потока от источника тепла к приёмнику. При плавке мелкого сыпучего шлака или шлакового концентрата этого можно

достичь путем подачи тепла в тонкий слой материала, а для резкого сокращения окисляемой поверхности металла (единичных капель металла) необходимо создать условия для их слияния: «мягкое» перемешивание в присутствии поверхностно активных добавок - расплавленных хлоридов и фторидов.

В настоящее время для удаления из сплавов избыточного магния используются, в основном, рафинирующие флюсы на основе хлоридов и фторидов калия, натрия и алюминия. Затраты на приобретение флюсов на некоторых, производящих высококачественные литейные сплавы, предприятиях существенны. Исследования проводились и с флюсом, который разработали авторы. Основу флюса составляет криолит с добавками солей натрия и калия. Разработанный флюс защищает металл от окисления и растворяет оксид алюминия, имеющийся на алюминии, способствуя плавлению лома и отходов в однородный состав. Исследования показали, что применяемые для переплава алюминиевых ломов флюсы должны удовлетворять следующим требованиям:

- температура плавления должна быть ниже температуры плавления алюминия (659°C);
- плотность должна быть ниже плотности жидкого алюминия (2,3 г/см³) не менее чем на 10%;
- флюс должен хорошо поглощать (растворять) оксид алюминия, очищая от него металл;
- межфазная энергия флюса на границе с алюминием должна быть достаточно большой, чтобы предотвратить запутывание капель металла во флюсе.

Всем этим требованиям отвечает разработанный авторами флюс [2].

Известно, что шламовые поля ОАО «Таджикхимпром» занимают полезные площади и загрязняют окружающую среду региона.

На 11 картах шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» накоплены сотни тысяч тонн отходов, в которых содержатся такие ценные сырьевые вещества, как хлориды кальция и натрия в пределах от 20 до 30 мас. %.

Содержание в них хлористых солей, в частности хлоридов кальция и натрия, позволяет повторно использовать их в качестве возвратного сырья для производства флюса. Поэтому изучение физико-химических и технологических основ комплексной переработки отходов шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» совместно с использованием минеральных фторсодержащих солей является актуальной задачей.

В литейном производстве ГУП «ТалКо» для рафинирования алюминия в данный момент используется флюс ГУ «НИИМ» собственного производства, а раньше использовался флюс ООО «Стройбис» ФПР-23.

Одним из основных недостатков этих флюсов является затруднение доставки сырьевых компонентов и высокая себестоимость продукта.

С целью устранения этих недостатков в 2016 году была поставлена задача по изучению возможности разработки новой рецептуры на основе местного минерального сырья и отходов промышленных предприятий Республики Таджикистан.

С этой целью со шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» РТ были отобраны пробы, которые после сушки и измельчения были смешаны с флюоритом (местным минералогическим сырьём) и фтористым натрием (со складов ГУП «ТалКо»). Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1

Таблица 1

Сводная таблица по изучению и составлению нового состава флюса с целью уменьшения себестоимость продукции

№ п/п	Состав смеси в мас. %.			Температура плавления, t °С
	Основная масса Хлорид натрия	Флюорит, CaF ₂	Фторид натрия, NaF	
1	70	20	10	850
2	70	15	15	710
3	70	10	20	710
4	60	30	10	750
5	60	20	20	720
6	60	10	30	710
7	50	40	10	730
8	50	30	20	720
9	50	20	30	710
10	50	10	40	715
11	40	50	10	860
12	40	40	20	720
13	40	30	30	830
14	40	20	40	720
15	40	10	50	740

На основании проведенных опытов были построены графические зависимости составной массы и определены точки ликвидуса. Результаты представлены на рис. 2.

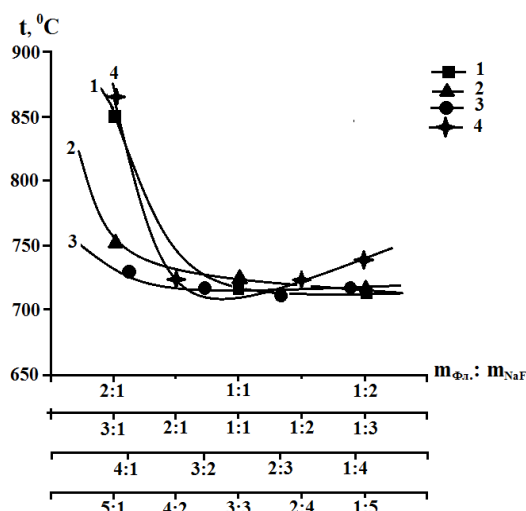


Рис. 2. Определение точек ликвидуса.

По результатам проведенных анализов и сравнения технологических показателей, используемых на предприятии флюсов: заводского, импортного ФПР-23 и ГУ «НИИМ» (табл. 1) следует, что по своим технологическим показателям флюс ГУ «НИИМ» превосходит заводской флюс и идентичен флюсу ФПР-23.

Таблица 2

Технологические показатели сравниваемых флюсов

Наименование флюса	Температура плавления флюса, °С	Удельный расход флюса, кг/т	Удельная масса шлака, кг/т	Содержание металла в шлаке, мас.%
Заводской	720	1.1	6.26	31.3
ФПР-23	690	0.96	5.60	27.9
ГУ «НИИМ»	700	0.96	8.3	29.1

Содержание алюминия в шлаке было определено в лаборатории ГУ «НИИМ» путем расплавления металла, содержащегося в шлаке, при температуре 750°С в течение 15 минут. Расплавленный металл отделяли от кека, очищали и взвешивали. По полученной массе алюминия рассчитали его процентное содержание в шлаке, которое составило 29.1 мас.%. Анализ содержания компонентов (табл. 2) в металле и кеке, выполненный сотрудниками ЦЗЛ ГУП «ТалКо», показал, что содержание алюминия в металле составляет 99.62 мас.%, а связанного алюминия в кеке – 41.5 мас.%. Анализ содержания вредных веществ в рабочей зоне, выполненный сотрудниками ЗПЛ ГУП «ТалКо», показал, что концентрации $\text{HF}_{\text{газ}}$, пыли и фторсолей не превышают ПДК.

На основе исследований, проведенных в лабораторных условиях, была разработана технологическая схема производства флюса ГУ «НИИМ» из отходов шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» и местного минералогического сырья.

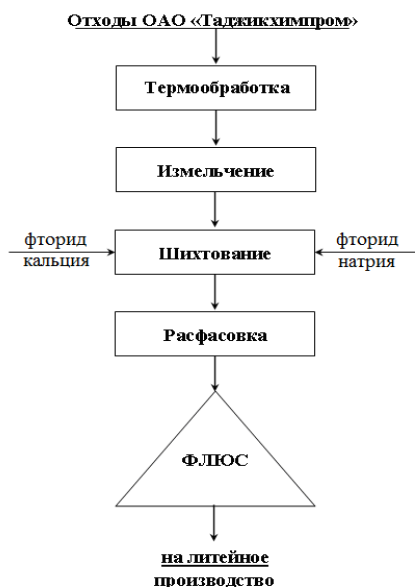


Рис. 3. Технологическая схема производства флюса ГУ «НИИМ» из отходов шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» и местного минералогического сырья (CaF_2).

Выводы

Результаты проведенных анализов и сравнения технологических показателей, используемых на предприятии флюсов свидетельствуют о том, что основные физико-химические характеристики и экологические показатели флюса ГУ «НИИМ» – температура плавления, удельный расход, содержание металла в шлаке и содержание вредных веществ в рабочей зоне существенно не отличаются от аналогичных показателей традиционно применяемых в литейном производстве флюсов и соответствуют нормативным показателям.

На основе исследований, проведенных в лабораторных условиях, была разработана технологическая схема производства флюса ГУ «НИИМ» из отходов шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» и местного минералогического сырья.

Разработанная технологическая схема позволяет из отходов шламовых полей ОАО «Таджикхимпром» и местного минералогического сырья получать флюс ГУ «НИИМ» для ГУП «ТалКо», снизить себестоимость алюминия и улучшить экологическую обстановку в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фёдоров В. Вторичный алюминий важное сырьё XXI века. Журнал Вторичные ресурсы № 4-5, с. 58-59
2. Купряков Ю.П. Шахтная плавка вторичного сырья цветных металлов. – Москва: ЦНИИцветметэкономики и информации. 1995 г.
3. Трусов В.А. Патент на изобретение № 2361161 «Отражательная печь для переплава металла». Оpubл.10.07.2009, Бюл. №19.
4. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа: Учебник для вузов. – Академкнига, 2007, 464 с.
5. Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А. Металлургия черных металлов. – М.: Металлургия, 1986, 360 с.
6. Пожидаев Ю.В., Кривошеина Н.Г. Подготовка и переработка минерального сырья. Учеб. пособие. – М.: СибГИУ, 2005, 187 с.

Ш.Х.РАҶАБОВ, Р.Э.АСАЛОВ, А.С.ФАЙЗУЛЛОЕВ, И.ЭМОМОВ

ТЕХНОЛОГИЯҶОИ ИННОВАТСИОНИИ ИСТЕҶСОЛИ ФЛЮС АЗ АШӢИ ХОМИ МАҲАЛЛӢ ВА ПАРТОВҶОИ ИСЕҶСОЛӢ

Донишгоҳи миллии Дангара

Дар маводи мазкур натиҷаи таҳқиқотҳо оид ба коркарди технологияи инноватсионии ҳосил намудани маводи флюс барои сеҳи рехтагарии истеҳсолоти алюминий аз ашӢи хоми маҳаллӣ ва партовҳои саноатӣ оварда шудаанд. Параметрҳои оптималии гузариши равандҳои технологӣ ва бо таҳлили физикавӣ химиявӣ таркиби ашӢи хому маҳсулоти онҳо муайян гаштаанд. Дар асоси таҳқиқотҳои дар шароити лабораторӣ гузаронидашуда схемаи технологияи истеҳсоли флюси ГУ «НИИМ» аз ашӢи

хоми маҳаллии флюорити кони “Такоб” ва партовҳои майдонҳои шламии ҶСШК “Тоҷикхимпром” таҳия гардидааст.

Калимаҳои калидӣ: технологияи инноватсионӣ, маводи флюс, истеҳсолоти рехтагарӣ, ашёи фтордор, партовҳо, муҳити атроф, майдонҳои шламӣ, рафиниронидани алюминий, шлак, иловаҳои фаёол, гудозиш, пораҳои алюминӣ.

Sh.Kh.RAJABOV, D.A.SAIDALIEV, H.ALISHER, E.ABUALI, A.S.FAIZULLOEV

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF FLUX FROM LOCAL RAW MATERIALS AND PRODUCTION WASTE

Dangara State University

The paper presents the results of studies on the development of innovative technology for the production of flux from local raw materials and production waste for foundry production of aluminum. The optimal parameters for the implementation of technological processes are found, a physicochemical analysis of these wastes and their products is carried out. On the basis of studies carried out in the laboratory, a technological scheme was developed for the production of flux of GU «NIIM» from the waste from the sludge fields of OJSC «Tajikhhimprom» and the local mineralogical raw materials of the fluorite of the «Takob» field.

Key words: innovative technologies, flux, foundry, fluorine-containing raw materials, waste, environment, sludge fields, aluminum refining, slag, active additives, smelting, aluminum scrap.

УДК 541.4:(4546.74.2+548.736)

М.М.САНГОВ, С.М.САФАРМАМАДОВ, К.С.МАБАТКАДАМЗОДА

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ МЕДИ (I) С ТИОКАРБОГИДРАЗИДОМ

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 11.03.2020 г.

Потенциометрическим методом исследовано комплексообразование Си (I) с тиокарбонгидразидом (ТКЗ) при ионной силе раствора 0.1 моль/л в интервале 288-328 К. Показано, что в системе Си (I)-ТКЗ-Н₂О образуются три комплексные частицы. Определены общие и ступенчатые константы устойчивости тиокарбонгидразидных комплексов Си (I) в зависимости от температуры. Рассчитаны термодинамические функции образования комплексов методом температурного коэффициента. Показано, что устойчивость комплексов Си (I) с тиокарбонгидразидом меньше, чем для серебра (I).

Ключевые слова: тиокарбонгидразид, тиосемикарбазид комплексообразование, медь (I), константа устойчивости, термодинамические функции.

Водные растворы тиосемикарбазида находят применение для электрохимического полирования серебряных и золотых изделий в ювелирной промышленности. Среди них найдены вещества, обладающие биологической активностью. Этот класс органических соединений обладает уникальными комплексообразующими свойствами [1-8]. Комплексообразованию серебра (I) с тиосемикарбазидом (ТКС) и тиокарбонгидразидом (ТКЗ) посвящены работы [9,10]. Показано, что серебро (I) с этими органическими лигандами в водной среде последовательно образует три комплексные частицы, устойчивость которых с возрастанием температуры уменьшается. При 298 К общая константа устойчивостей $\lg\beta_3$ для комплекса $\text{Ag}(\text{TCS})_3^+$ составляет 12.76 лог. ед., а для $\text{Ag}(\text{TKZ})_3^+$ она равна 13.87 лог.ед. Увеличение устойчивости тиокарбонгидразидного комплекса серебра (I) по сравнению с тиосемикарбазидным авторы работы связывают с увеличением электронной плот-

Адрес для корреспонденции: Сангов Максуд Махмаюсуфович, Сафармамадов Сафармамад Муборакшиоевич, Мабаткадамзода Кимё Сабзкадам. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: Sangov2020@mail.ru; kimyo84@mail.ru

ности на атоме серы при введении в молекулу тиосемикарбазида NH_2 -группы, а близость численных значений констант устойчивости тем, что в обоих комплексах координация лигандов к серебру (I) осуществляется посредством атома серы.

В научной литературе практически отсутствуют сведения о комплексообразовании меди (I) с тиокарбогидразидом, хотя по электронной конфигурации медь (I) очень близка с Ag (I) и может образовывать комплексы с тиокарбогидразидом, причем молекула лиганда может стабилизировать степень окисления Cu (I).

Целью настоящей работы явилось исследование комплексообразования Cu (I) с тиокарбогидразидом в водном растворе при 288-338 К.

Экспериментальная часть

Тиокарбогидразид получали по методике [11]. Начальная концентрация C_{Cu^+} была равна $1.0 \cdot 10^{-4}$ моль/л, концентрация тиокарбогидразида составила $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Для исследования комплексообразования использовали гальванический элемент с переносом. В качестве индикаторного электрода применяли медный электрод. Электродом сравнения служил хлорсеребряный. Процесс комплексообразования исследовали при ионной силе 0.1 моль/л, создаваемой NaNO_3 . Потенциал системы при потенциометрическом титровании измеряли с помощью рН-метра марки рН-150МИ. Равновесное значение потенциала на индикаторном электроде устанавливалось в течение 10 мин. Температуру в ячейке поддерживали постоянной при помощи водяного термостата ($\pm 0.5^\circ\text{C}$). Потенциометрическое титрование проводили 3 раза при каждой температуре. Все расчёты по определению равновесной концентрации $[\text{Cu}^+]$, тиокарбогидразида и уточнению констант устойчивости комплексных частиц, проводили на компьютере Pentium-4 с использованием программ Excel. Равновесную концентрацию Cu^+ из данных потенциометрического титрования определяли по уравнению Нернста. Равновесную концентрацию тиокарбогидразида и функцию F^0 рассчитывали по уравнениям [12]:

$$[L] = C_L - n (C_{\text{Cu}^+} - [\text{Cu}^+]), \quad (1)$$

$$F^0 = (C_{\text{Cu}^+} - [\text{Cu}^+]) / ([L] \cdot [\text{Cu}^+]), \quad (2)$$

где C_L – начальная концентрация тиокарбогидразида, n – среднее число лигандов присоединенных с ионом меди (I), C_{Cu^+} – концентрация ионов меди в каждой точке титрования, $[\text{Cu}^+]$ – равновесная концентрация ионов Cu^+ в каждой точке титрования.

Результаты и их обсуждение

Константу ионизации тиокарбогидразида определяли методом рН-метического титрования в соответствии с методикой, приведенной в [13]. Найденное значение константы ионизации тиокарбогидразида оказалось равным 10.96 лог.ед. На рис. 1 в качестве примера приведена диаграмма распределения разных форм молекулы тиокарбогидразида в интервале рН 0.5-13.0. Из рисунка видно, что в пределах рН 0.5-3.0 тиокарбогидразид

находится в виде протонированного иона $[HL^+]$. В пределах pH 6.0-9.0 как нейтральная молекула $[L]$ и при pH выше 13.0 в виде тиокарбогидридат иона $[L^-]$.

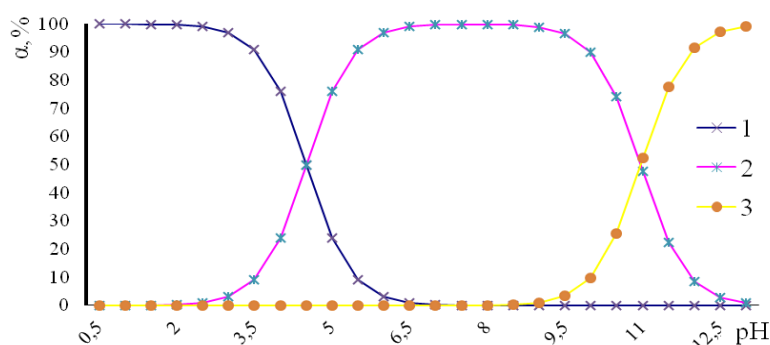


Рис. 1. Диаграмма распределения различных форм тиокарбогидразида в водной среде в зависимости от pH раствора: 1 – HL^+ , 2 – L , и 3 – L^- .

Так как процесс комплексообразования $Cu(I)$ с тиокарбогидразидом нами исследовался при $pH=7$, можно предположить, что в реакции комплексообразования участвует её нейтральная форма.

Результаты проведенных исследований показали, что при титровании раствора $CuCl$ тиокарбогидразидом (ТКЗ) потенциал индикаторного электрода уменьшается в зависимости от температуры опыта от 0.156 до 0.095 мВ (табл. 1). Этот экспериментальный факт свидетельствует о том, что в системе $Cu(I) - ТКЗ - H_2O$ протекает реакция комплексообразования.

Таблица 1

Изменение потенциала системы Cu^+/Cu в процессе потенциометрического титрования Cu^+ раствором тиокарбогидразида при 288-328 К, $C_{Cu^+} = 0.0001$ моль/л; $C_{ТКЗ} = 0.015$ моль/л; $J = 0.1$ моль/л.

$\Delta E, В 288К$	$\Delta E, В 298К$	$\Delta E, В 308К$	$\Delta E, В 318К$	$\Delta E, В 328К$
0.01775	0.00234	0.00235	0.00129	0.00101
0.01762	0.01209	0.00476	0.00335	0.00203
0.02578	0.02009	0.00717	0.00537	0.00302
0.03437	0.02875	0.01201	0.00793	0.00401
0.04195	0.03572	0.01787	0.01037	0.00552
0.04867	0.04739	0.02340	0.01801	0.00700
0.05973	0.05637	0.02855	0.02271	0.00895
0.06858	0.06369	0.03329	0.03056	0.01133
0.07757	0.07524	0.04163	0.03684	0.01362
0.08495	0.08389	0.04867	0.04199	0.01668
0.09660	0.09074	0.05467	0.04817	0.01875
0.10555	0.09632	0.05985	0.05305	0.02260
0.11874	0.10304	0.06436	0.05817	0.02608
0.12823	0.10989	0.06834	0.06218	0.02924
0.13549	0.11512	0.07187	0.06541	0.03469
0.14129	0.11928	0.07789	0.06808	0.03923
0.14813	0.12266	0.08284	0.07032	0.04306
0.15498	0.12548	0.08699	0.07222	0.04779

$\Delta E, В 288К$	$\Delta E, В 298К$	$\Delta E, В 308К$	$\Delta E, В 318К$	$\Delta E, В 328К$
0,16016	0.12839	0.09053	0.07386	0.05274
0.16423	0.13081	0.09359	0.07625	0.05660
0.16895	0.13284	0.09748	0.07767	0.05970
0.17200	0.13457	0.10072	0.07889	0.06224

На рис. 2 приведены кривые зависимости ΔE от $-\lg[L]$ для комплексов Cu (I) с тиокарбогидразидом при 288-328 К.

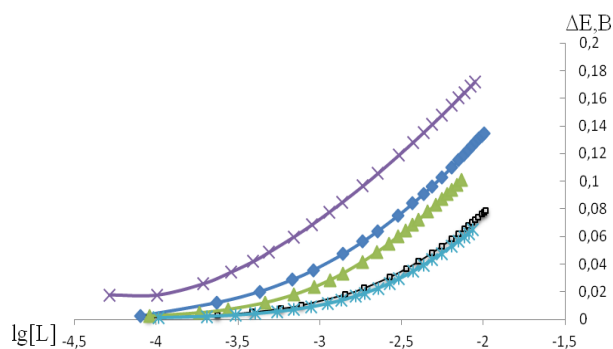


Рис. 2. График зависимости ΔE от $-\lg[L]$ для комплексов меди (I) с тиокарбогидразидом при температурах 1 – 288, 2 – 298, 3 – 308, 4 – 318, 5 – 328К.

Как видно из рис. 2 зависимость ΔE от $-\lg[L]$ при всех изученных температурах имеет нелинейный характер, из которой можно сделать вывод, что между Cu (I) и тиокарбогидразидом протекает ступенчатое комплексообразование. Для определения количества комплексных частиц, образующихся в растворе, использовали метод Яцимирского [14]. Установлено, что при изученных температурах угол наклона зависимости ΔE от $-\lg[L]$ (рис. 2) при избытке ТКЗ в растворе изменяется от 0.172 до 0.195 который соответствует образованию трех комплексных частиц в растворе.

Для определения общих констант устойчивости комплексов меди (I) с тиокарбогидразидом, нами использован нелинейный метод наименьших квадратов, основные положения которого изложены в работе [15]. В табл. 2 приведены общие ($\lg\beta_i$) и ступенчатые ($\lg K_i$) константы устойчивости тиокарбогидразидных комплексов меди (I). Ступенчатые константы найдены из общих согласно уравнениям (2а, 2b, 2с):

$$K_1 = \beta_1(2a), \quad K_2 = \beta_2 / \beta_1(2b), \quad K_3 = \beta_3 / \beta_2(2c).$$

Таблица 2

Общие и ступенчатые константы устойчивости комплексов меди (I) с тиокарбогидразидом при 288-328К. J=0.1 моль/л

T, К	$\lg\beta_1$	$\lg K_1$	$\lg\beta_2$	$\lg K_2$	$\lg\beta_3$	$\lg K_3$
288	3.90 ± 0.12	3.90	6.83 ± 0.07	2.93	8.41 ± 0.14	1.58
298	3.48 ± 0.08	3.48	6.32 ± 0.04	2.84	7.87 ± 0.03	1.55
308	3.06 ± 0.13	3.06	5.86 ± 0.14	2.80	7.36 ± 0.08	1.50
318	2.92 ± 0.06	2.92	5.35 ± 0.05	2.43	6.78 ± 0.11	1.43
328	2.88 ± 0.11	2.88	5.18 ± 0.06	2.30	6.52 ± 0.9	1.34

Из данных таблицы видно, что как общие, так и ступенчатые константы с увеличением температуры уменьшаются. Наблюдается также закономерность в изменении ступенчатых констант устойчивости с возрастанием молекул лиганда во внутренней сфере комплекса. При вхождении последующей молекулы тиокарбондразидра во внутреннюю координационную сферу устойчивость комплексов уменьшается.

Сопоставление экспериментально найденных величин $\Delta E_{\text{эксп.}}$ с теоретически рассчитанными по уравнению (3):

$$\Delta E_{\text{теор}} = 2,3RT/nF \lg (1 + \beta_1[L] + \beta_2[L]^2 + \beta_3[L]^3) \quad (3)$$

дает удовлетворительное согласие. На рис.3. в качестве примера приведены зависимости $\Delta E_{\text{теор}}$ и $\Delta E_{\text{эксп.}}$ от $-\lg[L]$ при температуре 298 К.

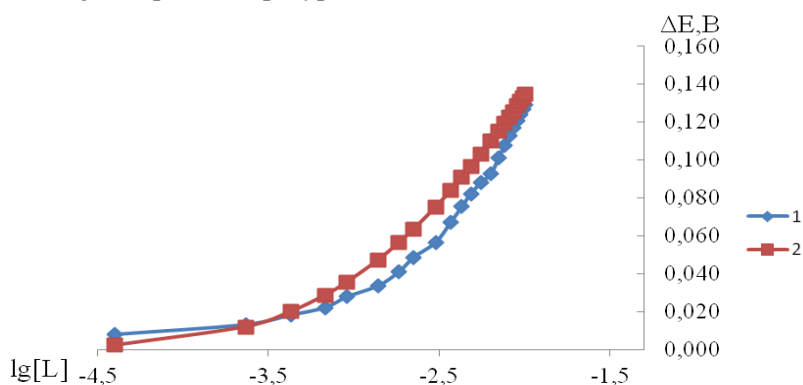


Рис. 3. Зависимость $\Delta E_{\text{эксп.}}$ (1) и $\Delta E_{\text{теор.}}$ (2) от $-\lg[L]$ для тиокарбондразидных комплексов при температуре 298 К.

Сравнение общих констант устойчивости тиокарбондразидных комплексов меди (I) и серебра (I) [10] показало, что комплексы серебра более устойчивее, чем меди. Так, если при температуре 298К общая константа устойчивости комплекса меди (I), содержащего три молекулы лиганда, равна $\lg\beta_3=7.72$, то для комплекса серебра (I) эта величина составляет $\lg\beta_3=13.87$.

С использованием величин констант устойчивости рассчитывали термодинамические функции процесса комплексообразования. При этом ΔH находили по тангенсу угла наклона прямой зависимости $\lg K_i = f(1/T)$ (рис.4), величину изменения энтропии – по отрезку, отсекаемому на оси ординат этой прямой. Энергию Гиббса определяли согласно уравнению: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

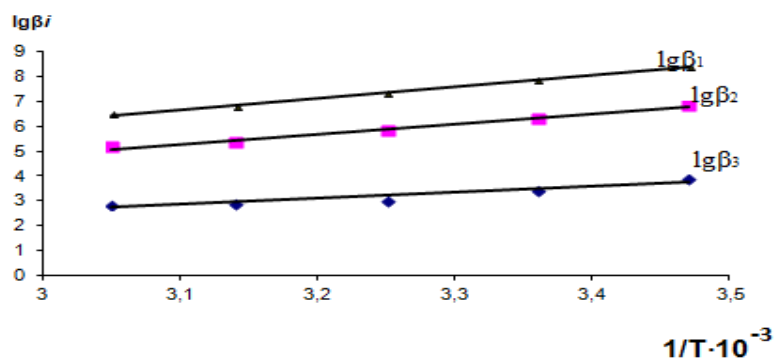


Рис.4. Зависимость $\lg\beta_i$ от $1/T$ для тиокарбонгидразидных комплексов меди(I) в интервале температур 288-318К.

В табл. 3 представлены значения термодинамических функций реакций образования комплексных соединений меди (I) с тиокарбонгидразидом, найденные методом температурного коэффициента.

Таблица 3

Значение термодинамических функций процесса образования комплексов меди (I) с ТКЗ в интервале 288-328К

Реакция образования комплексов	ΔH , кДж/моль	ΔG , кДж/моль	ΔS , Дж/моль·К
$\text{Cu}^+ + \text{L} = [\text{CuL}]^+$	-47	-22	-93
$\text{Cu}^+ + 2\text{L} = [\text{CuL}_2]^+$	-77	-39	-139
$\text{Cu}^+ + 3\text{L} = [\text{CuL}_3]^+$	-88	-48	-146

Данные табл. 3 показывают, что все протекаемые реакции являются экзотермичными. Величина ΔS при переходе от монозамещенного к трехзамещенному проявляет тенденцию к уменьшению. Отрицательное значение ΔS на всех стадиях комплексообразования находится в согласии с теорией комплексообразования в растворе, т.е. при комплексообразовании в системе на каждой стадии происходит уменьшение степени свободы за счёт уменьшения количества частиц в растворе. Проведенные исследования показали, что основной вклад в самопроизвольное протекание реакций комплексообразования вносит энтальпийный фактор. Величина ΔG при образовании всех комплексных частиц отрицательна.

С целью определения области доминирования всех комплексных форм, образующихся в системе $\text{Cu(I)} - \text{ТКЗ} - \text{H}_2\text{O}$, были построены их диаграммы распределения. В качестве примера на рис. 5. приведена диаграмма распределения комплексов меди (I) с тиокарбонгидразидом при 298К.

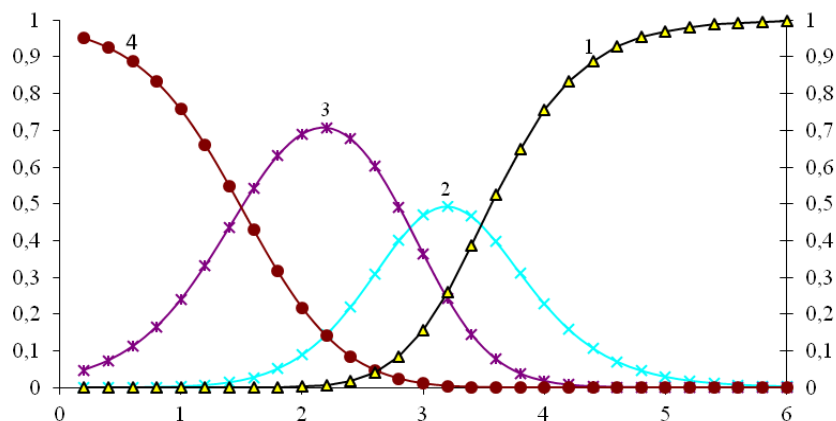


Рис. 5. Кривая распределения комплексов тиокарбогидразида с медью (I) при температуре 298 К, где 1 – Cu^+ ; 2 – $[\text{CuL}]^+$; 3 – $[\text{CuL}_2]^+$; 4 – $[\text{CuL}_3]^+$.

Анализ диаграмм распределения показывает, что в изученной нами системе при малых концентрациях лиганда в растворе доминирует монозамещённый комплекс. С увеличением концентрации лиганда наблюдается последовательный переход монозамещённого в двух-, а двухзамещённого комплекса в трёхзамещённый.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аминджанов А.А., Кабиров Н.Г., Сафармамадов С.М. Комплексные соединения рения (V) с 3,4-диметил-1,2,4-триазолтиолом-5 в среде 6 моль/л HCl. – Журнал неорганической химии, 2005, т. 50, № 3, с. 231-235.
2. Сафармамадов С.М. Комплексные соединения рения (V) с производными тиомочевины, азольсодержащими лигандами и аспекты их применения: автореф. дисс. ... доктор хим. наук. – Воронеж, 2008, 42 с.
3. Аминджанов А.А., Сафармамадов С.М., Машали М.М., Баходуров Ю.Ф. Комплексные соединения рения (V) с 1-этил-2-меркаптоимидазолом. – Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология, 2011, т. 54, № 3, с. 23-27.
4. Содатдинова А.С., Аминджанов А.А., Сафармамадов С.М., Мабаткадамова К.С. Комплексообразование серебра(I) с 1-формил- и 1-ацетил-3-тиосемикарбазидом. – Известия высших учебных заведений, Серия: Химия и химическая технология. Химия неорганич. органич., аналитич., физич., коллоидная, высокомолекулярных соединений, 2014, т. 57, № 7, с. 62-65.
5. Сафармамадов С.М., Содатдинова А.С., Мабаткадамова К.С. Комплексообразование серебра(I) с 1-ацетил-3-тиосемикарбазидом. – Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2014, № 1/3 (85), с. 203-208.
6. Аминджанов А.А., Гагиева С.Ч. Комплексные соединения рения (V) с 1-формил-4-фенилтиосемикарбазидом. – Вестник Таджикского национального университета. Сер: химия, биология, геология. 1991, № 4, с. 116-126.
7. Аминджанов А.А., Сафармамадов С.М. Комплексные соединения рения (V) с 4-метилтиосемикарбазидом. – Журн. неорган. химии. 2000, т. 46, № 10, с. 1672-1677.
8. Ахмедов К.У., Курбанов Н.М. Комплексные соединения рения (V) с тиосемикарбазидом. – Журн. неорган. химии. 1990, т. 34, вып. 10, с. 2557-2563.
9. Сангов М.М., Сафармамадов С.М. Комплексообразование Ag(I) с тиокарбогидразидом в интервале 288-328К. – Вестник Таджикского национального университета. 2015, 1/6(91), с. 74-79.

10. Сангов М.М., Сафармамадов С.М. Комплексообразование Ag (I) с тиокарбонгидразидом в водно-спиртовых растворах. – Вестник Таджикского национального университета. 2016, 1/3(200), с. 179-183.
11. Бусев А.И. Синтез новых органических реагентов для неорганического анализа. – М.: МГУ, 1972, 245с.
12. Хартли Ф., Бергес К., Оллок Р. Равновесия в растворах. – М.: Мир, 1983, 365 с.
13. Алберт А., Сергент Е. Константы ионизации кислот оснований. – М.: Л.: Химия, 1964, 175с.
14. Новаковский М.С. Лабораторные работы по химии комплексных соединений. – Харьковский университет, 1972, 233 с.
15. Капустин Е.И. Интернет ресурсы. Решение некоторых классов математических задач в программе Excel. – Невинномысский химический колледж, г. Невинномысск (exponenta.ru/educat/systemat/Kapustin/014.asp).

М.М.САНГОВ, С.М.САФАРМАМАДОВ, К.С.МАБАТҚАДАМЗОДА
КОМПЛЕКСҲОСИЛКУНИИ МИСИ (I) БО ТИОКАРБОГИДРАЗИД

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Бо усули потенциометрӣ раванди комплексоилкунии миси (I) бо тиокарбонгидразид (ТКЗ) дар ҳароратҳои 288-328 К ва қувваи ионии 0.1 мол/л омӯхта шуд. Нишон дода шуд, ки дар системаи Cu(I)-ТКЗ-H₂O се зарчаикомплекси ҳосил мешавад. Собиҳои умумӣ ва зинагии устувории комплексои тиокарбонгидразидии Cu (I) вобаста аз ҳарорат муайян карда шуданд. Функсияҳои термодинамикии ҳосилшавии комплексо бо усули зариф(коэффициент)-и ҳароратӣ ҳисоб карда шуданд. Нишон дода шуд, ки устувории комплексои Cu (I) бо тиокарбонгидразид нисбат ба комплексои нуқраи (I) бо тиокарбонгидразид кам мебошад.

Калимаҳои калидӣ: тиокарбонгидразид, тиосемикарбазид комплексоилшавӣ, миси (I), собиҳои устуворӣ, функсияҳои термодинамикӣ.

M.M.SANGOV, S.M.SAFARMAMADOV, K.S.MABATRADAMZODA
COMPLEXATION OF COPPER (I) WITH THIOCARBOHYDRAZIDE

Tajik national university

Using the potentiometric method, the complexation of Cu (I) with thiocarbohydrazide (TKZ) was studied at an ionic strength of 0.1 mol/l in the range of 288-328 K. It was shown that three complex particles are formed in the Cu (I)-TKZ-H₂O system. The general and stepwise stability constants of thiocarbohydrazide complexes of Cu (I) depending on temperature are determined. The thermodynamic functions of complex formation were calculated by the temperature coefficient method. It was shown that the stability of complexes of Cu (I) with thiocarbohydrazide is less than for silver (I).

Key words: thiocarbohydrazide, complexation thiosemicarbazide, copper (I), stability constant, thermodynamic functions.

УДК 546.273÷521.6

Д.О.ДАВЛАТОВ, Ш.Б.НАЗАРОВ, А.ГИЁСИДДИН, У.М.МИРСАИДОВ

**ПЕРЕРАБОТКА НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ СПЕКАНИЕМ
С СУЛЬФАТОМ НАТРИЯ**

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

Поступила в редакцию 20.01.2020 г.

В статье приведены результаты изучения переработки нефелиновых сиенитов месторождения Турпи спеканием с сульфатом натрия. Изучено влияние различных физико-химических факторов на процесс вскрытия компонентов сырья при его спекании с сульфатом натрия. Установлены оптимальные параметры проведения процесса спекания и предложена принципиальная технологическая схема переработки руды.

Ключевые слова: нефелиновые сиениты, сульфат натрия, спёк, переработка.

Нефелиновые сиениты месторождения Турпи Таджикистана, несмотря на пониженное содержание глинозёма, содержат другие полезные компоненты и позволяют в зависимости от метода переработки получать попутно с глинозёмом соду, поташ, цемент, жидкое стекло, коагулянты и др.

В работах [1-5] изучена переработка нефелиновых сиенитов Турпи кислотным и хлорным методом.

В настоящей работе изучен процесс спекания нефелиновых сиенитов Турпи с сульфатом натрия и установлены оптимальные параметры выделения полезных компонентов.

Как известно [2, 5] нефелиновые сиениты месторождения Турпи Таджикистана, имеющие в своем составе в %: Al_2O_3 – 22.4; Fe_2O_3 – 6.4; Na_2O – 6.5; K_2O – 6.6; CaO – 2.5; SiO_2 – 53.0, являются бедными по алюминию рудами, но содержание в них щелочных и редких металлов, а также полевошпатовых минералов создает перспективу их комплекс-

Адрес для корреспонденции: Назаров Шамс Бароталиевич. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: shams_63@list.ru

ного использования. Минералогический состав (по данным ДТА и РФА) нефелиновых сиенитов приведён в работах [2, 5].

Спекание проводили в муфельной печи при различных температурах и соотношениях реагентов. Изучена также длительность процесса и зависимость извлечения полезных компонентов от размера частиц (рис.1).

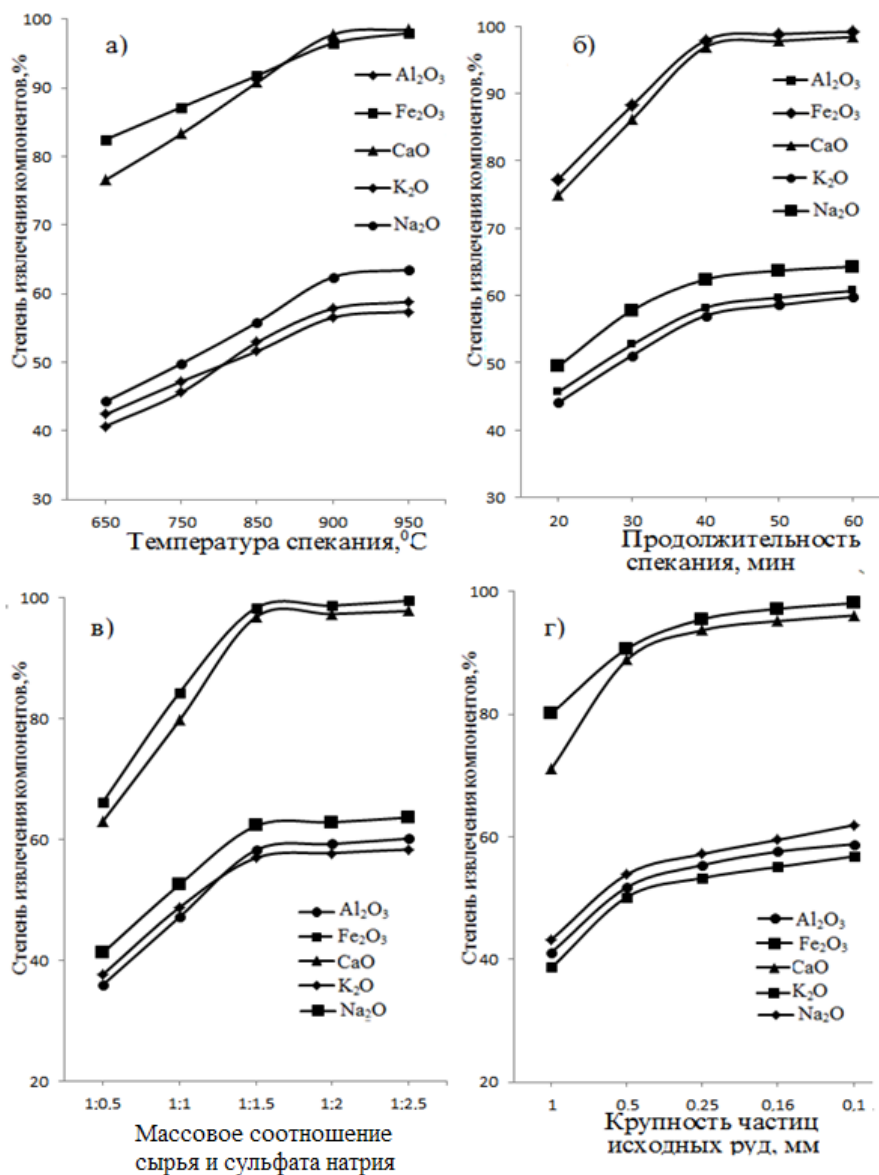


Рис. 1. Зависимость степени извлечения полезных компонентов из нефелиновых сиенитов спеканием с Na_2SO_4 с последующей водно-кислотной обработкой от: а) температуры спекания; б) продолжительности процесса спекания; в) массового соотношения сырья и сульфата натрия; г) размера частиц.

По завершению процесса спекания полученный спёк подвергался водной обработке для удаления непрореагировавшего сульфата натрия, далее спёк обрабатывали азотной кислотой.

Как видно из рис.1а, при повышении температуры до 950°C степени извлечения компонентов возрастают. При этом неизменными факторами были: продолжительность процесса спекания – 40 мин; массовое соотношение сырья и сульфата натрия = 1:2; крупность частиц исходной руды – 0.16 мм и менее.

При температурах 850-950°C степень извлечения компонентов из состава спёка достигает: Al_2O_3 – 53.1-58.1%; Fe_2O_3 – 94.2-97.3%, CaO – 90.3-96.5%, K_2O – 52.1-56.5%, Na_2O – 59.2-62.4%.

Влияние продолжительности процесса спекания изучено в интервале от 20 до 60 минут (рис.1б). При этом неизменными факторами являлись: температура спекания – 900°C, крупность частиц руды – 0.1 мм и массовое соотношение руды к сульфату натрия – 1:2. Оптимальным условием длительности процесса спекания можно считать 40 минут. При продолжительности процесса спекания 60 мин степень извлечения компонентов составляет: Al_2O_3 – 57.5 %, Fe_2O_3 – 97.2%, CaO – 96.1%, K_2O – 56.3%, Na_2O – 62.2%.

Влияние массового соотношения сырья и сульфата натрия (рис. 1в) изучено в соотношениях: 1:0.5; 1:1; 1:1.5; 1:2; и 1:2.5. При этом неизменными факторами являлись: температура спекания – 900°C, продолжительность процесса спекания - 40 минут и крупность частиц исходной руды – 0.1 мм и менее. Максимальная степень извлечения компонентов наблюдается при массовом соотношении $m_{\text{сырьё}} : m_{\text{сульфат натрия}} = 1:1.5$, где степень извлечения составляет: Al_2O_3 – 58.3 %, Fe_2O_3 – 98.2%, CaO – 96.8%, K_2O – 57.5%, Na_2O – 62.6%.

Влияние размера частиц нефелинового сырья на степень извлечения составляющих компонентов изучено в пределах от 0.1 до 1.0 мм (рис. 1г). Неизменными факторами являлись: температура спекания – 900°C, длительность процесса спекания – 40 мин, массовое соотношение сырья к сульфату натрия – 1:1.5.

В интервале размеров частиц от 0.1 до 0.25 мм наблюдается максимальное разложение сырья с извлечением компонентов: Al_2O_3 – 56.3-58.2 %, Fe_2O_3 – 95-98.2%, CaO – 90.5-96.8%, K_2O – 54.8-57.5%, Na_2O – 58.8-62.2%. Размер частиц сырья выше 0.5 мм не обеспечивает полного разложения его компонентов. Оптимальным можно считать размер частиц сырья 0.1-0.5 мм.

Таким образом, использование сульфата натрия в качестве разлагающего агента при переработке нефелиновых сиенитов не обеспечивает полного извлечения компонентов сырья. Однако твёрдый остаток от переработки сырья, представляющий собой чистую по железу смесь натриевых и калиевых полевошпатовых минералов с примесями оксида кремния, имеет практическую значимость. Химический состав силикатного остатка колеблется в следующих интервалах содержания компонентов: Al_2O_3 – 42.1-44.3, Fe_2O_3 – 0.15-0.50%, CaO – 0.25-0.84, K_2O – 42.6-46.3%, Na_2O – 38.5-42.2 и SiO_2 – 40.1-53.3%. Эта

смесь по своему химическому и минералогическому составу может использоваться для производства фарфоровых изделий, следовательно, требует дополнительных производственных испытаний.

Предлагаемая схема переработки нефелиновых сиенитов данным способом показана на рис. 2.

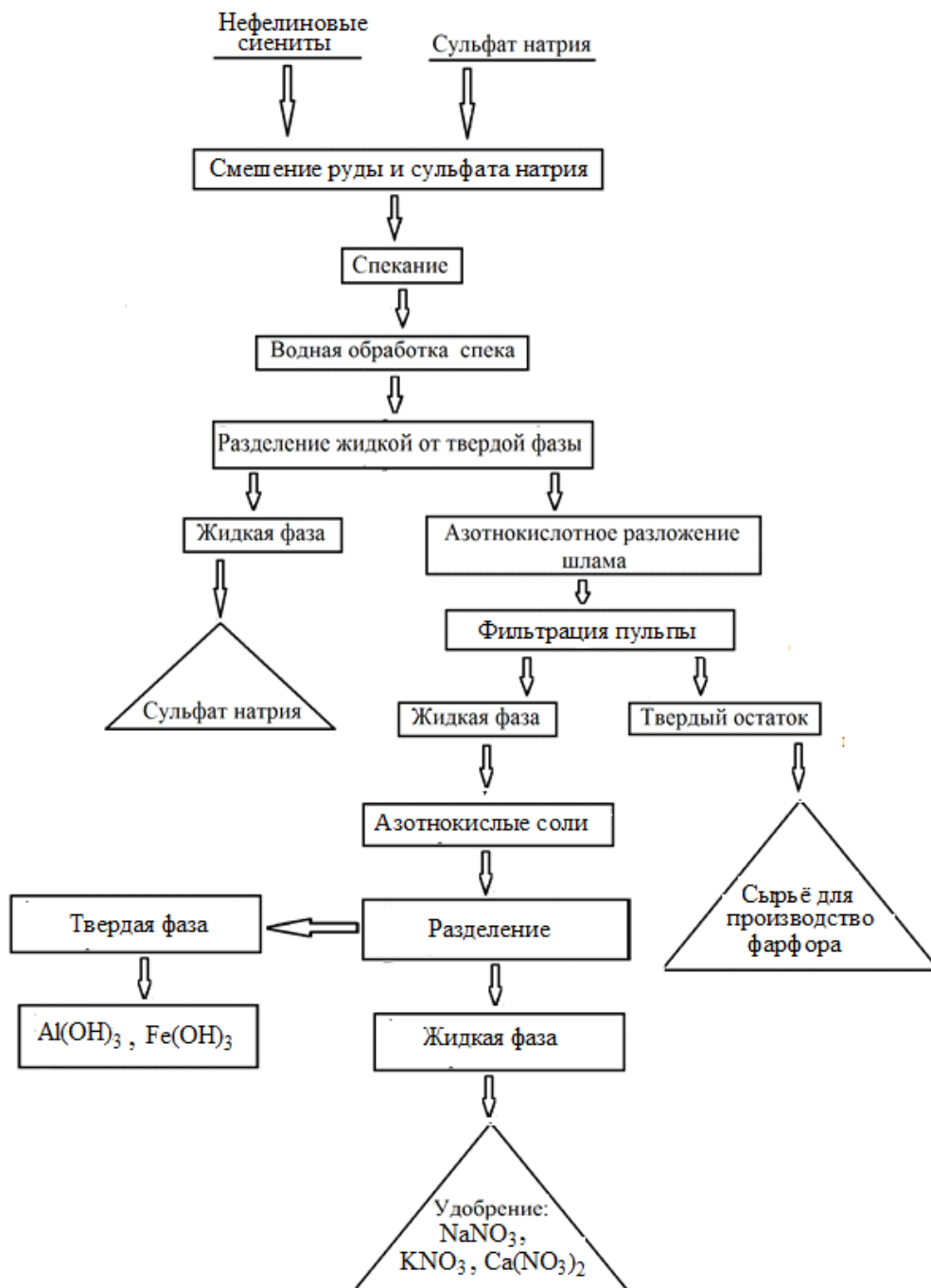


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема переработки нефелиновых сиенитов Турпи с сульфатом натрия методом спекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер Ю.А. Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья кислотными способами. – М.: Наука, 1982, 208 с.
2. Мирсаидов У.М., Сафиев Х.С. Комплексная переработка низкокачественного алюминийсодержащего сырья. – Душанбе: Дониш, 1998, 238 с.
3. Мирсаидов У.М., Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2016, 92 с.
4. Запольский А.К. Сернокислотная переработка высококремнистого алюминиевого сырья. - Киев: Наукова думка, 1981, 208 с.
5. Назаров Ш.Б., Сафиев Х.С., Мирсаидов У. Селективные методы разложения высококремнистых алюминиевых руд минеральными кислотами. – Душанбе: Дониш, 2008, 237 с.

Д.О.ДАВЛАТОВ, Ш.Б.НАЗАРОВ, А.ҒИЁСИДДИН, У.М.МИРСАИДОВ

КОРКАРДИ СИЕНИТҲОИ НЕФЕЛИНОВӢ БО ГУДОХТАНИ СУЛФАТИ НАТРИЙ

*Институти химияи ба номи В.И.Никитини
Академияи Илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши коркарди сиенитҳои нефелинии кони Турпӣ бо гудохтани сульфати натрий оварда шудааст. Таъсири омилҳои гуногуни физикӣ-химиявӣ дар раванди кушода намудани қисматҳои ашёи хом ҳангоми гудохтани он бо сульфати натрий омӯхта шудааст. Параметрҳои муносиб барои гузаронидани раванди гудохтан муайян карда шуда, нақшаи технологияи принсипиалии коркарди маъдан пешниҳод шудааст.

Калимаҳои калидӣ: сиенитҳои нефелиновӣ, сульфати натрий, гудохтан, коркард.

D.O.DAVLATOV, SH.B.NAZAROV, A.GIYOSIDDIN, U.M.MIRSAIDOV

PROCESSING OF NEFELINE SYENITES BY SYNTERING WITH SODIUM SULFATE

V.I.Nikitin Institute of Chemistry of Academy Science of the Republic of Tajikistan

The results of study of processing of nefeline syenites of Turpi Deposit by sintering with sodium sulfate have been considered. The influence of various physicochemical factors on the process of opening of raw materials components at its sintering with sodium sulfate has been studied. The optimal parameters of sintering process have been determined. The flowsheet of ore processing has been proposed.

Key words: nefeline syennites, sodium sulfate, cake, processing.

УДК 546.621

Дж.Х.ДЖУРАЕВ, А.С.КУРБОНОВ, У.Х.УСМОНОВА, У.М.МИРСАИДОВ

**РАЗЛОЖЕНИЕ ОБОЖЖЁННОГО КОНЦЕНТРАТА БОРОСИЛИКАТНОЙ
РУДЫ АК-АРХАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАДЖИКИСТАНА
СМЕСЬЮ ОРТОФОСФОРНОЙ И АЗОТНОЙ КИСЛОТ**

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

Поступила в редакцию 11.03.2020 г.

Представлены результаты исследований процесса разложения концентрата боросиликатной руды месторождения Ак-Архар Таджикистана кислотным способом. Найдены оптимальные параметры процесса разложения вышеуказанного сырья смесью ортофосфорной и азотной кислот.

Ключевые слова: концентрат боросиликатного сырья, переработка, ортофосфорная кислота, азотная кислота, разложение, извлечение.

Боросиликатный концентрат является ценным сырьём для производства борных продуктов. В настоящее время кислотный метод разложения трудно вскрываемых руд является основным способом извлечения и разделения ценных компонентов состава сырья [1-2]. Ранее в работах [3-6] были изучены процессы разложения боросиликатного сырья с различными минеральными кислотами, и установлены оптимальные параметры процессов кислотного разложения.

Целью настоящего исследования является изучение возможности переработки боросиликатной руды со смешанными кислотными реагентами и определение условий селективного выделения ценных продуктов из состава сырья. В качестве кислотного реагента была использована смесь ортофосфорной и азотной кислот для получения комплексного боро-азотно-фосфорного удобрения.

Адрес для корреспонденции: Курбанов Амиршо Сохибназарович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ, E-mail: amirsho_77@mail.ru.

Как известно, ортофосфорная кислота относится к слабым кислотам. Для повышения кислотности раствора, а также скорости и полноты процесса к H_3PO_4 добавляли HNO_3 до соотношения кислот 70% H_3PO_4 + 30% HNO_3 .

Для максимального перевода основных компонентов сырья в раствор боросиликатную руду предварительно обжигают (900-950°C) и измельчают до размера частиц 0.1-0.3 мм, а затем разлагают смесью H_3PO_4 + HNO_3 при температуре 80-90°C.

Определены условия селективного разложения обожжённого концентрата боросиликатной руды смешанным кислотным реагентом, обеспечивающие высокую степень извлечения оксидов бора (95%), кальция (98%), железа (86%) и алюминия (78%). Исходная концентрация кислот во вскрывающем реагенте составляла: 30% – H_3PO_4 и 20% – HNO_3 , соотношение реагирующих веществ $V_{\text{ж}}:T = 2.5:1$, $\tau = 1.0$ ч.

В табл. 1 представлены результаты исследования разложения концентрата боросиликатной руды фосфорно-азотными реагентами различного состава. Концентрация H_3PO_4 была постоянной и составляла 30%, концентрация HNO_3 варьировалась от 5 до 30%.

Таблица 1

Разложение обожжённого концентрата боросиликатного сырья смешанным кислотным реагентом (концентрация H_3PO_4 30% во всех опытах)

Условия опытов	Извлечение, %			
	B_2O_3	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3
C_{HNO_3} , %				
5	85.6	89.6	75.6	72.1
10	88.3	91.5	78.5	74.8
15	91.8	94.6	82.2	78.2
20	95.8	98.7	86.5	78.8
25	94.5	97.4	85.3	77.6
30	93.2	96.3	83.1	76.4

Согласно полученным результатам, с изменением концентрации HNO_3 в смешанном кислотном реагенте до 20% степень извлечения всех компонентов заметно возрастает от 72 до 98%. При дальнейшем изменении концентрации HNO_3 в смешанном кислотном реагенте степень извлечения компонентов незначительно уменьшается. Это объясняется тем, что увеличение концентрации кислоты приводит к уменьшению объёма кислотной смеси и, соответственно, к изменениям в соотношении $V_{\text{ж}}:T$, в результате которых образуется плохо перемешивающаяся густая пульпа.

Также была поставлена серия опытов по разложению боросиликатной руды смешанным кислотным реагентом с постоянной концентрацией HNO_3 (20%) и изменением концентрации H_3PO_4 от 10 до 40% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние концентрации H_3PO_4 в смешанном кислотном реагенте на степень извлечения оксидов из концентрата боросиликатного сырья (концентрация HNO_3 20% во всех опытах)

Условия опытов	Извлечение, %			
	B_2O_3	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3
$C_{H_3PO_4}$, %				
10	76.5	81.4	68,8	61.6
20	86.4	90,6	78.9	70.2
30	95.2	98.7	85.6	78.5
40	87.6	92.5	83.3	73.4

Как следует из полученных результатов, эффективное разложение боросиликатной руды, обеспечивающее высокое извлечение компонентов, происходит при введении в кислотную смесь 30% H_3PO_4 .

Следующая серия опытов была проведена для определения влияния температуры кислотной обработки и продолжительности процесса разложения на степень вскрытия руды, результаты которых приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Влияние температуры на степень извлечения компонентов при разложении боросиликатной руды смешанным кислотным реагентом (концентрация HNO_3 20%, концентрация H_3PO_4 30%)

Условия опытов	Извлечение, %			
	B_2O_3	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3
Температура, °C				
30	39.8	44.3	28.8	25.4
40	51.6	56.8	36.5	33.4
50	63.5	67.8	45.9	42.3
60	76.4	79.4	56.8	53.3
70	87.3	90.3	68.5	63.8
80	95.6	98.2	81.4	78.2
90	94.3	97.3	80.9	77.5

Таблица 4

Влияние продолжительности разложения на степень извлечения компонентов из боросиликатной руды при взаимодействии со смешанным кислотным реагентом (концентрация HNO_3 20%, концентрация H_3PO_4 30%)

Условия опытов	Извлечение, %			
	B_2O_3	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3
Продолжительность, мин				
15	40.3	54.6	33.4	27.5
30	58.6	69.5	50.6	44.8
45	79.6	84.4	71.2	65.2
60	95.6	98.4	86.8	77.9
75	95.8	98.6	86.8	78.3
90	95.8	98.7	86.8	78.3

Из данных табл. 3 и 4 видно, что с увеличением температуры и продолжительности процесса разложения, степень извлечения всех компонентов в раствор существенно

возрастает и при температуре 80-90°C и продолжительности процесса 60 мин степень извлечения оксидов достигает максимальных значений.

Таким образом, установлены подходящие условия извлечения полезных компонентов при разложении концентрата боросиликатной руды смесью ортофосфорной и азотной кислот. Основными технологическими параметрами, определяющими полноту извлечения из состава боросиликатного сырья оксидов бора, кальция, алюминия и железа в раствор, являются расход кислотного реагента и концентрация в нём ортофосфорной и азотной кислот, а также температура и продолжительность процесса разложения.

Исходя из проведённых опытов по разложению боросиликатной руды со смешанным кислотным реагентом, можно рекомендовать следующие оптимальные условия разложения: продолжительность процесса кислотной обработки – 60 мин; температура кислотного разложения – 80°C; концентрация кислот в смешанном кислотном реагенте: 30% – H_3PO_4 и 20% – HNO_3 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачев К.В., Плышевский Ю.С. Технология неорганических соединений бора. – Л.: Химия, 1983, 208 с.
2. Бораты народному хозяйству - Сборник научных трудов; под ред. Г.К. Года. – Рига, 1982, 135 с.
3. Курбанов А.С., Маматов Э.Д., Машаллах Сулеймани Б.А., Мирсаидов У.М. Разложение исходного данбурита азотной кислотой. – ДАН РТ, 2010, т. 52, № 12, с. 865-869.
4. Назаров Ф.А., Курбонов А.С., Джураев Дж.Д., Давлатов Д.О., Назаров Ш.Б., Мирсаидов У.М. Спекательный способ переработки концентрата борсодержащей руды Таджикистана в присутствии едкого натрия. – ДАН РТ, 2017, т. 60, № 5-6, с. 242-246.
5. Курбонов А.С., Баротов А.М., Назаров Ф.А., Мирсаидов У.М. Разложение концентрата боросиликатной руды методом спекания с хлоридом кальция. – ДАН РТ, 2016, т. 59, № 1-2, с. 53-57.
6. Курбонов А.С. Ашуров Н.А., Ятимов П.М., Машаллах Сулаймони, Шукуров Р.Г., Мирсаидов У.М. Выщелачивание концентрата данбурита азотной кислотой. – Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. Иркутский государственный технический университет, 2012, с. 173-176.

Ҷ.Х.ҶУРАЕВ, А.С.ҚУРБОНОВ, У.Х.УСМОНОВА, У.М.МИРСАИДОВ

ТАҶЗИЯИ МАЪДАНИ ҒАНИГАРДОНИДАШУДА ВА СУЗОНИДАШУДАИ БОРОСИЛИКАТИИ КОНИ АК-АРХАРИ ТОҶИКИСТОН БО ОМЕХТАИ КИСЛОТАҲОИ ФОСФАТ ВА НИТРАТ

Институти химияи ба номи В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола натиҷаи таҷзияи концентрати маъдани боросиликатии кони Ак-Архари Тоҷикистон бо усули кислотагӣ оварда шудааст. Шароити оптималии раванди таҷзияи маъдани номбурда бо истифодаи омехтаи кислотаҳои фосфат ва нитрат муайян карда шуд.

Калимаҳои калидӣ: маъдани ғанигардонидашудаи боросиликатӣ, коркард, кислотаи ортофосфат, кислотаи нитрат, таҷзия, ҷудошавӣ.

J.Kh.JURAEV, A.S.KURBONOV, U.Kh.USMONOVA, U.M.MIRSAIDOV

**DECOMPOSITION OF THE BURNT BOROSILICATE ORE CONCENTRATE
OF TAJIKISTAN AK-ARKHAR DEPOSIT WITH A MIXTURE OF
ORTOPHOSPHORIC AND NITRIC ACIDS**

VI.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

The results of borosilicate ore concentrate decomposition studies of the Tajikistan Ak-Arkhar deposit by the acid method are presented. The optimal parameters for the decomposition process of the above mentioned raw materials with a mixture of phosphoric and nitric acids had been found.

Key words: borosilicate raw material concentrate, processing, phosphoric acid, nitric acid, decomposition, recovery.

УДК 552.52.541.4

Д.Х.МИРЗОЕВ, Ш.О.АЪЗАМОВ, Н.М.ДЖАМОЛОВ, А.М.КАЮМОВ,
У.М.МИРСАИДОВ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕРНОКИСЛОТНОГО
РАЗЛОЖЕНИЯ ЗЕЛЁНЫХ ГЛИН С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ СПЕКАНИЕМ
С ГИДРОКСИДОМ НАТРИЯ**

Институт химии им.В.И.Никитина АН Таджикистана

Поступила в редакцию 24.04.2020 г.

При сернокислотном разложении зелёных глин с предварительным спеканием с гидроксидом натрия выявлен механизм процесса разложения спека серной кислотой и рекомендованы следующие условия разложения зелёных глин месторождения Чашма-Санг: спекание с NaOH при 800-850°C в течение 1 часа и последующей водно-кислотной обработкой при 98°C при концентрации H₂SO₄ 40%. Извлечение при этих условиях составило: Al₂O₃ – 83%, Fe₂O₃ – 57%.

Ключевые слова: зелёная глина, сернокислотное разложение, спекание, гидроксид натрия.

В работах [1-5] изучены физико-химические основы переработки низкокачественных алюмосодержащих руд – аргиллитов и каолиновых глин месторождений Чашма-Санг и Зидды Республики Таджикистан. Описано разложение указанных руд минеральными кислотами, газообразным хлором и спекание руд хлорсодержащими реагентами.

Найдены оптимальные условия проведения процессов разложения. Предложены принципиальные технологические схемы переработки аргиллитов и каолиновых глин кислотным и хлорным способами. В [6, 7] изучены особенности разложения алюмосиликатных руд с CaCl₂, а также спекание зелёных глин Чашма-Санг с NaOH.

В настоящей работе изучены физико-химические основы сернокислотного разложения зелёных глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана спеканием с NaOH.

Адрес для корреспонденции: Мирзоев Давлатмурод Хайруллоевич, 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии НАНТ.

E-mail: davlatmurod.mirzoev.71@mail.ru

При спекании зелёной глины с гидроксидом натрия при температуре 800-850°C и продолжительности 1 час, с дальнейшим растворением в воде, в раствор переходит 10-12% Al₂O₃, а Fe₂O₃ в раствор не переходит. При сернокислотном разложении в раствор переходит 80-83% Al₂O₃ и 56-57% Fe₂O₃.

В табл. 1 и на рис. 1 и 2 приводятся результаты изучения извлечения Al₂O₃ и Fe₂O₃ в зависимости от продолжительности процесса сернокислотного разложения, температуры процесса и концентрации серной кислоты.

Таблица 1

Извлечение Al₂O₃ и Fe₂O₃ в зависимости от продолжительности процесса сернокислотного разложения, температуры процесса и концентрации серной кислоты

П/№	Продолжительность разложения, мин	Извлечение, в %	
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	10	35.5	18.6
2	20	48.2	27.7
3	30	58.0	35.5
4	40	68.3	44.0
5	50	76.0	49.5
6	60	83.0	56.58
П/№	Температура разложения, °С	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	20	21.2	11.5
2	40	44.0	25.8
3	60	64.0	36.0
4	80	73.5	45.8
5	98	83.0	56.58
П/№	Концентрация кислоты, %	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	20	54.0	26.11
2	40	83.0	56.58
3	60	67.5	45.5
4	80	53.4	34.0
5	96	38.5	26.5

Как видно из рис. 1а, максимальная степень извлечения компонентов достигается при температуре 98°C и составляет: для Al₂O₃ – 83%, для Fe₂O₃ – 57%.

Зависимость степени извлечения оксидов алюминия и железа от продолжительности сернокислотной обработки изучали в интервале 10-60 мин (рис. 1б). Максимальная степень извлечения оксидов достигается при обработке зелёной глины 40% H₂SO₄ в течение 60 мин.

Влияние концентрации H₂SO₄ на разложение руды изучали в интервале 20-95,6%, неизменными факторами процесса являлись: температура 98°C, продолжительность водной обработки 30-50 мин, а сернокислотной обработки 60 мин. Как видно из рис. 1в, максимальное извлечение оксидов достигается при обработке руды 40% серной кислотой.

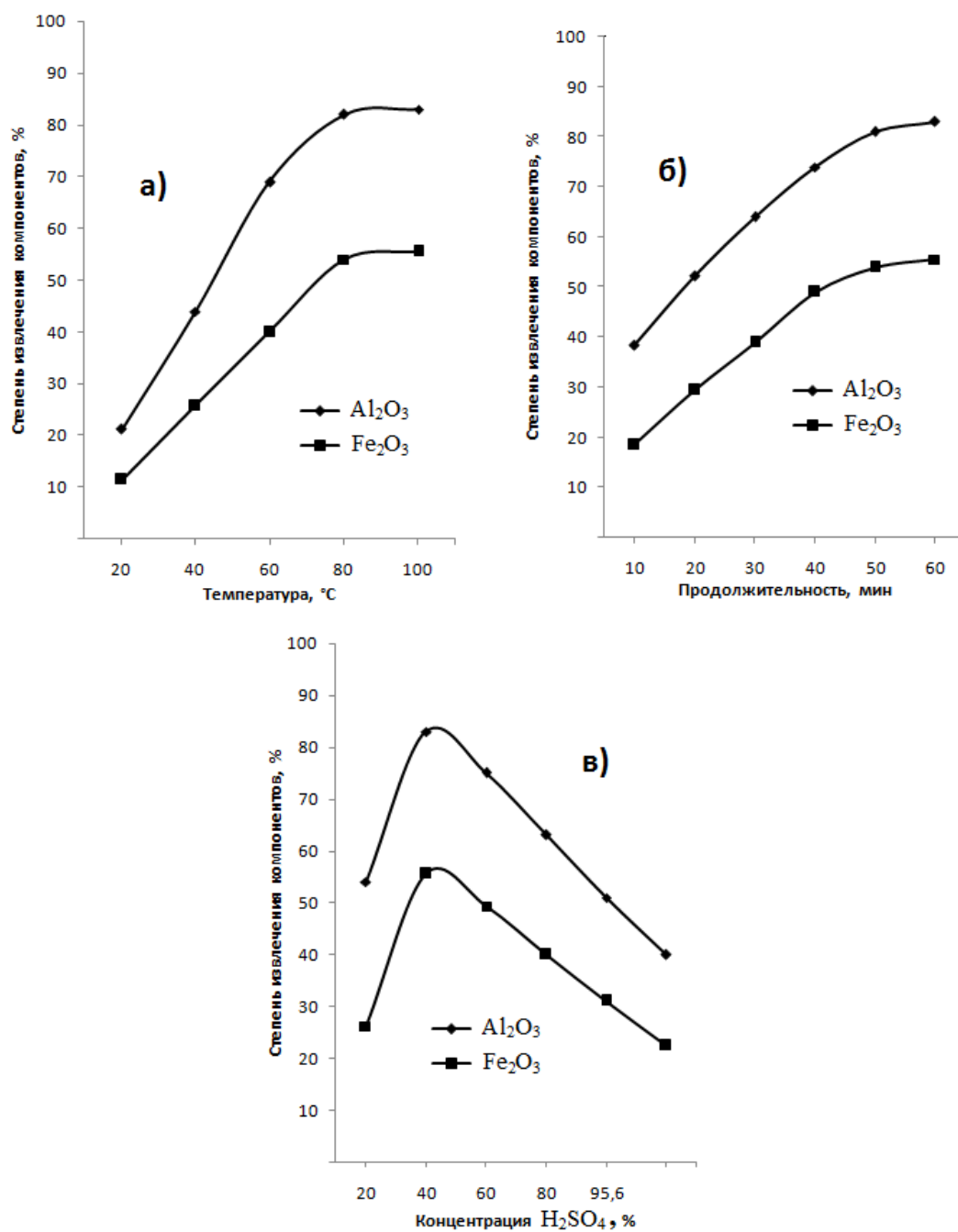


Рис. 1. Зависимость степени извлечения оксидов алюминия и железа в раствор от: температуры (а), продолжительности процесса (б) и концентрации серной кислоты (в)

(1 — Al₂O₃, 2 — Fe₂O₃).

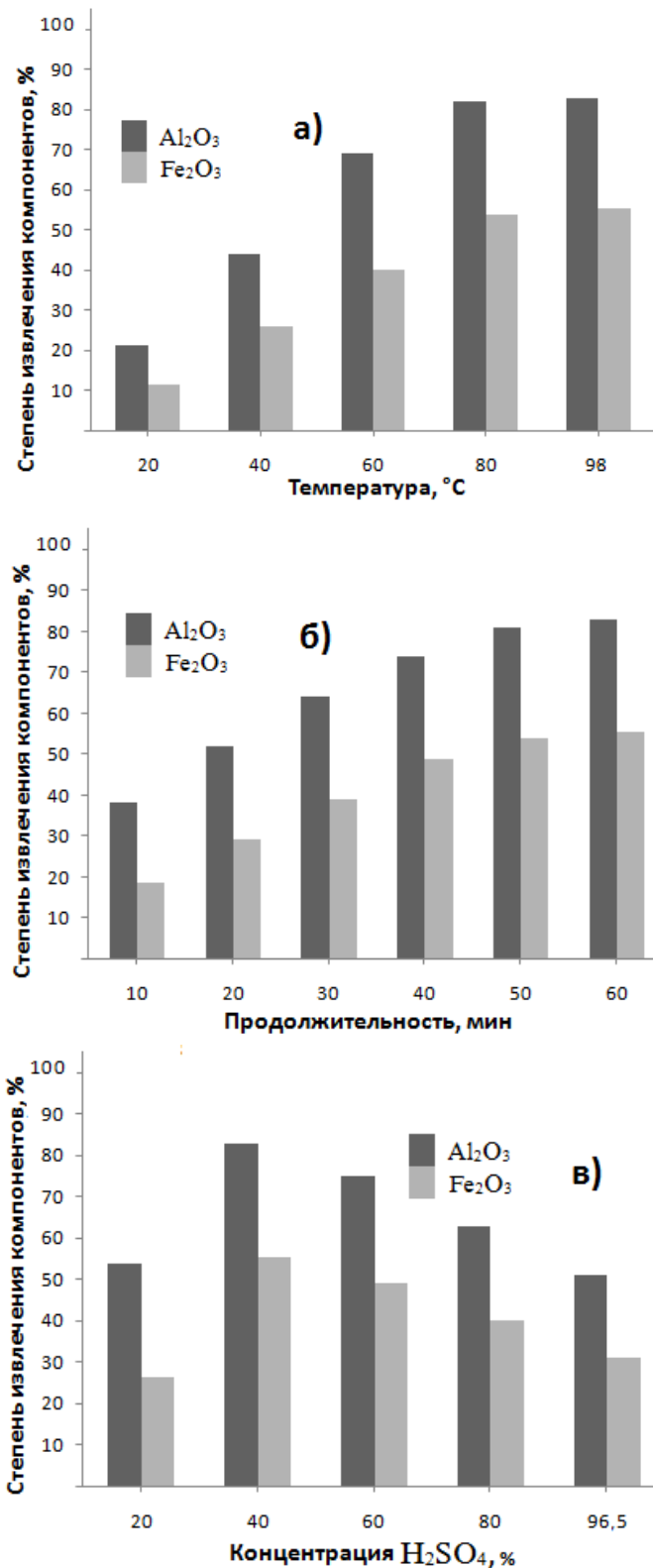


Рис. 2. Гистограмма зависимости степени извлечения оксидов алюминия и железа в раствор от: температуры (а), продолжительности процесса (б) и концентрации серной кислоты (в).

Разработана принципиальная технологическая схема переработки зелёной глины Чашма-Санг спеканием и сернокислотным разложением. Способ переработки включает в себя следующие основные стадии:

- измельчение сырья до размера частиц 0.1 мм;
- смесь зелёной глины с гидроксидом натрия в соотношении 1:1;
- спекание при температуре 800-850°C;
- измельчение спека и водная обработка при температуре 80°C в течение 30-50 мин;
- фильтрация, разделение алюмината натрия 8-12% гидроксидом натрия от твёрдого остатка;
- кислотное разложение 40% H₂SO₄;
- разделение пульпы отстаиванием и фильтрованием (рис.3).

При кислотном разложении зелёных глин извлекаются в раствор сульфаты алюминия, железа, натрия и калия.

В осадок выпадают малорастворимые сульфаты кальция и нерастворимые SiO₂, соли тяжёлых металлов и п.п.

Раствор, представляющий в основном смесь солей алюминия и железа, используют как смешанный коагулянт для очистки промышленных и сточных вод от взвешенных примесей. Из раствора, содержащего сульфаты алюминия и железа и незначительное количество сульфатов натрия и калия, при переработке гидроксидом натрия выпадают в осадок гидроксиды алюминия и железа, в растворе остаются сульфаты и гидроксиды натрия и калия.

Твёрдый осадок, состоящий из малорастворимых сульфатов кальция и нерастворимых солей тяжёлых металлов SiO₂, и п.п., может быть использован как сырьё для производства строительных материалов.

После отделения твёрдого осадка гидроксидов алюминия и железа от солей натрия и калия фильтрованием и при изменении pH раствора в осадок выпадает нерастворимый Fe(OH)₃, а в раствор переходит NaAl(OH)₄, который при нагревании разлагается на Al₂O₃ и H₂O. Полученный глинозём может быть использован как сырьё для получения металлического алюминия.

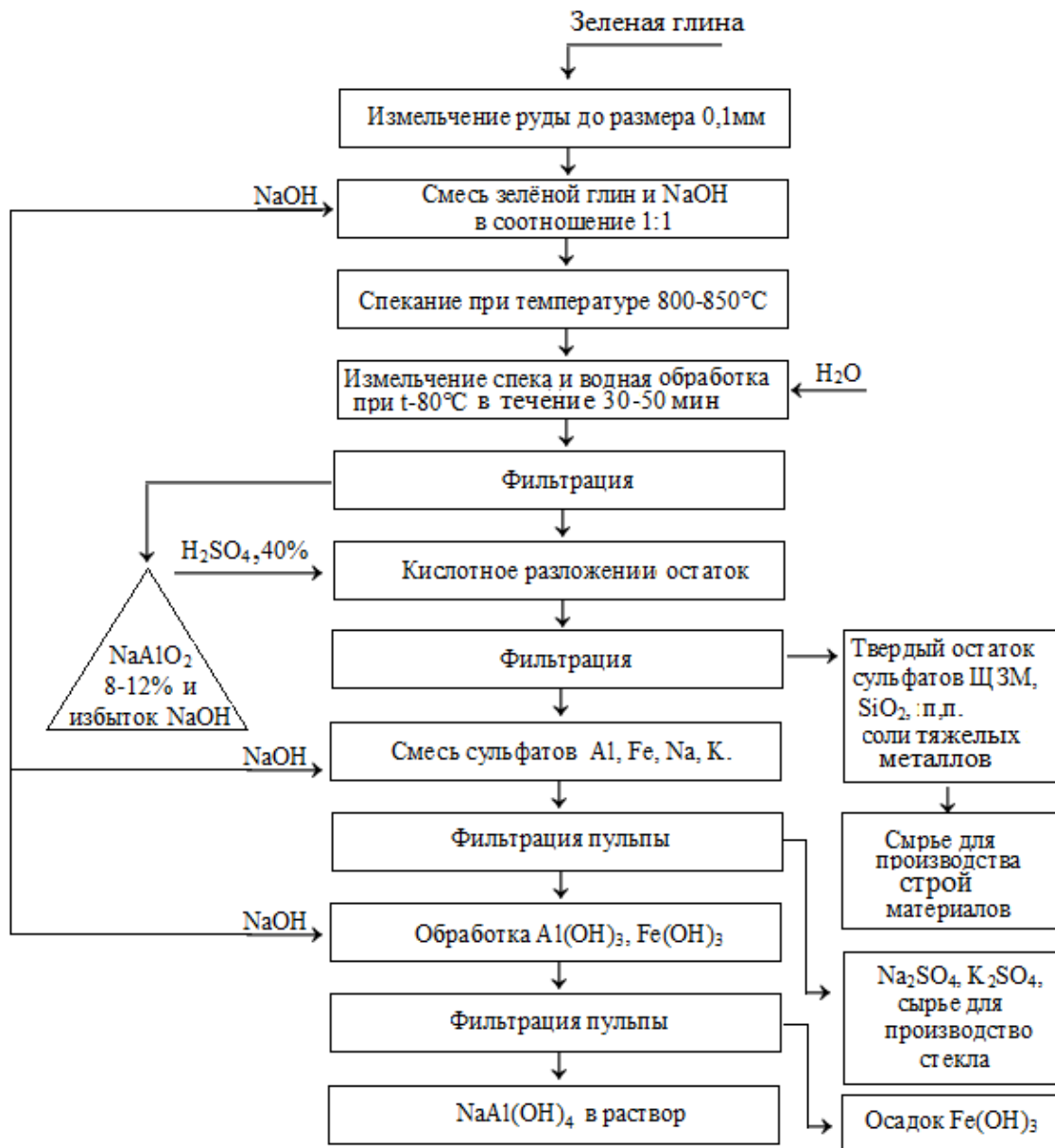


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема переработки зелёной глины Чашма-Санг спеканием и сернокислотным разложением.

Таким образом можно рекомендовать следующие условия разложения зелёной глины месторождения Чашма-Санг: спекание при температуре 800-850°C, соотношение руды и гидроксида натрия = 1:1, продолжительность спекания 1 час, температура водного и сернокислотного разложения 98°C, продолжительность обработки водой 30-50 мин, а обработки серной кислотой 60 мин, концентрация серной кислоты 40%, размер частиц 0.1 мм. При этих условиях извлечение Al_2O_3 составляет 83%, Fe_2O_3 – 57%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирсаидов У.М., Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2016, 92 с.
2. Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э., Пулатов М.С., Мирсаидов У.М. Сернокислотное разложение зелёных глин месторождения Чашма-Санг. – ДАН РТ, 2005, т. 48, № 4, с. 36-42.
3. Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э., Мирзоев М.Х., Мирсаидов У.М. Разработка технологии комплексного использования аргиллитов Чашма-Санг. – Горный журнал, 2013, № 3, с. 82-84.
4. Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э., Мирсаидов У.М. Сернокислотное разложение аргиллитов Зиддинского месторождения. – ДАН РТ, 2005, т. 48, № 2, с. 81-82.
5. Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э., Пулатов М.С., Мирсаидов У.М. Сернокислотное разложение зелёных глин месторождения Чашма-Санг. – ДАН РТ, 2005, т. 48, № 7, с. 36-42.
6. Назаров Ш.Б., Баротов А.М., Курбонов А.С., Мисратов Ж.А., Мирсаидов У.М. Изучение особенностей разложения бор- и алюмосиликатных руд спеканием с CaCl_2 . – Изв. АН РТ, отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2017, № 2(67), с. 95-100.
7. Мирзоев Д.Х., Аъзамов Ш.О., Отаев Ш.Д., Мирсаидов У.М. Водно-кислотное разложение зелёных глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана с предварительным спеканием с гидроксидом натрия. – ДАН РТ, 2018, т. 61, № 5, с. 467-469.

Д.Х.МИРЗОЕВ, Ш.О.АЪЗАМОВ, Н.М.ЧАМОЛОВ, А.М.КАЮМОВ, У.М.МИРСАИДОВ

**АСОСҶОИ ФИЗИКИ ВА ХИМИЯВИИ КОРКАРДИ ГИЛҲОКИ САБЗ БО
КИСЛОТАИ СУЛФАТ БО ПЕШАКИ ТАЙЁР НАМУДАНИ ГУДОЗИШ БО
ГИДРОКСИДИ НАТРИЙ**

Институти химияи ба номи В.И.Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳангоми таҷзияи гилҳоки сабз бо кислотаи сулфат бо пешаки тайёр намудани гудозиши гилҳоки бо гидроксиди натрий, раванди механизми гудозиш бо таҷзия намудан бо кислотаи сулфат ошкор гардид ва шароити оптималии гузарирши раванд муайян карда шуд ва шароитҳои зерини таҷзия барои гилҳоки сабзи қони Чашма-Санг пешниҳод карда шуд: гудозиши бо NaOH дар ҳарорати $800-850^\circ\text{C}$ ба муддати 1 соат ва баъдан коркард бо об ва кислота дар 98°C дар концентратсияи H_2SO_4 40%. Ҷудошави дар ҳамин шароит тақрибан: Al_2O_3 – 83%, Fe_2O_3 – 57% ташкил медиҳад.

Калимаҳои калидӣ: гилҳоки сабз, таҷзия бо кислотаи сулфат, гудозиш, гидроксиди натрий.

D.Kh.MIRZOEV, Sh.O.AZAMOV, N.M.JAMOLOV, A.M.KAYUMOV, U.M.MIRSAIDOV

**PHYSICAL AND CHEMICAL BASES OF SULFURIC ACID DECOMPOSITION
OF GREEN CLAYS WITH PRELIMINARY SINTERING
WITH SODIUM HYDROXIDE**

VI.Nikitin Institute of Chemistry of the Academy of Sciences of Tajikistan

The mechanism of the decomposition process of sinter by sulfuric acid was revealed during the sulfuric acid decomposition of green clays with preliminary sintering with sodium hydroxide and the following conditions for the decomposition of green clays of the Chashma-Sang deposit are recommended: sintering with NaOH at 800-850°C for 1 hour and subsequently aqueous-acid treatment at 98°C and 40% concentration of H₂SO₄. The recovery under these conditions was: Al₂O₃ – 83%, Fe₂O₃ – 57%.

Key words: green clay, sulfuric acid decomposition, sintering, sodium hydroxide.

УДК 624.04

Д.Н.НИЗОМОВ, Р.Р.САИДОВ*, Б.Дж.ФАТТОЕВ**

**РАСЧЕТ ДИАФРАГМ ЖЕСТКОСТИ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ
МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ**

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
АН Республики Таджикистан,*

**Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими,*

***Ташкентский архитектурно-строительный институт (ТАСИ)*

Поступила в редакцию 17.03.2020 г.

В статье изложены результаты численного моделирования задачи диафрагм жесткости на упругом основании с тремя коэффициентами постели методом сосредоточенных деформаций (МСД). Полученные результаты расчета диафрагмы жесткости с отверстиями по МСД сопоставлены с данными, полученными по методу конечных элементов (МКЭ).

Ключевые слова: диафрагма жесткости, численное моделирование, метод сосредоточенных деформаций, упругое основание, нормальные напряжения, концентрация напряжений.

Диафрагма жесткости является одним из основных несущих элементов жилых и общественных зданий, которая обеспечивает их безопасную эксплуатацию. Основной задачей диафрагмы жесткости (с проемами или без проемов) является восприятие горизонтальных сейсмических сил, передающихся на них через диски перекрытий. Диафрагмы жесткости высотных зданий обычно устанавливаются на монолитный плитный фундамент, который в свою очередь опирается на упругое основание. Они воспринимают часть вертикальных и основную часть горизонтальных нагрузок, действующих на здание, и передают их фундаментам. Следовательно, задача, связанная с исследованием концентрации напряжений диафрагм жесткости на упругом основании от действия горизонтальной нагрузки является актуальной. В работе [1-4] получены результаты приближенного анали-

Адрес для корреспонденции: Низомов Джахонгир Низомович. 734029, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 267, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ. E-mail: tiees@mail.ru

тического расчета зданий с учетом работы диафрагм жесткости без учета податливости основания.

В данной статье рассматривается численное решение статической задачи по расчету диафрагмы жесткости с отверстиями при различных граничных условиях по МСД [5, 6]. Отличительная особенность метода сосредоточенных деформаций состоит в том, что он позволяет учитывать податливость реальных швов в конструкциях зданий и сооружений.

Алгоритм расчета. Решение задачи по МСД сводится к системе алгебраических уравнений

$$\mathbf{KU} = \mathbf{P}, \quad (1)$$

где $\mathbf{K} = \mathbf{ACA}^T$ – матрица внешней жесткости, \mathbf{A} – матрица коэффициентов размера $3mn \times n_s$ при разбивке пластинки на $m \times n$ элементов, $n_s = 3(2mn + m + n) + m_0$, m_0 – число упругих опор, установленных в угловых зонах, \mathbf{A}^T – транспонированная матрица коэффициентов \mathbf{A} , \mathbf{C} – матрица внутренней жесткости, \mathbf{U} – вектор искомых перемещений, \mathbf{P} – вектор внешних сил. Следует отметить, что МСД позволяет при формировании матрицы внутренней жесткости \mathbf{C} учитывать деформации реальных швов [5]. Из решения (1) определяется вектор перемещений, а затем вычисляются векторы деформаций и внутренних усилий:

$$\mathbf{D} = -\mathbf{A}^T \mathbf{U}, \quad \mathbf{S} = \mathbf{KD}. \quad (2)$$

Алгоритм расчета по МСД сводится к следующему. Составляется система уравнений равновесия конечных элементов МСД и формируется матрица \mathbf{A} , а затем транспонированием получаем матрицу \mathbf{A}^T . При этом предполагается, что каждый элемент диафрагмы имеет три степени свободы. Предположив, что каждый элемент соединен с окружающими его элементами с помощью комплексных швов, на которых сосредотачиваются деформации элемента и шва, формируется матрица внутренней жесткости \mathbf{C} . Затем формируется матрица внешней жесткости $\mathbf{K} = \mathbf{ACA}^T$. Исходя из заданной нагрузки и собственного веса конструкции формируется вектор свободных членов \mathbf{P} . Из решения системы уравнений (1) итерационным методом Зейделя определяется вектор искомых перемещений \mathbf{U} . По формулам (2) вычисляются векторы деформаций \mathbf{D} и внутренних усилий \mathbf{S} . Элементами вектора внутренних усилий являются нормальная сила, изгибающий момент и поперечная сила на гранях конечных элементов МСД.

На основе разработанной математической модели МСД составлена компьютерная программа и получены результаты расчета диафрагмы жесткости, соответствующие различным расчетным схемам.

Пример. В качестве примера рассмотрим расчет прямоугольной диафрагмы жесткости с пятью прямоугольными отверстиями под действием горизонтальной нагрузки,

равномерно распределенной по вертикальной грани (рис.1). Конечные элементы МСД показаны на рис. 2. Получены результаты напряженно-деформированного состояния расчетной модели при следующих данных:

$$q = 1 \text{ тс/м}; L_x = 5.5 \text{ м}; L_y = 15.5 \text{ м}; \delta = 0.2 \text{ м};$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ МПа}; \mu = 0.3; a = 1.5 \text{ м}; b = 2 \text{ м},$$

где δ – толщина диафрагмы, a, b – размеры проемов, μ – коэффициент Пуассона. С целью сопоставления результатов данная задача была также решена по МКЭ с использованием ПК ЛИРА САПР 2013.

В табл. 1 приведены результаты нормальных и касательных напряжений в угловых зонах опорной части диафрагмы жесткости без отверстий и с отверстиями при ее жестком защемлении с основанием. Результаты, полученные по МСД на сетке 11×31 , сравниваются с данными по МКЭ. Из сравнения видно, что наибольшее отличие наблюдается в результатах по касательным напряжениям, где разница составляет от 37 до 60%. По-видимому, это объясняется тем, что в МСД напряжения в пределах конечного элемента изменяются по линейному закону, а в МКЭ – имеют кусочно-постоянный характер изменения.

Таблица 1

Сравнение результатов нормальных и касательных напряжений в диафрагме жесткости на жестком основании

Сетка	Метод	Без отверстий				С отверстиями			
		σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}	σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}
11x31	МСД	22.13	-21.72	-2.42	-1.79	29.53	-27.72	-3.025	-1.16
	МКЭ	23.50	-23.10	-3.85	-3.24	29.60	-28.50	-3.74	-2.94
Разница в %		5.8	5.9	37.1	44.7	0.23	2.73	19.1	60.5

В табл. 2 сравниваются нормальные напряжения, соответствующие узлам на горизонтальных линиях ad и eh защемленной диафрагмы жесткости с отверстиями (рис. 1). Видно, что наибольшее отличие в результатах наблюдается в узлах вблизи угловых зон отверстий, где повышается уровень концентрации напряжений. Следует также заметить, что картины распределения нормальных напряжений, как по высоте, так и по ширине диафрагмы жесткости, полученные по обоим методам, практически совпадают.

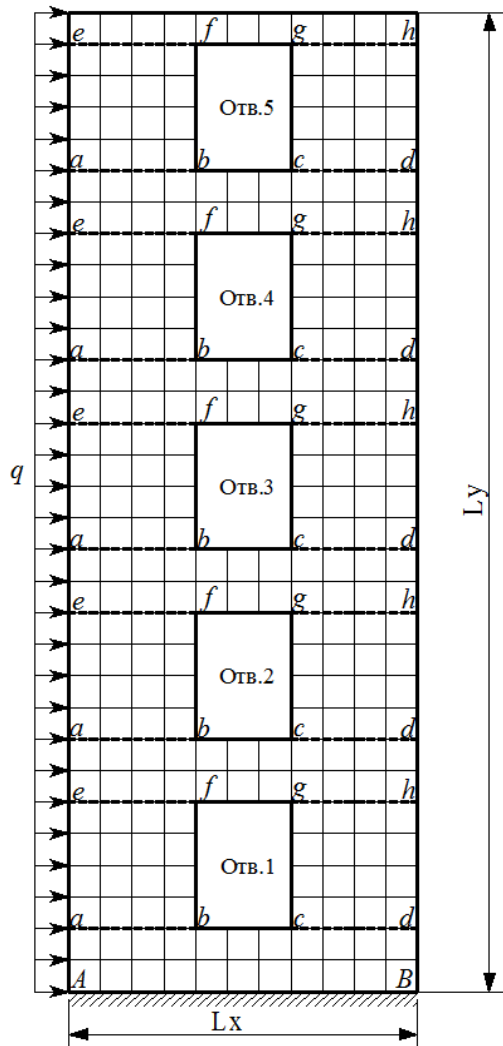


Рис. 1. Дискретная модель диафрагмы жесткости 5-этажного здания.

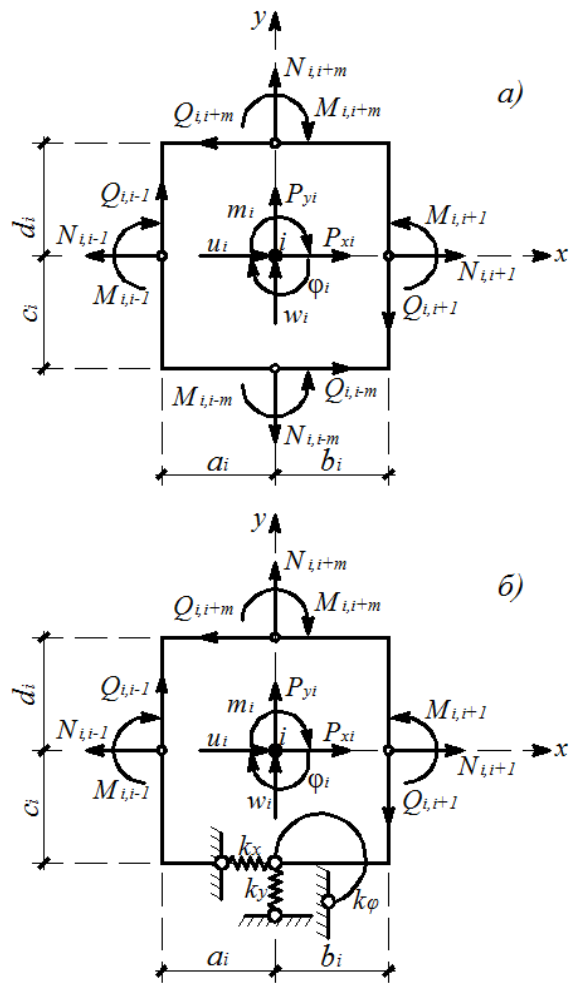


Рис. 2. Конечные элементы МСД:
а – элемент внутри области; б – на контуре контакта

Таблица 2

Нормальные напряжения диафрагмы жесткости с отверстиями на жестком основании

№ отверстия	Метод	Нормальные напряжения							
		$\sigma_{y,(a)}$	$\sigma_{y,(b)}$	$\sigma_{y,(c)}$	$\sigma_{y,(d)}$	$\sigma_{y,(e)}$	$\sigma_{y,(f)}$	$\sigma_{y,(g)}$	$\sigma_{y,(h)}$
1	МСД	23.67	-6.91	8.81	-24.42	13.06	6.67	-6.74	-13.12
	МКЭ	23.30	-3.86	3.67	-23.30	13.80	6.06	-6.06	-13.80
2	МСД	11.63	-2.94	2.58	-11.36	5.10	9.15	-9.45	-4.88
	МКЭ	12.60	-1.27	1.35	-12.70	6.48	5.74	-5.86	-6.33
3	МСД	4.83	-0.92	0.65	-4.65	0.86	1.78	-8.01	-0.71
	МКЭ	6.27	-1.01	0.911	-6.23	2.12	4.04	-4.19	-1.92
4	МСД	1.10	-0.216	0.038	-0.98	0.83	5.10	-5.26	-0.91
	МКЭ	2.17	-0.76	0.634	-2.12	0.102	2.27	-2.39	-0.257
5	МСД	0.196	-0.67	0.59	-0.189	0.263	1.72	-1.46	0.640
	МКЭ	0.228	-0.857	0.88	-0.333	0.074	0.399	-0.299	-0.125

Упругая податливость грунта основания характеризуется следующими параметрами: допускаемым статическим давлением σ_s ; коэффициентом упругости при вертикальном равномерном сжатии c_y ; коэффициентом закручивания основания c_ϕ ; коэффициентом упругости при равномерном сдвиге c_x . При этом коэффициенты жесткости опор, соответствующие сжатию, повороту и сдвигу, определяются так:

$$k_y = c_y F_y; k_\phi = c_\phi J_y; k_x = c_x F_x;$$

где $F_y = F_x = \delta \cdot d_x$; $J_y = \delta \cdot d_x^3 / 12$ – площадь и момент инерции грани конечного элемента, соприкасающейся с основанием. Упругая податливость грунта характеризуется коэффициентами равномерного сжатия, поворота и сдвига и принимаются равными:

$$c_y = 4 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3, c_\phi = 8 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3, c_x = 2 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3.$$

Получены результаты расчета диафрагм жесткости с учетом податливости упругого основания. В табл. 3 приведены нормальные и касательные напряжения, полученные по МСД для различных видов расчетных моделей диафрагм жесткости. Сравниваются результаты, полученные для диафрагм жесткости с жестким основанием (ЖО) и с упругим основанием, а также с отверстиями и без отверстий. Эти результаты напряженного состояния получены с использованием уравнений (2) соответствуют угловым зонам в опорной части диафрагмы.

Таблица 3

Сравнение результатов напряжений в угловых зонах.

Метод (сетка)	Граничные условия	Без отверстий				С отверстиями			
		σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}	σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}
МСД (11x31)	УО	10.30	-10.29	-2.09	-1.63	11.40	-11.35	-2.23	-1.41
	ЖО	22.13	-21.72	-2.42	-1.79	29.53	-27.72	-3.025	-1.16

Из сравнения результатов расчета видно, что нормальные напряжения в угловых зонах модели с отверстием примерно на 10% больше, чем в модели без отверстия. Можно заметить, что нормальные напряжения при ЖО примерно в два раза больше чем при УО. Как видно из табл. 2 на опорной линии диафрагмы с отверстиями уровень концентрации нормальных напряжений несколько возрастает по сравнению с диафрагмой без отверстий.

На рис. 3 показаны графики распределения нормальных напряжений по линии AB при различных граничных условиях: жесткое основание – кривая 1; упругое основание - кривая 2.

Отметим, что напряжения в угловых точках A и B получены на основе квадратичной аппроксимации исходя из данных, соответствующих нижним граням конечных элементов в опорной части [5]. Видно, что в модели на упругом основании с отверстиями нормальные напряжения почти в три раза меньше, чем при жестком основании.

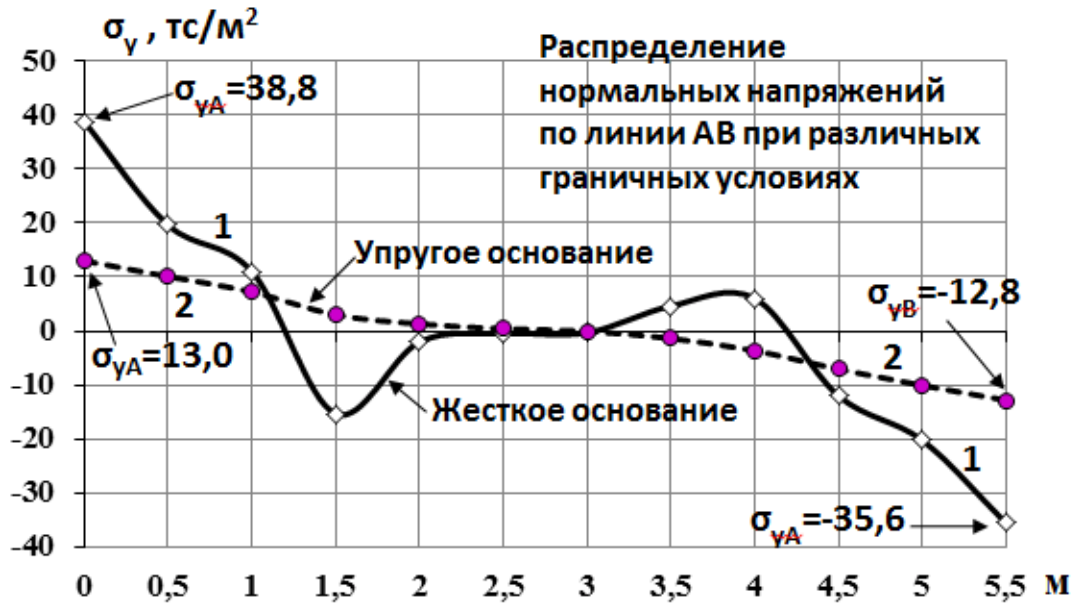


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений σ_y по горизонтальной линии, проходящей по подошве диафрагмы жесткости с отверстиями при различных граничных условиях: 1 – жесткое основание, 2 – упругое основание.

В табл. 4 представлены значения нормальных напряжений, соответствующих угловым точкам модели диафрагмы жесткости на упругом основании с отверстиями, полученных по МСД.

Таблица 4

Нормальные напряжения вблизи отверстий

№№ отверстий	Нормальные напряжения							
	$\sigma_{y,(a)}$	$\sigma_{y,(b)}$	$\sigma_{y,(c)}$	$\sigma_{y,(d)}$	$\sigma_{y,(e)}$	$\sigma_{y,(f)}$	$\sigma_{y,(g)}$	$\sigma_{y,(h)}$
1	14.01	-17.96	4.53	-15,65	7.14	7.99	-8.26	-7.10
2	6.80	-13.59	7.23	-6.27	2.41	7.63	-8.03	-2.08
3	2.46	-2.14	1.12	-2.22	1.44	5.74	-5.98	-1.72
4	0.302	-0.078	2.07	-1.75	0.75	3.46	-3.62	-0.83
5	0.257	-0.037	0.30	-0.25	0.22	1.17	-0.91	-0.15

Из сравнения результатов, приведенных в табл. 4 и табл.2 видно, что уровень напряженного состояния в сечениях диафрагмы на упругоподатливом основании примерно в два раза меньше, чем в аналогичной диафрагме на жестком основании.

Вывод. Разработанные алгоритм и компьютерная программа позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние диафрагм жесткости многоэтажных зданий. Анализ результатов численного моделирования плосконапряженного состояния диафрагмы жесткости с отверстиями, полученных по МСД показывает, что учет упругой податливости грунта приводит к уменьшению концентрации напряжений. Предлагаемая ме-

тодика расчета диафрагм жесткости может быть использована при вариантном проектировании зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дыховичный Ю.А. Конструирование и расчет жилых и общественных зданий повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1970, 248 с.
2. Дроздов П.Ф. Совместная работа ядер и диафрагм в несущей системе многоэтажного здания. – Бетон и железобетон. 1974, №12, с. 32-34.
3. Ханджи В.В. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом: монография. – М.: Стройиздат, 1977, 187 с.
4. Борджес Дж.Ф., Равара А. Проектирование железобетонных конструкций для сейсмических районов. – М.: Стройиздат, 1978, 135 с.
5. Низомов Д.Н, Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций. – Душанбе: "Дониш ", 2015, 436 с.
6. Саидов Р.Р. Численное решение статических задач теории упругости методом сосредоточенных деформаций. – Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 4 (40), 2018, с. 186-193.

Ў.Н.НИЗОМОВ, Р.Р.САИДОВ*, Б.ФАТТОВ**

ҲИСОБИ ДИАФРАГМАИ САҲТӢ БО АСОСИ ЧАНДИРӢ МЕТОДИ МУТАМАРКАЗКУНОНИИ ДЕФОРМАТСИЯҲО

Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,

**Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осими*

***Донишқадаи меъморӣ сохтмони Тошкент*

Дар мақола натиҷаҳои моделкунонии ададии масъалаи статикӣ диафрагмаи мазбутии асоси чандирӣ дорои се коэффисенти нармӣ дошта, ки дар асоси методи мутамарказкунонии деформатсияҳо (ММД) пайдо карда шудаанд, дарҷ гардида аст. Натиҷаҳои ба даст овардашуда ҳисоби диафрагмаи мазбутии дорои якчанд сурохиҳо аз рӯи ММД бо натиҷаҳои методи элеменҳои охиринок (МЭО) муқоиса карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: диафрагмаи мазбути, моделсозии ададӣ, методи мутамарказкунонии деформатсияҳо, асоси чандирӣ, шиддатҳои нормалӣ, концентратсияи шиддатҳо.

J.N.NIZOMOV, R.R.SAIDOV*, B.J.FATTOEV**

**CALCULATION OF HARDNESS DIAGRAMS ON AN ELASTIC BASIS
BY THE METHOD OF FOCUSED DEFORMATIONS**

*Institute of geology, earthquake engineering and seismology,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,*

**Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi,*

***Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering (TIAE)*

The article presents the results of numerical simulation of the stiffness diaphragm problem on an elastic base with three bed coefficients using the method of concentrated deformations (MCD). The obtained results of calculating the stiffness diaphragm with holes according to the MCD are compared with data obtained by the finite element method (FEM).

Key words: a rigidity diaphragm, numerical modelling, a method of the concentrated deformations, the elastic basis, normal pressure, concentration of pressure.

УДК 550.0 (575.3)

М.М.МАМАДВАФОЕВ, Д.А.ДАВЛАТШОЕВ

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АПАТИТА И ДРУГИХ
АКЦЕССОРНЫХ И ПЕТРОГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ В ПОРОДАХ
ИНТРУЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАФАНДАРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ
(ВОСТОЧНЫЙ ГИССАР)**

УП «Геологическая поисково-съёмочная экспедиция»

Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 13.03. 2020 г.

В статье рассматриваются закономерности количественного распределения апатита – главного минерала-концентратора фосфора, а также породообразующих кварца, ортоклаза, альбита, анортита, биотита, горнблендита и акцессорных – корунда, волластонита, кальцита, магнетита и ильменита в II типах гранитоидных пород инверсионного ($C_2 - C_3$) и постинверсионно-орогенного (P_1) интрузивных комплексов Кафандарского рудного поля. Сделан вывод о том, что распределение апатита в гранитоидных породах интрузивных комплексов управляется универсальным механизмом кислотно-основного взаимодействия компонентов в магматических расплавах.

Ключевые слова: Восточный Гиссар, Кафандарское рудное поле, гранитоидные и лампрофировые породы интрузивных комплексов, распределение апатита в породах, связь апатита с петрогенными и акцессорными минералами.

1. Введение. В связи с тем, что взаимоотношения апатита с петрогенными и акцессорными минералами пород интрузивных комплексов Центрального Таджикистана специально не изучены, работа представляет попытку осветить данный вопрос на примере площади Кафандарского рудного поля. Количественные данные о содержаниях апатита – главного минерала-концентратора фосфора, а также других акцессорных и петрогенных

Адрес для корреспонденции: Мамадвафоев Мабатшио Мамадвафоевич. 734025, Душанбе, ул. Мирзо Турсунзаде, 25. E-mail: m.mamadvafoev@gmail.com
E-mail: davlatsho.davlatshoev@gmail.com

минералов пород интрузивных комплексов авторами выведены путём пересчёта их химического состава на нормативный минеральный состав по методу Кросса, Иддингса, Пирсона, Уошингтона – СУРВ [1]. Анализ фосфора в виде P_2O_5 , а также оксидов петрогенных и аксессуарных элементов большей частью (143) опубликованы [2]. Дополнительно 65 анализов авторам любезно передал В.Г.Нестеров, которого вспоминают они с глубокой благодарностью.

2. Краткая характеристика пород интрузивных комплексов рудного поля. Кафандарское скарново-магнетитовое и оксидно-сульфидное полиметалльное рудное поле [2-5] характеризуется весьма широким (~75%) развитием интрузивных пород, которые по существующим схемам возрастной последовательности их проявления [5,6] и с учётом исследований Е.А.Космынина, В.Г.Нестерова, М.М.Мамадвафоева и др. [2,3] расчленены на четыре комплекса: 1) инверсионный, *среднекаменноугольный* комплекс диоритов, кварцевых диоритов, гранодиоритов и их дайковых дериватов; 2) тоже, *позднекаменноугольный* комплекс порфиридных крупно-среднезернистых биотитовых и роговообманково-биотитовых гранит-адамеллитов; мелко-среднезернистых роговообманково-биотитовых гранит-адамеллитов; мелкозернистых биотитовых, двуслюдяных и турмалинизированных аплитовидных гранитов и их дайковых варьетитов; 3) постинверсионно-орогенный, *раннепермский*, комплекс субвулканических порфиридных интрузий трахиандезит (трахибазальт) – дацит-риолитовой формации, 4) тафрогенный, *позднепермский*, комплекс субвулканических даек и трубок взрыва базальтоидов и щелочных базальтоидов.

Инверсионные (C_2 - C_3) гранитоидные комплексы представляют аналоги интрузий Оби-Гарм – Рамитского плутона на востоке и Северо-Варзобского – на западе [5,6]. Гранодиориты *среднекаменноугольного* комплекса занимают центральные и более глубокие части интрузий, а кварцевые диориты и диориты – их периферические части. Широко развиты кварцевые диориты. Породы комплекса средне-мелкозернистые, сопровождаются дайками аплитов и пегматитов. Среди *позднекаменноугольного* комплекса гранитоидов широко развиты порфиридные крупно-среднезернистые граниты-адамеллиты, наименее проявлены их дайковые дериваты – аплиты, пегматиты, лампрофиры диоритового ряда и другие породы. Постинверсионно-орогенный, *раннепермский* комплекс представлен дайками кварцевых латит-порфиров, гранит-порфиров и кварцевых порфиров – корнями вулканических покровов, уничтоженных эрозией в поздней перми - раннем триасе [6,7]. Магматизм в рудном поле, как и в его регионе, завершается проявлениями *позднепермского* комплекса лампрофиров щелочных базальтоидов [2]. Ниже распределение апатита рассматривается в породах первых трёх (C_2 , C_3 , P_1) интрузивных комплексов.

3. Особенности распределения апатита и других минералов в породах интрузивных комплексов. Особенности распределения и поведения апатита рассматриваются в 11 типах разновозрастных пород интрузивных комплексов рудного поля в тесной связи с поведением других аксессуарных (корунд, магнетит, гематит, ильменит, волластонит,

кальцит) и петрогенных (кварц, ортоклаз, альбит, анортит, биотит, горнблендит) минералов. Из данных нижеприведенной таблицы и рис. 1 следует, что в распределении апатита в породах известково-щелочного ряда, представляющих инверсионные среднекаменноугольный диорит-гранодиоритовый, позднекаменноугольный гранит-адамеллит-лейкогранитовый и постинверсионно-орогенный, раннепермский, субвулканический порфировый комплексы, независимо от их возрастной и геотектонической позиции, на фоне понижения основности и роста кремнекислотности пород, имеет место уменьшение среднего содержания апатита, а также анортита, волластонита, кальцита, магнетита, ильменита и биотита – более «электроположительных минералов» [8] и увеличение среднего содержания кварца, корунда, ортоклаза и альбита – более «электроотрицательных минералов» [8]. Эти очевидные и ожидаемые закономерности в распределении апатита на фоне поведения других петрогенных и акцессорных минералов, характеризующиеся различными кислотно-основными свойствами [8-11], свидетельствуют о том, что распределение фосфора в гранитоидах весьма тесно связано, с одной стороны с кислотно-основными свойствами породообразующих и акцессорных минералов, а с другой – с содержанием последних в гранитоидах [12]. А.Б.Вистелиус [12], а вслед за ним В.А.Нарсеев и А.Н.Бугаец [13] показали, что кварц является сильнейшим антагонистом фосфора, в силу чего рост его содержания в породах обратно пропорционален в среднем содержанию кварца, но в среднем прямо пропорционально содержаниям темноцветных минералов, что полностью согласуется с данными нижеприведенных таблицы и рис. 1. Причиной такой зависимости между апатитом – с одной стороны, и другими минералами – с другой, является, вероятнее всего, универсальный механизм кислотно-основной дифференциации компонентов в магматическом расплаве [10,11,14,15]. На положительную связь PO_4^{3-} -аниона и Ca^{2+} указывали ряд исследователей [12,13,16]. Согласно В.В.Щербине [17] она обусловлена, вероятнее всего, их кристаллохимическими свойствами, а именно, некоторым оптимальным отношением размеров катионов Ca^{2+} к размеру PO_4^{3-} -аниона. А.А.Беус [18] склонен усмотреть эту связь в выплавлении фосфора из вещества мантии и его накоплении в основном, в основных и средних породах, как более богатых, чем другие породы, не только кальцием, но и Mg, Fe, Ti, Mn. Представляется, что вышеупомянутая прямо пропорциональная связь фосфора с темноцветными минералами пород [12] обусловлена, в конечном счёте, сильно выраженной сидерофильностью фосфора [19], определяющая его преимущественное поведение не только в магматических породах, но и в ряде других [20].

Таблица

Распространённость (в %) апатита и других аксессуарных и петрогенных минералов в породах интрузивных комплексов
Кафандарского рудного поля

Номера пород на рис.2	Породы	Минералы											Кол-во анализов	
		<i>ap</i> *	<i>Q</i>	<i>c</i>	<i>or</i>	<i>ab</i>	<i>an</i>	<i>wo</i>	<i>mt</i>	<i>il</i>	<i>cc</i>	<i>bi</i>		<i>hbl</i>
Инверсионный, среднекаменноугольный, диорит-гранодиоритовый комплекс														
1	Диориты	0.50	23.50	1.71	3.85	24.40	15.50	1.01	2.58	1.03	3.60	19.80	0.00	14
2	Кварцевые диориты	0.41	23.60	1.17	5.67	26.40	18.56	1.17	1.59	1.05	1.26	17.50	0.14	26
3	Гранодиориты	0.36	26.30	1.29	11.40	29.50	14.30	0.66	1.78	0.78	1.38	11.30	0.00	26
Инверсионный, позднекаменноугольный, гранит-адамеллит-лейкогранитовый														
4	Граниты-адамеллиты	0.33	25.40	0.40	11.90	32.30	14.60	0.37	1.20	0.93	0.43	11.40	0.00	19
5	Аплитовидные лейкограниты	0.27	29.70	0.63	16.40	42.10	3.82	0.40	0.75	0.25	0.80	3.96	0.25	30
Инверсионные лампрофиры позднекаменноугольного гранитоидного комплекса														
6	Вогезиты	2.14	9.20	0.55	0.91	32.52	10.02	0.52	3.67	2.46	4.27	21.61	7.33	10
7	Спессартиты	1.20	15.35	1.78	2.53	22.56	13.35	0.61	2.47	1.93	5.23	24.15	3.14	27
8	Керсантиты	0.86	14.36	2.23	4.53	22.15	13.70	1.51	2.41	2.07	5.67	22.95	2.72	17
Постинверсионно-орогенный, раннепермский, субвулканический порфировый комплекс														
9	Кварцевые латит-порфиры	0.44	26.60	3.73	9.72	27.90	8.82	0.10	2.77	0.89	5.56	9.47	0.25	14
10	Гранит-порфиры	0.29	32.20	2.39	15.54	36.12	3.30	0.07	0.65	0.54	1.34	6.06	0.00	9
11	Кварцевые порфиры	0.13	36.98	2.31	17.55	30.83	4.33	0.00	1.40	0.30	0.71	4.33	0.00	16

*- Примечание. Символы минералов: Q – кварц, c – корунд, or – ортоклаз, ab – альбит, an – анортит, wo – волластонит, mt – магнетит, il – ильменит, ap – апатит, cc – кальцит, bi – биотит, hbl – горнблендит.

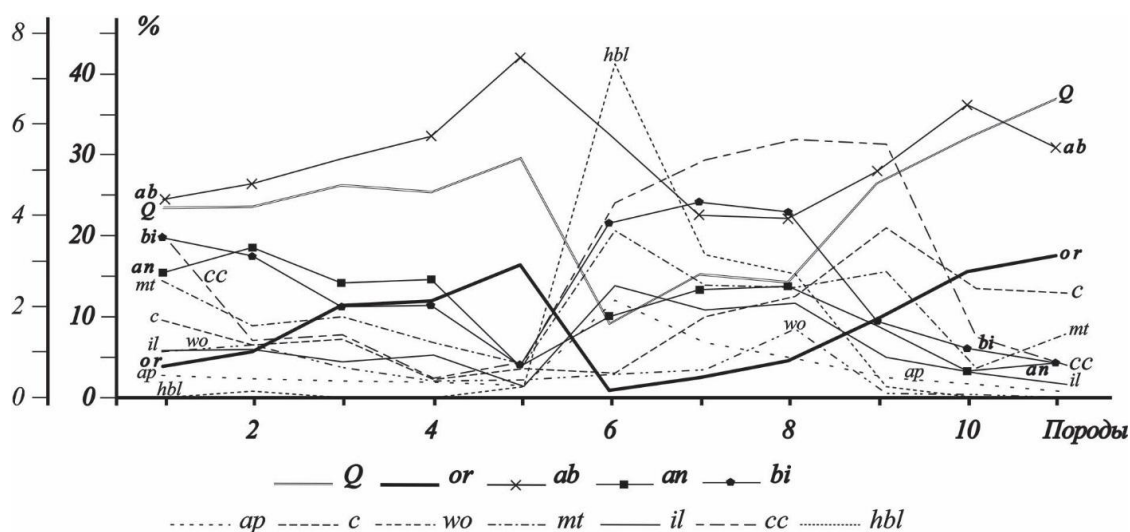


Рис. 1. Особенности распределения апатита и других акцессорных и петрогенных минералов в породах интрузивных комплексов Кафандарского рудного поля. На оси ординаты шкала с полужирными цифрами относится к минералам, обозначенным на кривых полужирными символами.

Вышеизложенные особенности поведения фосфора в генетически связанных комплексах интрузивных пород, определяемые кислотно-основной дифференциацией компонентов в кристаллизующихся магматических расплавах, отчётливо прослеживаются на рис. 2. Здесь имеет место обратная зависимость между *средними* содержаниями апатита – с одной стороны, и кварца, ортоклаза, альбита – с другой, при прямой зависимости между апатитом, магнетитом, ильменитом и биотитом в 11 типах пород трёх интрузивных комплексов, что, опять-таки, подтверждает вышеуказанную концепцию кислотно-основной дифференциации компонентов в магматических расплавах.

Своеобразны взаимоотношения апатита с другими минералами в инверсионных лампрофитах диоритового ряда (таблица; рис.1). В них, в ряду вогезиты → спессартиты → керсантиты, при уменьшении содержания более электроположительных апатита, магнетита, ильменита, горнблендита (и альбита ?!) имеет место закономерное увеличение содержания не только менее электроположительных (более электроотрицательных) кварца, корунда и ортоклаза, но и менее электроположительных анортита, волластонита, кальцита и биотита. Эта двойственная особенность лампрофитов обусловлена, вероятнее всего, кислотно-основным взаимодействием компонентов в расплавах [10,11,14-16] при наложении трансмагматических растворов повышенной щёлочности на диабазовую [22] и/или диоритовую [23] магму.

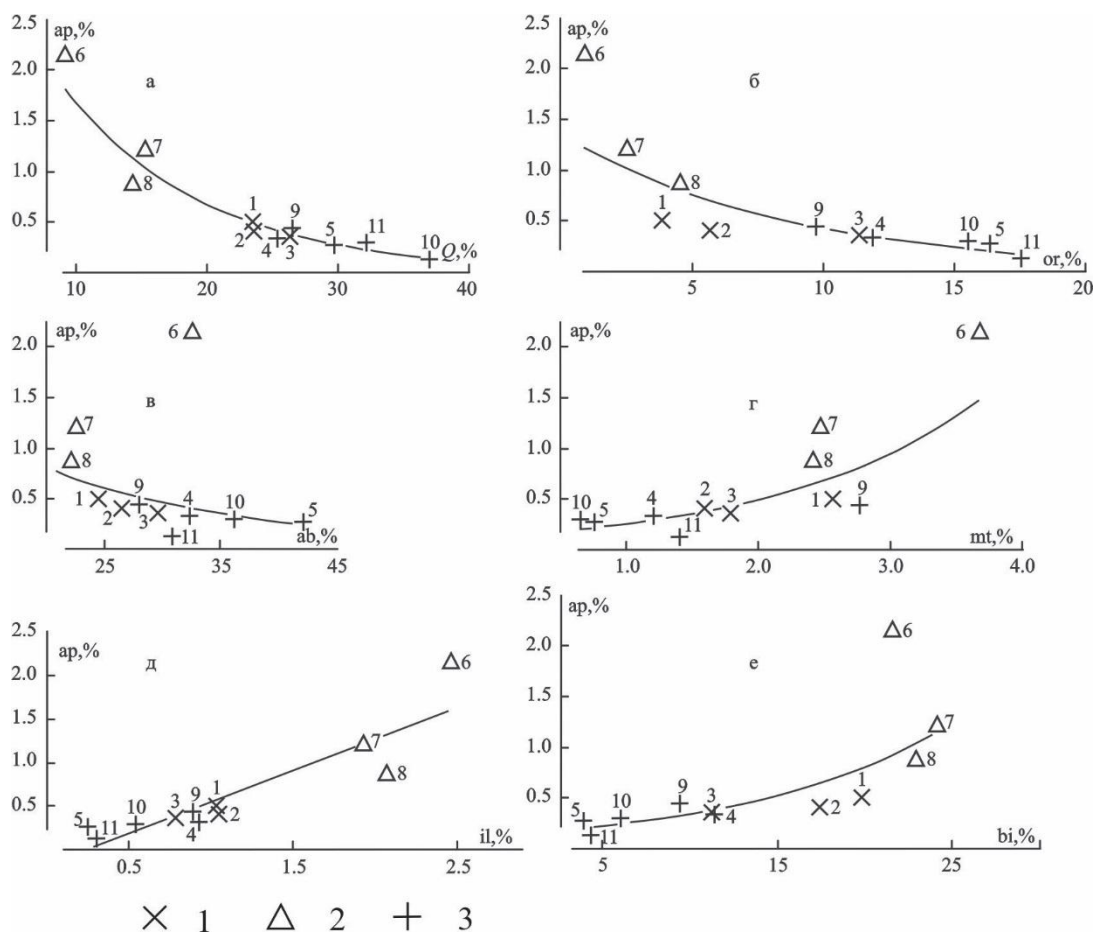


Рис. 2. Вид регрессионных зависимостей между апатитом и кварцем (а), апатитом и ортоклазом (б), апатитом и альбитом (в), апатитом и магнетитом (г), апатитом и ильменитом (д), апатитом и биотитом (е) в породах интрузивных комплексов Кафандарского рудного поля: $y = a + b / x$ (фиг. а, б, в); $y = a + b + cx$ (фиг. г, е); $y = ax + b$ (фиг. д) [21]. Породы состава: 1 – умеренно кремнекислого (среднего), 2 – щелочного, 3 – кремнекислого (по данным таблицы).

Закключение. Изложенные в работе прецизионные фактические данные допускают принять, что поведение апатита в генетически связанных комплексах интрузивных пород Кафандарского рудного поля регулируется универсальным механизмом кислотно-основной дифференциации компонентов в кристаллизующихся магматических расплавах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Четвериков С.Д. Руководство к петрохимическим пересчётам химических анализов горных пород и определению их химических типов. – М.: Госгеолтехиздат, 1956, 246 с.
2. Мамадвафоев М.М. Петролого-геохимические особенности интрузивных комплексов некоторых рудных полей Зеравшано-Гиссарской металлогенической зоны и связанное с ними оруденение. – Душанбе: Ирфон, 2017, 236 с.
3. Мамадвафоев М.М., Бахтдавлатов Р.Д., Давлатшоев Д.А. Труды Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан. Выпуск 2. – Душанбе: Дониш, 2019, с. 53-68.

4. Баратов Р.Б., Блохина Н.А. – Труды Института геологии АН ТаджССР. Вып. II, 1957, с.135-254.
5. Баратов Р.Б. Интрузивные комплексы Южного склона Гиссарского хребта и связанное с ними оруденение. – Душанбе: Дониш, 1966, 336 с.
6. Хасанов А.Х. Петрология и рудоносность метасоматических комплексов Центрального Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1976, 249 с.
7. Мамадвафоев М.М. Геохимические особенности и рудоносность пермских магматических комплексов Южного Гиссара (Центральный Таджикистан). – Душанбе: Ирфон, 2016, 208 с.
8. Адамчук И.П. – В сб.: Вопросы петрологии и рудообразования. – Томск: Изд. Томского университета, 1974, с. 3-10.
9. Маракушев А.А. – Бюлл. МОИП. Отд. геол., 1976, № 1, с. 5-25.
10. Коржинский Д.С. В сб.: Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. – М.: Гос. науч. техн. изд-во лит. по геол. и охране недр. 1960, с. 21-30.
11. Коржинский Д.С. В сб.: Исследование природного и технического минералообразования. – М.: Наука, 1966, с. 5-23.
12. Вистелиус А.Б. Фосфор в гранитоидах Центрального Тянь-Шаня. – Геохимия, 1962, № 2, с. 116-132.
13. Нарсеев В.А., Бугаец А.Н. – Вестник АН Казахской ССР, 1963, № 2, с. 30-35.
14. Груза В.В. Геохимия, 1970, № 3, с. 319-331.
15. Груза В.В. – ДАН СССР, 1967, т. 173, № 5, с. 1177-1180.
16. Груза В.В., Мызников В.А. Геохимия, 1970, № 3, с. 319-331.
17. Щербина В.В. В сб.: Исследование природного и технического минералообразования. – М.: Наука, 1966, с. 23-26.
18. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1972, 296 с.
19. Гольдшмидт В.М. Геохимия. – Лондон: Изд. Оксфордского университета, 1954, 760 с.
20. Бадалов С.Т. Геохимические особенности рудообразующих систем. – Ташкент: Фан, 1991, 142 с.
21. Родионов Д.А., Коган Р.И., Голубева В.А. и др. Справочник по математическим методам в геологии. – М.: Недра, 1987, 336 с.
22. Коржинский Д.С. В сб.: Геохимия. Минералогия. Петрология. МГК, XXV сессия. Доклады Советских геологов. – М.: Наука, 1976, с. 320-327.
23. Мамадвафоев М.М., Давлатшоев Д.А. – Изв. АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2019, № 2, с. 92-99.

М.М.МАМАДВАФОЕВ, Д.А.ДАВЛАТШОЕВ

**ХУСУСИЯТҲОИ ТАҚСИМШАВИИ АПАТИТ ВА ДИГАР МИНЕРАЛҲОИ
АКСЕССОРӢ ВА ПЕТРОГЕНӢ ДАР ЧИНСОИ КОМПЛЕКСҲОИ
ИНТРУЗИВИИ МАӢДАННОКИ КАФАНДАР
(ҲИСОРИ ШАРҚӢ)**

*КВ «Экспедицияи ҷустуҷӯию аксардории геологи»-и
Саридораи геологии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола қонуниятҳои тақсимшавии микдорӣ апатит – минерал-ғунқунандаи асосии фосфор, ва ҳам чинсофарандагон – кварцс, ортоклаз, альбит, анортит, биотит,

горнблендит ва аксессуарӣ – корунд, волластонит, калсит, магнетит ва илменит дар 11 типи чинсҳои гранитоидии инверсионӣ (C2 – C3) ва постинверсионӣ-орогении (P1) комплексҳои интрузивии майдони маъдандори Кафандар баррасӣ гардидаанд. Хулоса ба-роварда шудааст, ки тақсимшавии апатит дар чинсҳои гранитоидии комплексҳои интрузивӣ ба механизми универсалии баҳамтасиркунии кислота-ишқории компонентҳо дар ғудохтаҳои магматикӣ тобеъ аст.

Калимаҳои калидӣ: Ҳисори Шарқӣ, майдони маъдани Кафандар, чинсҳои гранитоидӣ ва лампрофирии комплексҳои интрузивӣ, тақсимшавии апатит дар чинсҳо, алоқаи апатит бо минералҳои петрогенӣ ва аксессуарӣ.

M.M.MAMADVAFOEV, D.A.DAVLATSHOEV

**SPECIAL ASPECTS OF THE APATITE DISTRIBUTION AND OTHER
ACCESSORAL AND PETROGENIC MINERALS IN THE INTRUSIVE ROCKS
OF KAFANDAR ORE FIELD COMPLEXES (EASTERN HISSAR)**

*UE “Geological search and survey expedition” of the Main Department of Geology
under the Government of the Republic of Tajikistan*

The article discusses the common factors of the quantitative distribution of apatite - the main mineral concentrator of phosphorus, as well as rock-forming quartz, orthoclase, albite, anorthite, biotite, hornblende and accessory corundum, wollastonite, calcite, magnetite and ilmenite in 11 types of inversion granitoid rocks (C2 - C3) and post-inversion-orogenic (P1) intrusive complexes of the Kafandar ore field. It is concluded that the distribution of apatite in granitoid rocks of intrusive complexes is controlled by the universal mechanism of the acid-base interaction of components in magmatic melts.

Key words: East Gissar, Kafandara ore field, granitoid and lamprophyric rocks of intrusive complexes, apatite distribution in rocks, connection of apatite with petrogenic and accessory minerals.

УДК 550.2/552.313

А.К.ОШУРМАМАНДОВ

**ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВУЛКАНО-
ПЛУТОНИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ ЮЖНО-ГИССАРСКОЙ ЗОНЫ**

УП «Геологическая поисково-съёмочная экспедиция»

Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 30.03.2020

В статье приводятся результаты комплексных петрохимических исследований, необходимых для выяснения генезиса кислых вулканитов Лучобского комплекса и их соотношений с родственными плутонитами, выявления геодинамических условий формирования и выяснения вопросов эволюции вулканитов Южного Гиссара.

Ключевые слова: дациты, трахидациты, дациториолиты, риолиты, андезиты, Южно-Гиссарская зона.

Исследования петрохимических особенностей кислых вулканитов и гранитоидов на Южном Гиссаре проводились в процессе поисковых и тематических работ Н.М.Синициным (1955-1960), А.П.Марковским (1937), С.К.Овчинниковым (1956), Е.Н.Горецкой, Н.К.Морозенко, (1962), П.К.Виноградовым (1967), Е.А.Ефименко (1965), А.С.Шадчиневым (1971-1982), Д.А.Старшининым (1971), Г.Л.Бельговским (1974), Гопфауфом (1982), Р.Б.Баратовым (1966), В.М.Брейвинской (1965), В.А.Кутенцом, И.В.Мушкиным, В.Г.Нестеровым (1964), Р.Б.Баратовым совместно с А.К.Мельниченко (1995), Ю.В.Карпенко, Д.А.Старшининым (2001) [1, 2, 3]. На основе сравнительных структурно-геологических, возрастных, петрографических, петрохимических, металлогенических, акцессорно-минералогических и геохимических критериев сделан вывод о сходстве и вероятной комагматичности гранитов и риолитов Южного Гиссара [3, 4]. Петрохимическая характеристика вулканитов Лучобского комплекса дана В.М.Стебловой и В.В.Нарижневым в 1984 году (фондовые материалы). Некоторые данные по содержанию

Адрес для корреспонденции: Ошурмамандов Алишер Киргизович.7340025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзоде, 25, УП «Геологическая поисково-съёмочная экспедиция» Главного управления геологии при Правительстве РТ. E-mail: vulcanite@bk.ru

элементов заимствованы из работ В.М.Стеблова, В.В.Нарижнева и монографии Мамад-вафоева М.М (2016) [4].

В процессе выполнения исследований установлены основные геолого-петрологические особенности и физико-химические условия формирования раннепермских кислых вулканитов, на количественной основе изучено распределение редких элементов во всех типах эффузивных пород и проведена геохимическая типизация с целью выяснения их генетической природы, дана оценка потенциальной рудоносности вулканитов и выявлена их связь с определенным редкометальным оруденением. Лучобский комплекс выделен из этих толщ, определено его положение в регионе, предложены наименования сурхакской, муминской, такабошской и тайронской толщ.

Сурхакская толща (P₁ sr). В состав сурхакской толщи входят кислые вулканиты, представленные преимущественно дацитами, трахидацитами, дациториолитами и риолитами.

Дациты Лучобской серии входят в кислые вулканиты, характеризующиеся повышенным содержанием SiO₂ (61.59-65.76%), суммы щелочей (6.40-6.50%); фигуративные точки на диаграмме K₂O+Na₂O-SiO₂ находятся в области субщелочных гранитоидов.

Трахидациты содержат повышенное количество SiO₂ (64.59%), характеризуются повышенной щелочностью (8.98%), фигуративные точки на диаграмме K₂O+Na₂O-SiO₂ находятся в области щелочных гранитоидов. Дациториолиты отличаются повышенным содержанием SiO₂ (71.39%), суммы щелочей (4.60%); фигуративные точки их составов на диаграмме K₂O+Na₂O-SiO₂ соответствуют полям и субщелочных гранитоидов.

Риолиты характеризуются повышенным содержанием SiO₂ (70.50-77.16%), более высокой суммой щелочей (5.82-8.40%), благодаря чему фигуративные точки их составов располагаются на диаграмме K₂O+Na₂O-SiO₂ в области субщелочных (вблизи нормальных) гранитоидов. Дациты, трахидациты, дациториолиты, риолиты и граниты очень близки по составу на этой диаграмме (рис.1б). Дифференцированность составов кислых вулканитов может указывать на то, что магматический резервуар был небольшого объема и, очевидно, имел относительно недолгое время существования.

Дациты, трахидациты, дациториолиты и риолиты имеют четкую калиевую специфику (рис. 1а); отношение K₂O/Na₂O составляет в них 0.53-1.32. На диаграмме K₂O – SiO₂ породные типы Южного Гиссара в основном попадают в поля высоко-известково-щелочной и меньше шошонитовой серии, а на диаграмме A/NK – A/CNK составы пород обоих массивов входят в основном в поле плюмазитовых и меньше высокоглинозёмистых серий (рис. 1г). Граниты по сравнению с дацитами, трахидацитами, дациториолитами и риолитами содержат больше SiO₂ (70.24-77.56%) и характеризуются большей дифференцированностью состава, который говорит о неоднородности гранитоидного массива [5,6].

Муминская толща (P₁ mm). По петрохимическим особенностям среди вулканитов этой толщи выделяются разновидности от андезитов, дацитов, трахидацитов и риолитового состава с умеренной, близко к повышенной и повышенной калиево-натриевой ще-

лочностью. В сравнении с близкими по кремнекислотности другими породами Лучобской серии, они отличаются повышенной глиноземистостью, магнизиальностью и преобладанием среди щелочей калием над натрием (при близком их соотношении).

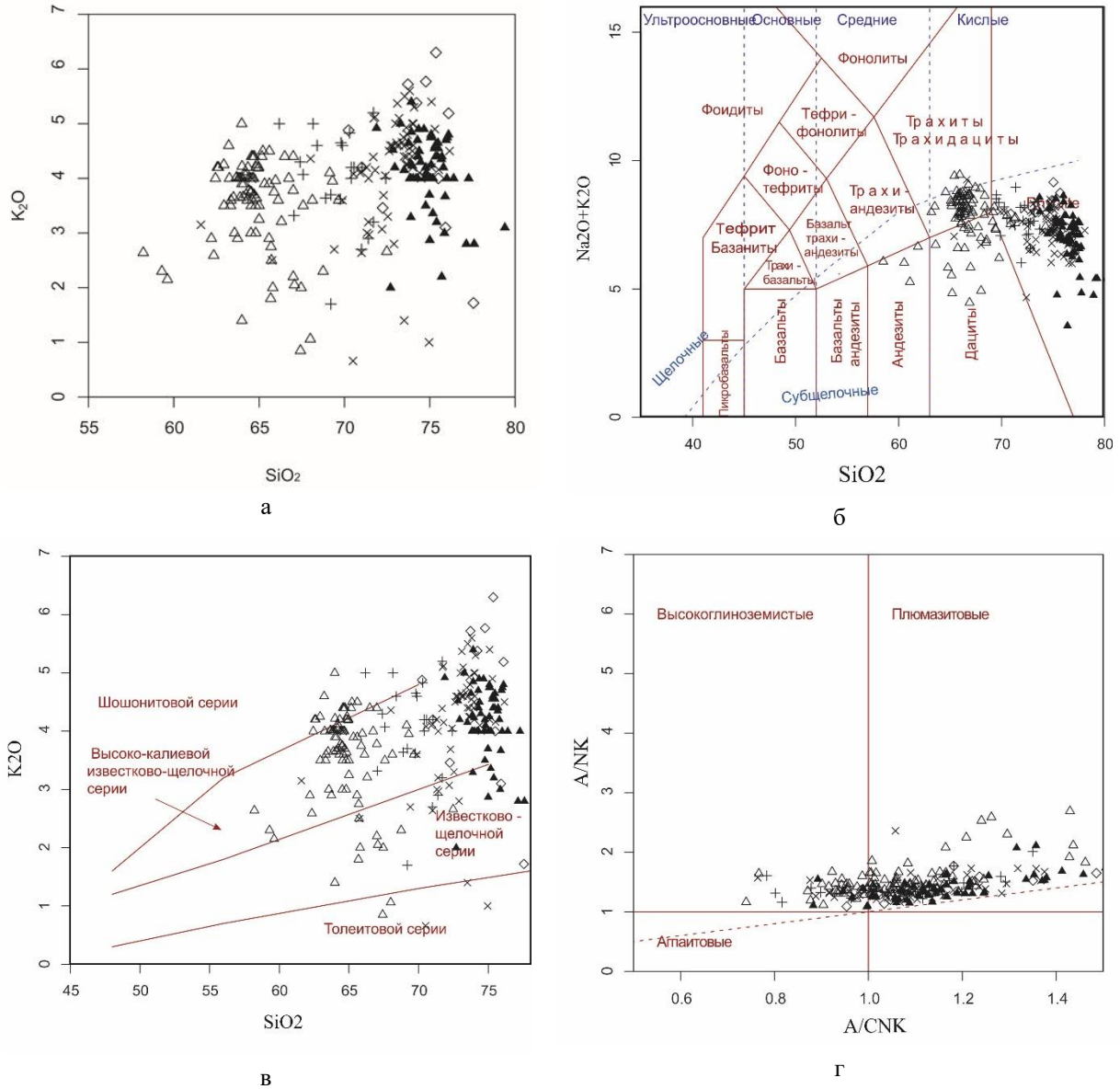


Рис. 1. Петрохимические диаграммы вулканоплутонитов Южно-Гиссарской зоны
 а – диаграмма соотношений K_2O-Na_2O ; б – классификационная диаграмма $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$ вулканоплутонических ассоциаций; в – диаграмма K_2O-SiO_2 ; г – диаграмма $A/NK-A/CNK$; толщи: х – сурхакская; Δ – муминская; ▲ - такабошская; + - тайронская; ■ – граниты Хочильёрского комплекса

Андезиты содержат повышенное количество SiO_2 (58.21-67.00%), сумма щелочей варьирует в пределах 5.90-7.20% в поле андезитов, на диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ расположено на границе областей субщелочной кислой серий (рис.1 а).

Дациты кислого состава довольно близки по химизму к риолитам, выделяются более широкими вариациями состава, к примеру, по содержанию SiO_2 (62.20-69.66%), суммы щелочей (4.40-7.62%), относясь к субщелочной серии, благодаря чему фигуративные точки состава пород располагаются на диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ в области субщелочных вулканитов (рис. 1 б).

Трахидациты по аналогии с дацитами, являющимися приповерхностными или эффузивными образованиями, выделяются повышенной щелочностью и содержанием SiO_2 (62.55-67.00%), суммы щелочей (7.29-9.20%). Фигуративные точки состава пород располагаются на диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ в области субщелочных вулканитов (рис. 1б).

Риолиты характеризуются повышенным содержанием SiO_2 при широких вариациях (67.07-72.48%) состава, более высокой суммой щелочей (7.26-8.00%), благодаря чему фигуративные точки составов пород располагаются на диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ в области субщелочных вулканитов (рис.1 б).

Поля риолитов практически совпадают. Калиевая щелочность пород хорошо показана на рис. 1а. Величина отношения $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ изменяется в них в широких пределах, главным образом, очевидно, из-за действия наложенных процессов изменения пород, в среднем в андезитах - 0.61%, в дацитах - 0.89%, в трахидацитах - 0.91%, в риолитах - 0.71% [5].

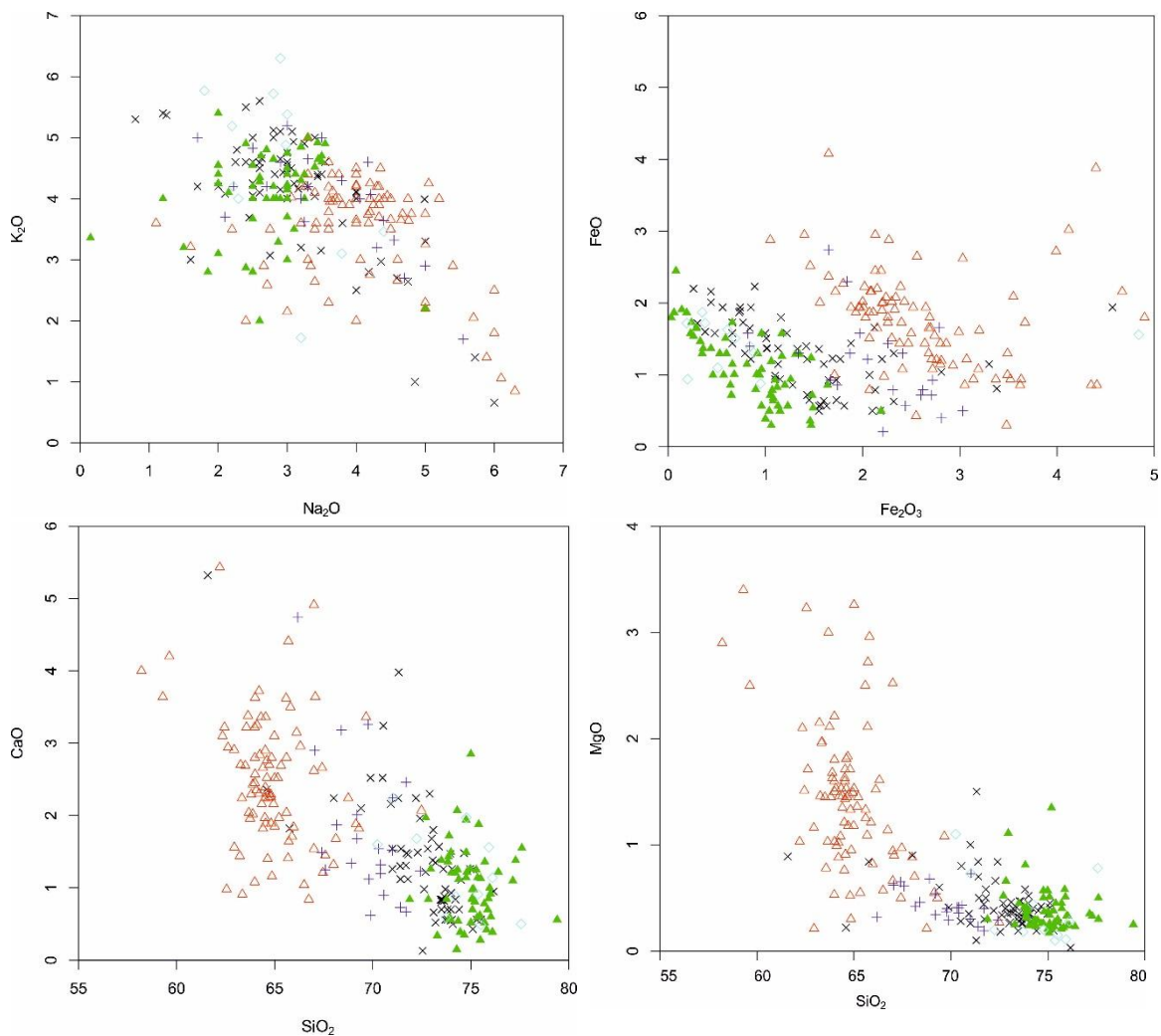
На диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ фигуративные точки гранитов располагаются в области субщелочных серий (рис. 1б); содержание SiO_2 (70.24-77.56%) и сумма щелочей варьируют от 4.92 до 8.38%.

На диаграмме $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ породы муминской толщи в основном располагаются в полях высоко-известково-щелочной и, меньше, шохонитовой серий, а на диаграмме $\text{A}/\text{NK} - \text{A}/\text{CNK}$ породы обоих массивов входят в поле плюмазитовых и, меньше, высокоглиноземистых серий (рис.1г).

Такабошская толща (P₁ tk). Кислые вулканиты такабошской толщи более разнообразны. Здесь встречаются порфиновые риолиты, разнообразные пирокластические туфы трахиролитов. Химический состав вулканитов такабошской толщи в целом характеризуется резкой пресыщенностью кремнеземом (в среднем 74.9%) при широких вариациях (72.83-77.60%) пониженной, реже умеренной, глиноземистостью, умеренной и повышенной калиево-натриевой щелочностью при обычном преобладании калия над натрием. Поле точек их составов на диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ находится в области субщелочной серии (рис. 1 б). Риолиты имеют повышенный щелочной состав, величины отношения $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ варьируют от 4.7 до 8.45 в среднем составляют 7.09. Суммарная щелочность вулканитов такабошской толщи немного повышается с увеличением содержания SiO_2 .

Риолиты имеют ясную калиевую специфику (рис.1а). На диаграмме Rickwood (1989) они относятся к известково-щелочной и высоко-известково-щелочной серии. С учетом диаграммы Maniag and Picoli (1989) [7] A/NK – A/CNK породы обоих массивов входят в поле плюмазитовых и, меньше, высокоглиноземистых серий [6].

Тайронская толща (P₁-tr): Кислые вулканиты тайронской толщи, по данным силикатных анализов, составляют от 66.18 до 72.42% и четко относятся к дациториолитовой и риолитовой группам, причем при близкой их кремненасыщенности и щелочности, глиноземистость пород умеренная и повышенная. В целом состав пород довольно стабилен. Средневзвешенные содержания окислов в вулканитах толщи соответствуют дациториолитам с умеренной (близкой к повышенной) щелочностью.



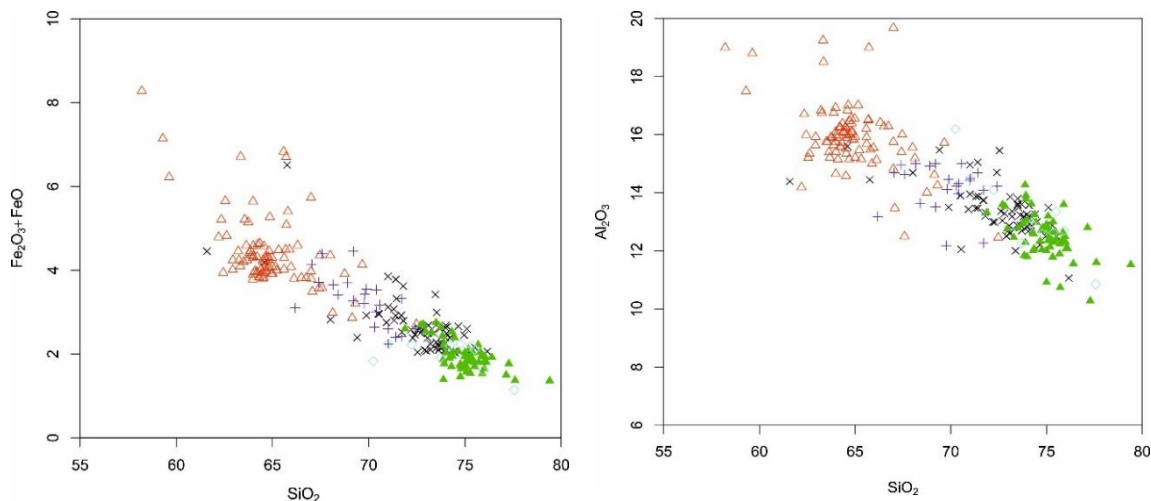


Рис 2. Диаграммы Харкера для толщ вулканоплутонической ассоциации;
 x - сурхакской; Δ - муминской; \blacktriangle - такабошской; + - тайронской;
 \diamond – граниты Хочильёрского комплекса

На классификационной диаграмме $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ TAS (Le Bas et al, 1986) [7], (рис.1б) риолиты тайронской толщи представлены субщелочными разновидностями; средние их значения лежат почти на границе раздела дацитов и риолитов.

Суммарная щелочность ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) эффузивных пород в среднем варьирует от 6.7 до 7.6%. При этом одновременно повышается содержание как оксида натрия, так и оксида калия (рис. 1а). Значение отношения $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ в породах тайронской толщи колеблется от 0.30 до 2.14, что соответствует вулканитам калиевой серии [5,6].

Риолиты и граниты имеют ясную калиевую специфику (рис. 1а, б). На диаграммах Риквуда (1989) они относятся к известково-щелочной и высоко-известково-щелочной сериям. Также изучены образцы с использованием диаграммы Maniar and Picoli (1989). На этой диаграмме $\text{A}/\text{NK} - \text{A}/\text{CNK}$ породы обоих массивов входят в поле плюмазитовых и, меньше, высокоглиноземистых серий.

На диаграмме Харкера дациты, трахидациты, дациториолиты, риолиты и граниты более железистые (рис. 2), при этом степень окисленности железа увеличивается с уменьшением глубины, что говорит об эволюции расплава в связи с уменьшением глубины образования пород.

Существование двух независимых трендов указывает на временной разрыв в образовании дацитов, трахидацитов, дациториолитов, риолитов и плюмазитовых гранитов за время эволюции расплава в жерле в условиях открытой системы. Кроме того, очевидно, более важное значение здесь имела кристаллизационная дифференциация гранитной магмы, кристаллизовавшейся в резервуаре с тенденцией к эвтектическому состоянию и сбрасывавшей избыточную часть компонентов в более ранние фазы. Поведение Ca, Mg, и

Al в ходе дифференциации совершенно обычно: их концентрация постепенно снижалась с увеличением в породе SiO₂.

На всех диаграммах отчетливо видно практически полное совпадение полей риолитов и значимое перекрытие их областью фигуративных точек гранитов. Это может указывать на комагматичность пород и наличие дифференционной серии [6].

Содержание CaO, (Fe₂O₃+FeO) и Al₂O₃ последовательно уменьшается в отдельном ряду андезитов, дацитов, трахидацитов, риолитов и гранитов по мере увеличения количества SiO₂. По содержанию MgO вулканы являются более магниальными, чем граниты; фигуративные точки их образуют выделенные тенденции.

Очевидно, что составы кислых вулканических пород и редкометалльных гранитов Хочильёрского комплекса во многом похожи, но не одинаковы. Является ли эта особенность результатом эволюции единого магматического очага или отсутствия генетической связи между этими породами, пока неясно [5]. Такабошская толща по петрохимическим характеристикам несколько отличается от пород других районов развития толщи меньшей насыщенностью кремнеземом, большей (главным образом за счет натрия), щелочностью и железистостью. Средневзвешенный состав вулканических пород отвечает риолитам с умеренными глиноземистостью и щелочностью, среди щелочей калий однозначно преобладает над натрием. Исследование показало, что риолиты содержат больше окисленного железа, чем граниты, что отражено на диаграмме FeO-Fe₂O₃ (рис. 2). В процессе дифференциации риолитов тайронской толщи (анализ диаграммы «петрогенные оксиды-кремнезем») с повышением кремнекислотности закономерно увеличивается содержание Na₂O, K₂O и их суммы, а количество Al₂O₃, FeO и Fe₂O₃, а также CaO и MgO, наоборот уменьшается [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Баратов Р.Б. Дацит-липаритовая формация Южного Гиссара. – Душанбе: Дониш, 1973, 130 с.
2. Баратов Р.Б. и др. О раннепермской дацит-липаритовой формации Зеравшано-Гиссарской зоны (Южный Тянь-Шань). – Докл. АН Тадж.ССР, 1974, т. 17, № 6, с. 30-33.
3. Мамадвафоев М.М. Геохимические особенности орогенных эффузивов Южного Гиссара и проблема их комагматичности. Тезисы докл. респ. конфер. молодых учёных и специалистов Тадж.ССР. – Душанбе, 1977, с. 10-11.
4. Мамадвафоев М.М. Геохимические особенности рудоносности пермских магматических комплексов Южного Гиссара (Центральный Таджикистан). – Душанбе: Ирфон, 2016, 208 с.
5. Ошурмамадов А.К. История развития взглядов на интрузивный магматизм Южно-Гиссарской зоны. – Душанбе: Сино, 2015, № 1(5), с. 190-193.
6. Ошурмамадов А.К. Петрохимические особенности нижнепермских вулканических пород тайронской толщи (Южный Гиссар). – Бишкек, 2016, с. 201-205.
7. Pearse J.A., Harris N.B., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock, 1984, V. 25, No 4, pp. 956-983.

А.К.ОШУРМАМАДОВ

**ТАВСИФИ ПЕТРОКИЁВИ, АССОТСИАТСИЯИ ВУЛҚОНИТҲОЮ
ПЛУТОНИТҲОИ ЗОНАИ ҲИСОРИ ЧАНУБӢ**

*КВ «Экспедиция чустуҷӯию аксбардории геологи»-и
Саридораи геологии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола натиҷаҳои ҳамаҷонибаи петрокимии ва тадқиқотҳои пайдоиши вулқонитҳои турши комплекси Лучоб муносибат ва алоқаманди онҳо бо плутонитҳо ва муайян кардани шароити геодинамикӣ, ташаккул ва шарҳи масъалаҳои эволюсионӣ вулқонитҳои Ҳисори Чанубӣ омадааст.

Калимаҳои калидӣ: датситҳо, трахидатситҳо, датситуриолитҳо, риолитҳо, андезитҳо, зонаи Ҳисори Чанубӣ.

A.K.OSHURMAMADOV

**PETROCHEMICAL CHARACTERIZATION VOLCANO-PLUTONIC
ASSOCIATION OF THE SOUTHERN HISSAR ZONE**

*UE «Geological prospecting and mapping expedition» of the Main Department of Geology
under the Government of the Republic of Tajikistan*

The main goal of the work is a comprehensive regional geological, petrochemical, and mineralogical research necessary to determine the genesis of acidic volcanics and their relationships with related plutonites of the Lucchob complex, to identify the geodynamic conditions of formation and to elucidate the evolution of South Gissar volcanics.

Key words: dacites, trahidacites, dasitorhyolites, rhyolites, andesites, Southern Hissar zone.

УДК 551.48 + 551.5 + 551.32

Дж.Б.НИЯЗОВ, С.О.МИРЗОХОНОВА

**ДИНАМИКА СТОКА РЕКИ ВАРЗОБ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Институт водных проблем гидроэнергетики и экологии

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 30.03.2020 г.

По многолетним наблюдениям за обций период 1990–2016 гг. авторами проанализированы причины изменения стока реки Варзоб, происходящие изменения климатических и гидрологических параметров по данным метеостанции Анзоба, Майхуры, Душанбе и гидропоста Дагана сети Таджикгидромета. Уменьшение стока реки Варзоб в период с 2007 по 2016 гг. связано с уменьшением снеготпасов в горах и сокращением площади оледенения в результате глобального потепления климата и уменьшения количества осадков в зимний период. Представлены основные характеристики метеорологических и гидрологических параметров за период 1990-2016 гг.

Ключевые слова: сток реки, среднегодовое изменение стока реки, прогноз водности рек на период половодья, бассейн реки Варзоб, изменение метеопараметров.

Введение

Все исследования по изменению климата в Таджикистане показывают, что ход потепления здесь, хотя и отражает глобальное потепление климата, но носит существенный региональный характер [1].

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме современного изменения глобального климата и его прогнозу на ближайшие десятилетия. Это связано с тем, что с середины 1970-х годов глобальное потепление климата Земли происходит высокими темпами [2] и оно влечет за собой деградацию оледенения и изменения в частоте, интенсивности различных природных процессов, таких как засухи и лесные пожары, наводнения, а в горных районах - сели, оползни, паводки, лавины. Деградация оледенения и пло-

Адрес для корреспонденции: Ниязов Джафар Баходурович. 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни 14А, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан. E-mail: niyazovjafar@mail.ru

щадей снежного покрова на фоне повышения температуры могут отрицательно сказаться на речном стоке. Для горных рек Памира работы по исследованию влияния климатических изменений на сток были проведены для некоторых бассейнов рек [3,4].

Водные ресурсы реки Варзоб используются как для целей ирригации и выработки гидроэлектроэнергии, так и для водообеспечения г.Душанбе. Наиболее важным для региона является устойчивое водообеспечение (особенно в летний период), которое прямым образом зависит от речного стока.

Бассейн реки Варзоб относится к Памиро-Алайской горной системе и находится на территории Таджикистана, Центральная Азия ($68^{\circ}30'E - 69^{\circ}00'E$; $37^{\circ}35'N-39^{\circ}5'N$). Площадь бассейна реки Варзоб составляет 1270 км^2 согласно Государственного водного кадастра [5], по расчетам с использованием ГИС - 1281 км^2 . Бассейн простирается в диапазоне высот от 866 до 4670 м над ур. м. (рис. 1). Средняя высота водосбора составляет 2670 м.н.у.м. Площадь оледенения составляет 36.1 км^2 , или 3% площади бассейна реки [6].

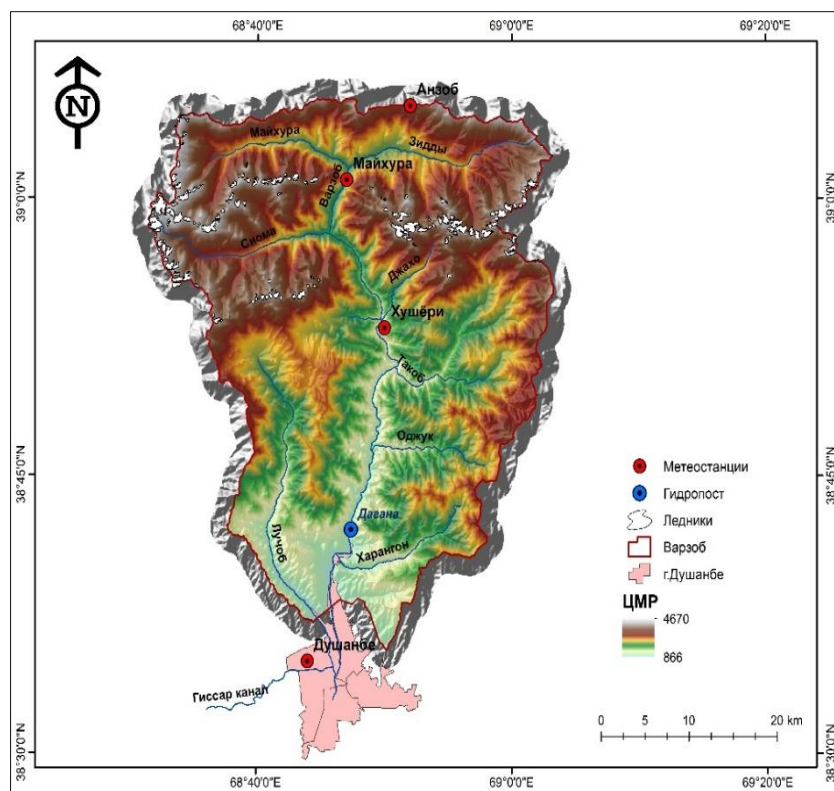


Рис. 1. Бассейн реки Варзоб. Размещение метеостанций и гидропоста Дагана на территории бассейна.

Длина реки Варзоб составляет 71 км [7]. Река является крупным правым притоком реки Кафирниган и образуется при слиянии рек Зидды и Майхуры. Река Варзоб относится к высокогорным рекам снегово-ледникового питания.

По данным гидропоста р. Варзоб-Дагана (1056 м. над ур. м.) наблюдательной сети Таджгидромета за период наблюдений с 1990 г. по 2016 г. среднегодовой сток реки составляет 49.5 м³/с, в течение года максимальный сток отмечается в мае-июне (максимальный среднемесячный расход воды в июне 1993 г. составил 173 м³/с), минимальный сток отмечается с октября по февраль (12.4-16.1 м³/с) [8]. Половодье на реке Варзоб наблюдается с марта по сентябрь. Пики паводков и максимальные расходы воды проходят в мае и июне.

Бассейн реки Варзоб относится к переднеазиатской (средиземноморской) климатической области с максимумом осадков в холодный период [8]. В верховьях реки среднегодовая температура воздуха составляет -1.8°C, годовая сумма осадков 440 мм. (по данным метеостанции Анзоб, 3373 м. над ур. м.), в нижнем течении реки Варзоб среднегодовая температура воздуха составляет 14.8°C, годовая сумма осадков 712 мм. (по данным метеостанции Душанбе, 803 м. над ур. м.) (рис. 1) [7]. Осадки за холодный период (ноябрь-март) превышают осадки за теплый период (апрель-октябрь) в 1.6-1.7 раз.

Использованные данные и методика обработки данных

Для анализа изменения расходов воды на реке Варзоб использованы фондовые данные Таджгидромета по гидропосту р. Варзоб – ГП Дагана за период с 1990 по 2016 гг. [7]. Анализ влияния на сток средней температуры воздуха был проведен по фондовым данным Таджгидромета по метеостанциям Душанбе, Майхуры, Анзоба за период с 1990 по 2016 гг. [8].

В настоящей работе для анализа изменения метеорологических и гидрологических параметров использовался статистический метод [9]. По данным температуры воздуха и количества осадков получены оценки линейных трендов за период 1990-2016 гг. Уравнения линейных трендов рассчитывались по формуле:

$$y=b_0+b_1 \times x, \quad (1)$$

где y (°C или мм) – температура или осадки; x – год (например, 2005 г.); b_1 (°C/год или мм/год) – угловые коэффициенты трендов соответственно за период 1990-2016 гг.; b_0 (°C или мм) – свободный член уравнений.

Изменение стока реки Варзоб

Соотношение стока реки Варзоб за месяцы ледникового таяния (июль-сентябрь) к стоку за месяцы таяния сезонного снега (март-июнь) составляет 0.51 с прохождением пика паводков (максимального расхода воды) в мае-июне. Половодье на реке Варзоб, вызванное таянием сезонного снега и ледников, отмечается в период с марта по сентябрь [10].

Среднегодовой расход воды на реке Варзоб (ГП Дагана) составляет 49.5 м³/с, при этом средний расход воды в период половодья (март-сентябрь) составляет 74.5 м³/с, а в

период межени (октябрь-февраль) – 14.4 м³/с, что в 5 раз меньше стока за период половодья. Наблюдается тренд с небольшим понижением на 4.8 м³/с, среднегодовых расходов воды за период с 1990 г. по 2016 г. (рис. 2). При этом за тот же период водность реки Варзоб в половодье понижается на 6.2 м³/с, а в межень – на 3.0 м³/с. (рис. 3).

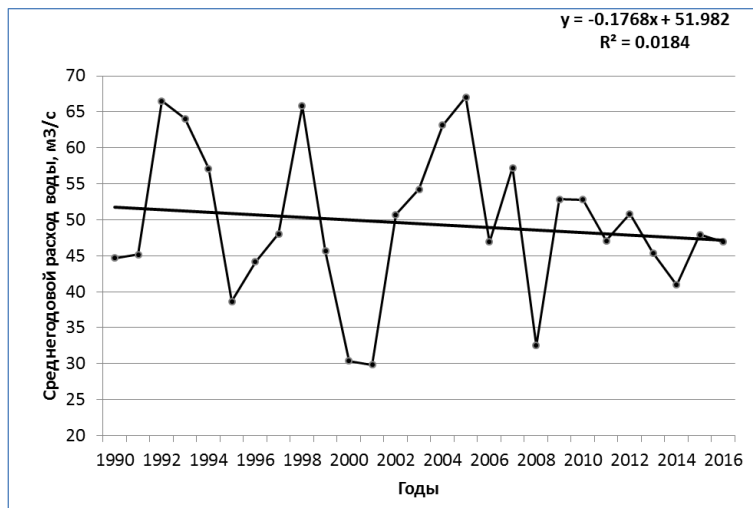


Рис.2. Изменение среднегодовых расходов воды на реке Варзоб за период 1990-2016 гг.

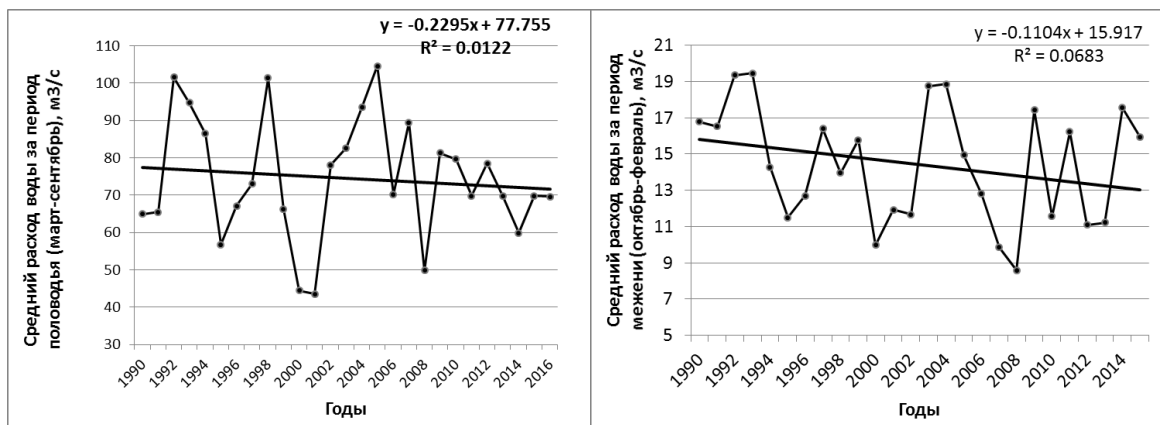
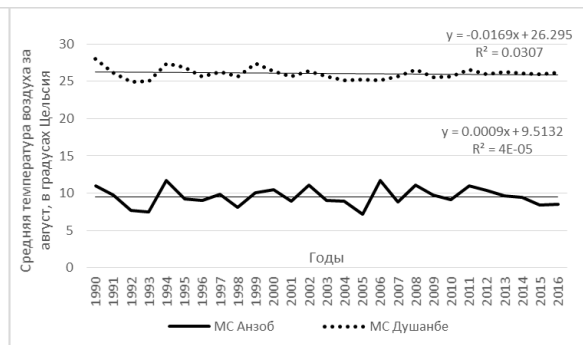
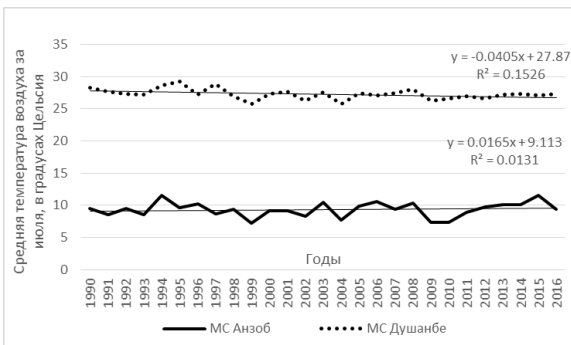
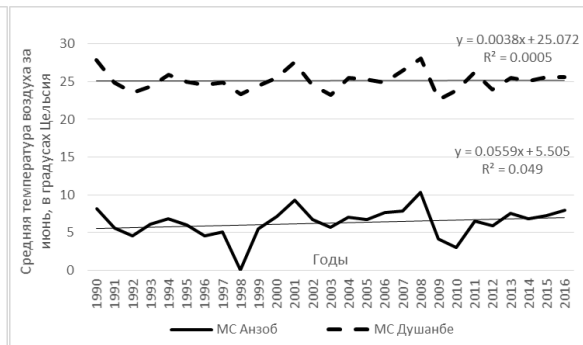
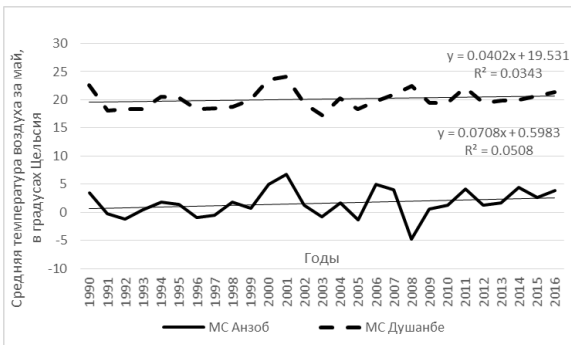
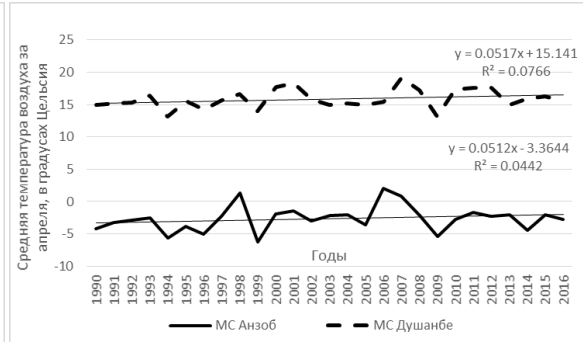
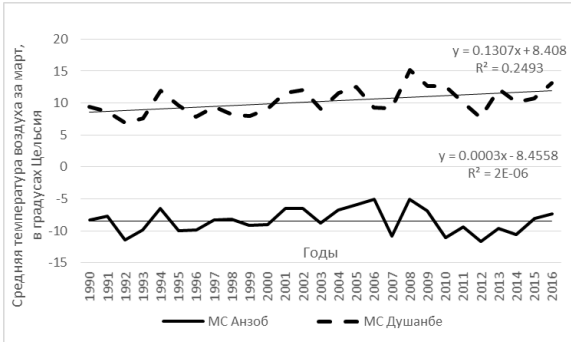
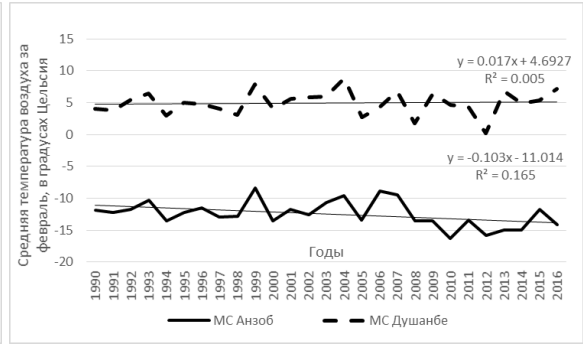
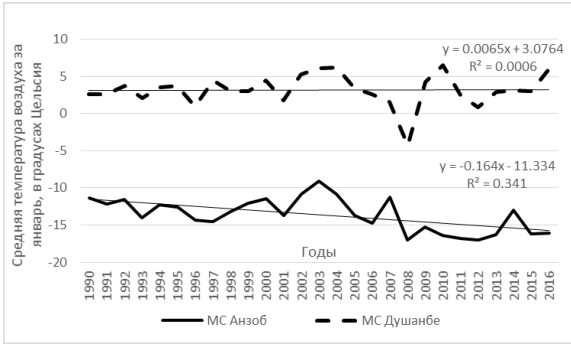


Рис.3. Изменение средних расходов воды за половодье и межень на реке Варзоб за период 1990-2016 гг.

Изменение температуры воздуха в бассейне реки Варзоб по данным анализа трендов.

На рис. 4 представлены графики и тренды изменения среднемесячной температуры воздуха в градусах Цельсия по данным метеостанций Душанбе и Анзоб.

В табл. 1 приведены значения угловых коэффициентов линейных трендов средней годовой температуры b_1 и рассчитанные по трендам изменения температуры ΔT .



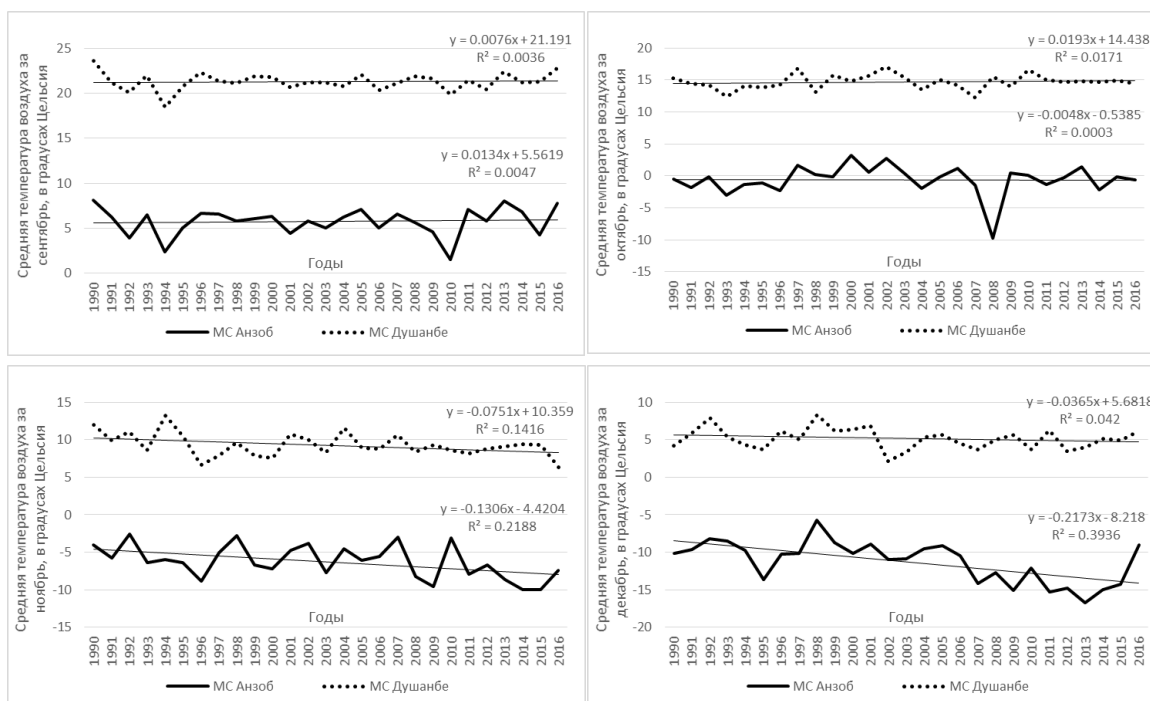


Рис. 4. Изменение среднемесячной температуры воздуха с января по декабрь за период 1990-2016 гг.

Таблица 1

Угловые коэффициенты трендов средней месячной температуры b_1 и трендовые оценки изменений средней месячной температуры ΔT за различные периоды по данным метеорологических станций Душанбе и Анзоб.

Месяцы	Скорость изменения температур (b_1), °C/10 лет для метеостанций		Величина изменения температуры (ΔT), °C	
	Душанбе	Анзоб	Душанбе	Анзоб
Январь	0.0065	-0.164	0.018	-0.4428
Февраль	0.017	-0.103	0.046	-0.2781
Март	0.1307	0.0003	0.353	0.00081
Апрель	0.0517	0.0512	0.14	0.13824
Май	0.0402	0.0708	0.109	0.19116
Июнь	0.0038	0.0559	0.01	0.15093
Июль	-0.0405	0.0165	-0.109	0.04455
Август	-0.0169	0.0009	-0.046	0.00243
Сентябрь	0.0076	0.0134	0.021	0.03618
Октябрь	0.0193	-0.0048	0.052	-0.01296
Ноябрь	-0.0751	-0.1306	-0.203	-0.35262
Декабрь	-0.0365	-0.2173	-0.099	-0.58671

Коэффициенты b_1 для средних месячных температур по МС Душанбе изменялись в диапазоне от -0.0751 до 0.1307°C/10 лет и дали изменения температур от -0.2 до 0.4°C. Коэффициенты b_1 для средних месячных температур по МС Анзоб изменялись в диапазоне от -0.2173 до 0.0708°C/10 лет и дали изменения температур от -0.6 до 0.2°C.

Для всего исследуемого периода (1990-2016 гг.) отрицательный тренд наблюдался за холодный период (октябрь-февраль) в зоне формирования стока реки Варзоб (по данным МС Анзоб) и в июле, августе, ноябре и декабре в нижнем течении реки (по данным МС Душанбе).

Положительный тренд наблюдался в теплый период (март-сентябрь) в зоне формирования стока и в период январь-июнь, сентябрь и октябрь в нижнем течении реки.

Изменение осадков по данным анализа трендов в бассейне реки Варзоб

Сумма осадков за холодный и теплый период времени понижается в зоне формирования стока по данным МС Майхура и МС Анзоб (рис. 8 (а,с)). В нижнем течении реки сумма осадков за холодный период повышается (рис. 8 (b)), а за теплый период сохраняется без изменений по данным МС Душанбе (рис. 8 (d)).

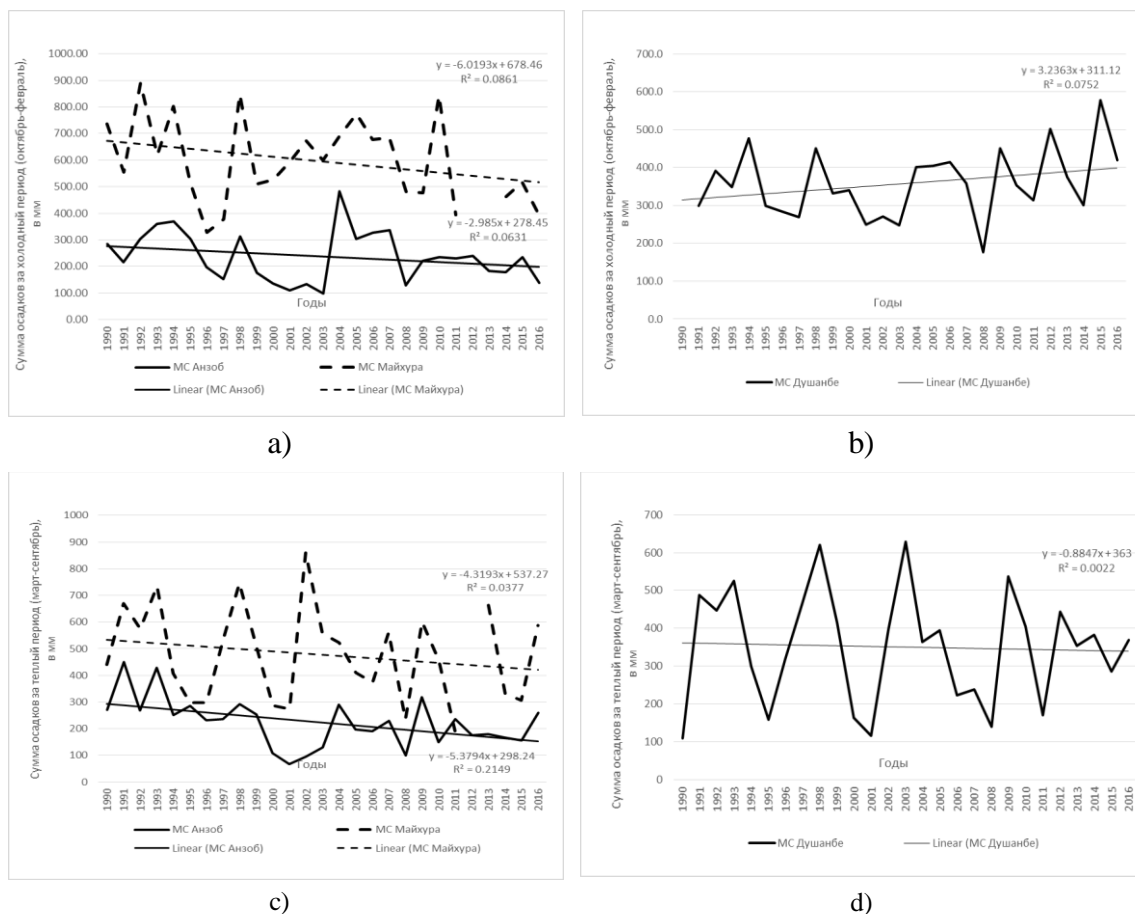


Рис. 8. Изменение суммы осадков за холодный период октябрь-февраль (a,b) и теплый период март-сентябрь (c,d). Анзоб, Майхура и Душанбе

В табл. 2 приведены значения угловых коэффициентов линейных трендов количества осадков за холодный и теплый периоды b_1 и рассчитанные по трендам изменения сумм осадков ΔP .

Таблица 2

Угловые коэффициенты трендов количества осадков за холодный и теплый периоды b и трендовые оценки изменений годовых сумм осадков ΔP за различные периоды по данным метеорологических станций Душанбе, Анзоба и Майхуры.

Периоды	Скорости изменения сумм осадков (b_1), мм/10 лет			Величины изменения сумм осадков (ΔP), мм		
	Душанбе	Майхура	Анзоб	Душанбе	Майхура	Анзоб
Октябрь-февраль	3.2363	-6.0193	-2.985	8.738	-16.252	-8.06595
Март-сентябрь	-0.8847	-4.3193	-5.3794	-2.3887	-11.662	-14.5244

В целом для периода 1990-2016 гг. суммы осадков за холодный и теплые периоды имеют четко выраженную основную тенденцию их падения. Только на одной станции МС Душанбе основной тенденцией в холодный период является рост осадков.

Выводы

Понижение стока реки Варзоб в период половодья и межени связано с понижением количества осадков в холодный период времени, формирующих запасы снега в горах.

Повышение температуры воздуха в теплый период в зоне формирования стока приводит к интенсивному таянию ледников в горах и сокращению площади оледенения и ледникового стока.

Водные ресурсы реки Варзоб в весенне-летний период используются для нужд ирригации и водоснабжения г. Душанбе. Существующая тенденция к уменьшению водности реки в период с 2007 г. по настоящее время может привести к проблеме дефицита водных ресурсов.

Ситуация усугубляется существующей тенденцией к уменьшению осадков в теплый период и повышению температуры воздуха в весенне-летний период. Соответственно увеличивается число дней с жаркой и сухой погодой, когда необходимость в воде для народно-хозяйственных нужд возрастает, что может привести к угрозе гидрологической засухи в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pepin N. Bradley R.S. and 19 other. Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. – Nature Climate Change, 2015, V. 5, pp. 424–430. doi:10.1038/NCIMATE2563.
2. МГЭИК 2014. Изменение климата, 2014 г. – Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп 1, 2 и 3 в «Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата». Женева, 2014, 163 с.
3. Ниязов Дж.Б., Калашникова О.Ю., Мирзохонова С.О. Влияние климатических изменений на сток реки Гунт (приток реки Пяндж, бассейн реки Амударья, Таджикистан) за период 1940-2016 гг. – Известия АН Республики Таджикистан. № 3(176), 2019, с. 84-92;
4. Ниязов Дж.Б., Калашникова О.Ю., Мирзохонова С.О., Наврузшоев Х.Д. Влияние метеопараметров на сток и прогноз половодья на реке Гунт (приток реки Пяндж, бассейн реки Амударья,

- Таджикистан). – Материалы Международной научной конференции, посвященной 15-летию со дня образования ЦАИИЗ. Дистанционные и наземные исследования в Центральной Азии. - Бишкек, Кыргызстан, 17-18 сентября 2019, с. 178-186. (ISBN 978-9967-12-834-7).
5. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Государственный водный кадастр, т. XII. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
 6. Каталог по ледникам СССР. Отв. ред. О.Н.Виноградов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980, т.14, 44 с.
 7. Атлас Таджикской ССР. АН ТССР – Душанбе-Москва: ГУГК, 1968г.
 8. Фонды Агентства по гидрометеорологии при Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.
 9. Подрезов О.А. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. Учебник для бакалавров-гидрометеорологов. – Бишкек: изд. КРСУ, 2019, 170 с.
 10. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. САНИГМИ. – Л.: изд. ГИМИЗ, 1965, 691 с.

Ч.Б.НИЁЗОВ, С.О.МИРЗОХОНОВА

ТАЪСИРИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ БА САТҲИ ОБИ ДАРЁИ ВАРЗОБ ДАР ДАВРАИ СОЛҲОИ 1990-2016.

*Институти масалаҳои об, гидроэнергетика ва экология
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Тибқи мушоҳидаҳои бисёрсола дар давраи солҳои 1990-2016 метеостансияи Анзоб, Майхура, Душанбе ва гидропости Дагана Агентии обуҳавишиносии ҚТ авалин шуда муаллифон таҳлил намуда сабабҳои тағйирёбии чараен дарёи Варзобро аз тағйирёбии иқлимӣ ва параметрҳои гидрологи пешгӯӣ намудаанд. Паст сарфи оби дарёи Варзоб дар давраи аз соли 2007 то 2016. Вобаста аст, аз кам шудани захираи барфи дар куҳҳо ва кам шудани масоҳати яхбанди дар зери таъсири гармшавии глобали ва пастшавии захираи барфи дар фасли зимистон. Хусусиятҳои асосии параметрҳои метеорологӣ ва гидрологӣ дар давраи солҳои 1990-2016 пешниҳод гудааст.

Калимаҳои калидӣ: сарфи оби дарё, тағйирёбии дохили соли сарфи об, пешгуии обноки дарё дар хавзаи дарёи Варзоб, хавзаи дарёи Варзоб, тағйирёбии параметрҳои метеорологи.

J.NIYAZOV, S.MIRZOKHONOVA

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE RUNOFF OF THE VARZOB RIVER BASIN FOR THE PERIOD 1990-2016

*Institute of water problems, hydropower and ecology,
Academy of sciences of the Republic of Tajikistan*

According to long-term observations for the general period 1990-2016 the authors have been analyzed the causes of changes in the runoff of the Varzob River, the ongoing changes in climatic and hydrological parameters according to the weather station Anzob, Maykhura, Dushanbe and the Dagan gauging station of the Tajikhydromet network. Reducing the run-off of

the Varzob River from 2007 to 2016 is associated with a decrease in snow cover reserves in the mountains and a decrease in the area of glaciation due to global warming and a decrease of the precipitations in winter period. There are presented the main characteristics of meteorological and hydrological parameters for the period 1990-2016.

Key words: river runoff, intra-annual change in river runoff, forecast of river water content for the flood period, Varzob river basin, the changing in meteorological parameters.

УДК 626.87.258

Ш.И.ХОДЖАЕВ, М.Б.МАХМАДАЛИЕВ

**ДЕЙСТВИЕ КУЛЬТУРЫ РИСА НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ
ОСТАТОЧНО ЗАСОЛЁННЫХ ГИПСОНОСНЫХ ПОЧВ
КАРАЛАНГСКОГО МАССИВА**

Институт почвоведения Таджикской академии сельскохозяйственных наук

Поступила в редакцию 27.03.2020 г.

В статье приводятся результаты многолетних исследований по влиянию оросительной нормы риса на улучшение мелиоративного состояния гипсоносных почв и уменьшение концентрации хлора в метровом слое почвы. Установлено, что в условиях Каралангского массива рассоляющее действие риса носит профилактический характер и на следующий сезон происходит восстановление засоленных почв.

Ключевые слова: культура риса, мелиоративное состояние, засоленные почвы, гипсоносные почвы, концентрация хлора, сульфаты.

Первые сведения о распространении и свойствах гипсоносных почв на территории Таджикистана приведены в работах П.А.Керзума, И.Н.Антипова-Каратаева, О.В.Грабовской, Э.Г.Ваксмана, С.Р.Сангинова, И.С.Алиева., М.А. Амиджанова, Ф.Караджи [1-6]. Анализ литературного материала показывает, что гипсоносные почвы являются очень сложным природным объектом, и перед исследователями стоят такие задачи, как выявление и учёт площадей этих почв, изучение условий формирования и региональных особенностей и свойств, разработка и совершенствование принципов их использования, которые существенно отличаются от разработанных для негипсоносных почв. Известно, что в орошаемой зоне нашей страны используются около 757 тыс. га орошаемых земель, из них около 90 тыс.га подвержено засолению разного уровня. Из общей площади засоленных почв около 50 тыс. га являются трудномелиорируемыми, требующими огромных затрат оросительной воды и длительного времени для рассоления. К

Адрес для корреспонденции: Ходжаев Шариф Идиевич. 735025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр.Рудаки, 21а, Институт почвоведения ТАСХН, E-mail:doston_120696@mail.ru

трудно мелиорируемым землям относятся гипсоносные почвы, расположенные в районе Караланского массива, Аштского и Дангаринского районов. В связи с освоением новых земель в ближайшие годы площадь трудномелиорируемых в проектах орошения будет увеличиваться, в том числе за счёт гипсоносных, следовательно, ещё более возрастает актуальность и народнохозяйственное значение проблемы их мелиорации. Трудность рассолнения гипсоносных почв обусловлена, главным образом, низкой и очень низкой фильтрующей способностью и солеотдачей почвогрунтов.

Поэтому в условиях малоземельного Таджикистана почвенно-мелиоративной науке необходимо изыскать более эффективные приёмы рассолнения и повышения плодородия трудномелиорируемых почв. В настоящее время наукой доказано, что глубокое рыхление, применение электрического тока, навоза и других органических веществ способствует мелиорации таких почв, но в практике землепользования вышеперечисленные технологии являются очень дорогостоящими, и не всегда дехканские хозяйства имеют такие финансовые и технические возможности для внедрения дорогостоящих технологий.

Цель исследований

Разработка агрономических и экономически эффективных способов мелиорации остаточного засоленных гипсоносных почв Каралангского массива под культурой риса.

Объект исследований

Долина реки Вахш занимает наиболее пониженную часть Южно-Таджикской депрессии, с трёх сторон ограниченной горными хребтами. С юга - долиной р. Пяндж, она вытянута с севера-востока на юго-запад на 80 км. Ширина долины на севере от 1-2 до 12-20 км, на юге – 20-50 км. Поверхность Вахшской долины слабоволнистая, представленная аккумулятивными террасами р. Вахш. Долину окружают хребты Каратау, Тереклитау, Актау. В рельефе самой долины выделяется серия вложенных аккумулятивных террас. Наиболее широко распространена третья терраса, к ней приурочены основные площади орошаемых земель.

Гипсоносные почвы Каралангского массива имеют белесоватую окраску. Четко прослеживается несколько гипсовых горизонтов. На глубине 3-5м располагаются горизонтальные пласты почти чистого гипса. По механическому составу сильно загипсованные почвы относятся к супеси, отмечается хорошо выраженная зависимость между содержанием гипса в почве и её физическими свойствами. Каралангская депрессия служила зоной разгрузки и интенсивного испарения грунтовых вод, поэтому их уровень на участке не превышал двух метров. Содержание солей в грунтовых водах увеличивалось от периферии к центру массива. У крупных каналов минерализация составляла 2 г/л, на расстоянии 200 м от канала – 60 г/л, на расстоянии 500 м от канала 120 г/л, а с приближением к Центральному сбросу минерализация снижалась за счёт разбавления напорными водами галечника [2]. Количество растворенного гипса в грунтовых водах близко к критическому и расход грунтовых вод на испарение приводил ранее к высаживанию гипса в почву. Почвы Каралангского понижения в начале освоения характеризовались высокой степенью

засоления, токсичных солей в корнеобитаемой зоне содержалось до 3-4% от веса почвы [4]. Тип засоления изменялся с запада на восток в таком порядке: хлоридный, сульфатно-хлоридный, сульфатный. При залегании грунтовых вод глубже двух метров шло накопление подвижных солей хлора, при близком к поверхности УГВ накапливались сульфаты. За прошедший с начала освоения период произошло постепенное рассоление почвогрунтов под действием работ глубокого горизонтального дренажа, орошения и промывок. Основные запасы солей сосредоточены на глубине 50-150 см. Почти повсеместно по опытному участку отмечается сульфатный тип засоления и лишь в верхней его части хлоридный.

Приведём описание характерного морфологического разреза почвы на опытном участке:

0-45 см. Пахотный слой, с поверхности беловато-серый из-за загипсованности. Встречаются комочки серого цвета. Неоднородность окраски - следствие перемещения почвы в результате планировки и пахоты. Горизонт рыхлый до глубины 15-20 см, глубже - уплотненный. Имеются прослойки красноватой глины в виде комков диаметром до 0.5 см. С поверхности горизонт сухой, ниже увлажненный. Переход к следующему горизонту постепенный.

45-83 см. Светло-коричневый, плотный, мелкопористый, увлажненный.

Корешки отсутствуют. Имеются включения карбонатов в виде белых мелких пятен, переход постепенный.

83-100 см. Светло-серая супесь с пятнами красноватой глины и белыми пятнами карбонатов, горизонт плотный, мелкопористый, влажный.

Методика исследований

Исследование выбранных опытных участков выполнялось по общепринятой методике. Для изучения влияния культуры риса на мелиоративное состояние почвы опытного участка, где был внесён местный фосфорит из работающих здесь дренажно-коллекторной и поливной сети, из их вод были отобраны образцы, в которых изучали изменения их минерализации. Режимные наблюдения за стоком дренажных вод на пяти дренах, за уровнем грунтовых вод в скважинах производились путём отбора проб дренажной и грунтовой вод на анализ по методу водной вытяжки. При этом учитывалась специфика осенне-зимнего времени – плавные изменения мелиоративных параметров из-за отсутствия орошения в этот период. Поэтому наблюдения и отбор проб воды осуществлялся раз в месяц. Солевая съёмка была выполнена до начала промывок, после промывки почв и после вегетации. Для этого были пробурены скважины глубиной до 1 м, образцы почв отбирались послойно через 25 см, объемный вес определялся в почвенных разрезах. Химические анализы почв проводились по общепринятым методикам. Определялась минерализация грунтовых вод, промывных вод, оросительных и дренажных вод. Необходимо отметить, что нами изучена динамика минерализация грунтовых вод и химический

состав солей на посевах риса в полевом опыте и на производственных посевах вертикального дренажа, хотя вертикальный дренаж временно не работал.

Результаты исследований

В основном изучение физико-химических свойств почв этой территории показало, что по гранулометрическому составу они относятся к тяжелым и у них слабая водопроницаемость. В результате неэффективной работы дренажно-коллекторной сети грунтовые воды на таких почвах расположены близко к поверхности и высокое содержание в них солей способствует ухудшению водно-физических свойств, а впоследствии и снижению урожайности культур. Однако то количество гипса, которое не удаляется токами промывных и поливных вод, обуславливает облегченную для орошаемых почв величину объемной массы – 1.3-1.35 г/см³. Создается иллюзия об их удовлетворительных свойствах, получаемых расчетным путем (пористости, аэрированности), что связано со свойствами гипса, присутствующего в данных почвах в большом количестве и достаточно распространенных по занимаемой площади.

Исследования показали, что минерализация вод дренажно-коллекторной сети была высокой и колебалась в пределах 1.98-5.19 г/л. Результаты наших наблюдений за минерализацией грунтовых вод, за дренажными водами показали, что до начала вегетационных поливов риса и хлопчатника минерализация дренажных вод составляла 4-5 г/л, то есть дренажные воды были сильнозасолены. С началом проведения вегетационных поливов риса и хлопчатника минерализация дренажных вод резко снизилась. На дрене, обслуживающей производственные посева хлопчатника, она составила 1.99 г/л, то есть снизилась почти на 2.2 раза. На посевах риса, где гипсоносность была в два раза больше, минерализация грунтовых вод была выше, чем на дренах обслуживающих карты, где выращивался хлопчатник, концентрация солей снизилась на почти в 1.9 раза (табл. 1). В осенний период опять происходит повышение количества содержания солей в составе дренажных вод. После завершения вегетационных поливов минерализация дренажных вод на изученных дренах была почти одинаковой.

Таблица 1

Минерализация дренажных вод при выращивании хлопчатника и риса

Период	Минерализация, г/л	
	На посевах хлопчатника	На посевах риса
До начала вегетационных поливов	4.380	5.190
В период вегетационных поливов	1.980	2.735
После вегетационных поливов	3.603	3.954

По результатам исследований по выявлению действия посевов риса на химический состав почвы установлено, что содержание ионов хлора в полуметровом её слое уменьшилось на 50%, магния - на 33%, Са и SO₄ – на 12%, а содержание натрия в слое 0-100 см несколько увеличилось за счёт выноса солей в нижний слой почвы. Наши расчёты показали, что метровый слой почвы остался слабозасоленным по хлор иону.

Таблица 2

Влияние рисосеяния на изменение солевого режима гипсоносных почв
с остаточным засолением, 2012-2016 гг.

Глубина, см	Сухой остаток	мг-экв на абсолютно сухую почву					
		НСО ₃ ⁻	Сl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
До посева риса							
0-50	1.47	0.029	0.06	0.88	0.23	0.06	0.08
50-100	1.42	0.023	0.05	0.87	0.25	0.05	0.06
После уборки риса							
0-50	1.14	0.032	0.03	0.78	0.20	0.04	0.08
50-100	1.30	0.027	0.03	0.83	0.22	0.02	0.11

Таким образом, посевы риса снижают содержание токсичных солей в метровом слое почвы, и в условиях остаточного засоления гипсоносных почв их можно рекомендовать как профилактическую меру, до проведения капитальных мелиораций.

Таблица 3

Динамика минерализации дренажных вод и содержания хлор-иона при посеве риса и хлопчатника в течение вегетационного периода

Год	Оросительная норма риса, м ³ /га	Горизонт, см	Содержание хлора в почве			Эффективность одного м ³ воды на один кг хлора
			До посева риса	После уборки риса	% промытой соли	
2012	25200	0-100	0.174	0.019	89.1	1.35
		ГВ	10.25	6.45	37.1	-
2013	24300	0-100	0.188	0.022	88.3	1.22
		ГВ	6.99	2.78	60.2	-
2014	22700	0-100	0.234	0.024	89.7	0.90
		ГВ	11.34	8.33	26.5	-
2015	26000	0-100	0.178	0.018	89.9	1.35
		ГВ	10.1	13.45	-	-
2016	27500	0-100	0.199	0.015	92.5	1.25
		ГВ	9.56	10.07	-	-

По результатам наших дальнейших исследований на картах выращивания риса все изученные оросительные нормы его полива оказали положительное воздействие на мелиоративное состояние почвы, то есть снизили содержание токсичных солей хлора в метровом слое почвы. В период с 2012 по 2016 годы посевы риса не только снизили концентрацию хлора в метровом слое почвы, но и на 26-60% уменьшили минерализацию грунтовых вод (табл. 3). Однако исследования в 2015-2016 годы показали, что опреснения грунтовых вод за счёт посевов риса не произошло. За эти годы минерализация грунтовых вод повысилась за счёт смыва хлоридных солей с вышерасположенных слоев почвы. Последующие наши исследования подтвердили, что рассолительный процесс в зоне Карлангского массива не устойчив. Слабозасоленные почвы в течение вегетационного периода риса рассоляются до незасоленных, а за зимне-весенний период опять происходит подтягивание солей в верхний слой почвы. Аналогично, средnezасоленные почвы к осени

становятся слабозасоленными, а к следующей весне - снова средnezасоленными. Нами установлено, что для промывки одного кг хлоросодержащей соли гипсоносных почв с метрового слоя почвы необходимо 0.90-1.35 м³/га оросительной воды.

Выводы

В условиях гипсоносных почв посе́вы риса снижают содержание токсичных солей в метровом слое почвы, и их можно рекомендовать как профилактическую меру для поддержания солевого режима почвы до проведения капитальных мелиораций.

Оросительные нормы риса способны в течение вегетационного периода уменьшить содержание ионов хлора в полуметровом слое почвы на 50%, магния – на 33%, сульфат иона – на 12%.

В условиях Караланского массива слабозасоленные почвы в течение вегетационного периода риса рассоляются до незасоленных, а за зимнее-весенний период опять происходит подтягивание солей в верхний слой почвы и к весне снова становятся средnezасоленными.

Установлено, что для промывки одного кг хлоросодержащей соли гипсоносных почв с метрового слоя почвы необходимо 0.90-1.35 м³/га оросительной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов-Каратаев И.Н., Керзум П.А. Системы мелиоративных мероприятий по освоению засоленных и заболоченных земель и предупреждение вторичного засоления орошаемых почв Таджикистана. Проблема засоления почв и водных источников. – М. 1960, с. 4-26.
2. Керзум П.А. Закономерности развития засоленных почв и пути мелиоративного их состояния. Мелиорация почв Вахшской долины. – Душанбе: Изд-во. АН Тадж.ССР, 1957, с. 328 - 329.
3. Грабовская О.А. Процессы рассоления почв Южного Таджикистана при мелиорации. – Сталинабад: Изд-во. АН Тадж.ССР, 1961, с. 345.
4. Ваксман Э.Г. Мелиорация засоленных почв Юго-западного Таджикистана. – Душанбе: Ирфон, 1976, с. 265.
5. Сангинов С.Р., Алиев И.С., Амиджанов М.А. Засоление и гидроморфизм почв как компоненты опустынивания земель орошаемой зоны Таджикистана и пути их ликвидации. Мат-лы первого съезда почвоведов Таджикистана. – Душанбе, 2001, с. 160-166.
6. Караджи Ф., Алиев И.С., Сангинов С.Р. Биодренажная мелиорация заболоченных и вторично засоляющихся почв в Юго-Западном Таджикистане. Мат-лы первого съезда почвоведов Таджикистана. – Душанбе, 2001, с. 85-87.

Ш.И.ХОҶАЕВ, М.Б.МАҲМАДАЛИЕВ

ТАЪСИРИ КИШТИ ШОЛӢ БА ҲОЛАТИ МЕЛИОРАТИВИИ ХОКҲОИ ГАЧНОКИ ШӢР ДАР ШАРОИТИ МАВЗЕИ ҚАРОЛАНГ

Институти хокшиносии Академияи илмҳои кишоварзии Тоҷикистон

Дар мақола натиҷаи тадқиқотҳои дарозмуддат дар бораи таъсири парвариши шолӣ оид ба беҳтар намудани ҳолати мелиоративии хокҳои гачнок ва хоҳиши чамъшавии хлор

дар қабати як метраи хок гирд оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки дар шароити мавзеи Қараланг, таъсири кишти шолӣ муваққатист ва то мавсими кишти соли оянда шӯрнокии хок пурра барқарор мегардад.

Калимаҳои калидӣ: зироати шолӣ, ҳолати мелиоративӣ, шӯрхок, хокҳои гачдор, чамъшавии хлор, сулфат.

SH.I.KHOJAEV, M.B.MAHMADALIEV

**EFFECTS OF THE RICE CULTIVATION ON THE RECLAMATION STATUS
OF THE RESIDUAL SALTED GYPSYFEROUS SOILS
OF THE KARALANG PLATO**

Institute of Soil Science of Tajik Academy of Agricultural Sciences

The article presents the results of long-term studies on the effect of irrigation rice on the improvement of the land reclamation state of gypsyferous soils and the decrease the concentration of chloride in a meter of soil profile. It has been established that in the conditions of the Karalang plato, the desalination action of rice is preventive in nature and saline soils are regenerated for the next season.

Key words: rice, reclamation state, saline soils, gypsum-bearing soils, chlorine concentration, sulfates.

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Таджикский аграрный университет им. Ш.Шохтемура

Поступила в редакцию 25.02.2020 г.

Предложена усовершенствованная методика определения эффективности использования оросительной воды, отождествляющая КПД оросительной сети, сущность которой заключается в его оценке по средневзвешенным значениям, учитывающим использование возвратных вод. Он определяется как отношение произведения научно обоснованного объема водоподачи на 1 га орошаемой площади (или оросительная норма нетто сельскохозяйственных культур) и площади нетто орошаемого поля соответствующей культуры плюс используемый объем возвратных вод к фактически полученному объему воды в головном водозаборном сооружении. Практическое применение предложенной усовершенствованной методики позволяет оценить фактическое состояние использования оросительной воды, в соответствии с которым можно предусматривать необходимые мероприятия для повышения эффективности использования водных и этим самым, земельных ресурсов.

Ключевые слова: эффективное использование оросительной воды, КПД оросительной системы, средневзвешенный, возвратные воды, водообеспеченность поля.

В последние годы, в условиях постоянно возрастающего дефицита водных ресурсов, рациональное и эффективное использование оросительной воды имеет большое значение [1]. Оросительная вода подается растениям для покрытия их водопотребления и оросительной нормы. Под оросительной нормой сельскохозяйственных культур понимают количество воды, подаваемое на один гектар орошаемого поля за вегетационный период [2].

Оросительная норма сельскохозяйственных культур зависит от множества факторов, в том числе от вида культур и их физиологических особенностей, природно-климатических факторов (почвенные, геолого- гидрогеологические, топографические и климатические условия местности и т.д.). Научно обоснованное ее значение для основных сельскохозяйственных культур приведены в рекомендациях, разработанных сотрудниками НИИ земледелия ТАСХН [3].

Адрес для корреспонденции: Икромов Исломул Истамович. 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул.Рудаки, 146. Таджикский аграрный университет им. Ш.Шохтемура.
E-mail: rectortau31@mail.ru

Следует отметить, что эффективность использования оросительной воды во многом определяется принятой техникой полива сельскохозяйственных культур и техническим состоянием оросительной системы [4]. Объем израсходованной воды, для полива одних и тех же сельскохозяйственных культур в одних и тех же природно-климатических условиях, может колебаться в больших пределах, зависящих от принятой техники и технологии орошения и технического состояния оросительной системы. В настоящее время в нашей республике для полива сельскохозяйственных культур практически везде применяется обычный – поверхностно-бороздковый способ орошения. Техническое состояние сооружений оросительных систем республики, в большинстве своем, ввиду заиления и зарастания ирригационно-мелиоративных сетей, изношенности и выхода из строя их гидротехнических сооружений и т.д., относительно низкое [4, 5, 6]. Оно определяется по коэффициенту полезного действия (КПД) оросительной сети и чем выше КПД сети, тем лучше эффективность использования оросительной воды, оцениваемого также и по коэффициенту использования воды (КИВ). Однако, если КПД оросительной сети определяет степень технического состояния оросителей системы, то КИВ характеризует степень правильности организации полива на орошаемом поле и определяется из следующего соотношения:

$$\eta_{\text{КИВ}} = \frac{\omega_{\text{ф.}}}{\omega_{\text{пл.}}}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{ф}}$ – фактически политая площадь всех сельскохозяйственных культур, га; $\omega_{\text{пл.}}$ – расчетная площадь полива соответствующая расходу в точках выдела, га.

КПД оросительной сети зависит от КПД техники полива ($\eta_{\text{т.п.}}$), который определяется по соотношениям оросительной нормы нетто к оросительной норме брутто поле [7], то есть:

$$\eta_{\text{о.с.}} = \frac{M_{\text{нетто}}}{M_{\text{брутто}}}, \quad (2)$$

где $\eta_{\text{о.с.}}$ – КПД оросительной сети; $M_{\text{нетто}}$ и $M_{\text{брутто}}$ – оросительная норма, соответственно нетто и брутто поле, м³/га; $M_{\text{нетто}}$ зависит от вида культуры и физиологической особенности растений, а $M_{\text{брутто}}$ – физиологическая потребность растений плюс потери воды на испарение, фильтрации в нижележащие слои почвы и на вынужденный сброс с поля, который зависит от принятой техники полива. Отсюда следует, что чем меньше потерь воды на поле, то есть меньше значения $M_{\text{брутто}}$, тем выше КПД оросительной сети ($\eta_{\text{о.с.}}$). Как видно из (2) при определении последнего ($\eta_{\text{о.с.}}$), использование возвратных вод из сбросных каналов и коллекторно-дренажной сети (при допустимом качестве воды), что в настоящее время широко используется дехканскими и другими хозяйствами, в расчетах не учитывается.

Следует отметить, что согласно данным, приведенным в вышеуказанной рекомендации, при технике полива по бороздам и (или) полосам $M_{\text{брутто}} \approx 1,3M_{\text{нетто}}$, то есть в ней предусматривается примерно 30% потери воды по вышеуказанным причинам.

Как известно, до поступления на поле, вода, двигаясь по оросительным каналам, частично теряется вследствие испарения и просачивания воды в нижележащие слои почвы, что зависит от типа грунта ложа канала, количества каналов, их протяженности и степени совершенности. В большинстве случаев, как показывает практика, вследствие несовершенности оросительных сетей и, как следствие низкого их технического состояния (низкие КПД оросительных каналов) и плюс к тому значительные потери воды на поле способствуют тому, что фактическая потеря воды значительно выше предусматриваемого в вышеуказанной рекомендации, а иногда доходит до 46% и более от объема водозабора, [8], поэтому КПД оросительных сетей становится низким.

Кроме того, для фактического определения объема водоподачи и правильной оценки КПД оросительной сети все точки выдела воды, включая внутрихозяйственные и временные оросители, должны быть оснащены водомерными сооружениями или оборудованием. Следует отметить, что в настоящее время водомерными сооружениями оборудованы, в основном, магистральные, межхозяйственные и хозяйственные каналы. Внутрихозяйственные и временные оросители в большинстве своем не оборудованы такими сооружениями [4, 9]. В таких условиях определение фактически полученного объема воды на поле для полива сельскохозяйственных культур не представляется возможным, и вопрос точного определения КПД оросительной сети, особенно при использовании возвратных вод и, следовательно, эффективности использования оросительной воды, остается открытым.

Исходя из этого, для оценки эффективности использования оросительной воды, отождествляющей КПД оросительной сети, нами рекомендуется усовершенствованная методика и уравнение, основанные на использовании средневзвешенного КПД оросительной сети, учитывающего использование возвратных вод, то есть:

$$\eta_{\text{о.с.}}^{\text{срвз.}} = \frac{W_1^{\text{нет}} \cdot \omega_1^{\text{нет.}} + W_2^{\text{нет}} \cdot \omega_2^{\text{нет.}} + W_3^{\text{нет}} \cdot \omega_3^{\text{нет.}} + \dots + W_n^{\text{нет}} \cdot \omega_n^{\text{нет.}} + W_{\text{в.в.}}}{W}, \quad (3)$$

где $W_1^{\text{нет}}$, $W_2^{\text{нет}}$, $W_3^{\text{нет}}$ и $W_n^{\text{нет}}$ – объем воды, необходимый для подачи на один гектар площади, занятой сельскохозяйственными культурами, равный научно обоснованной оросительной норме нетто соответственно первой, второй, третьей и n -ной сельскохозяйственной культуры, $\text{м}^3/\text{га}$;

$\omega_1^{\text{нет.}}$, $\omega_2^{\text{нет.}}$, $\omega_3^{\text{нет.}}$ и $\omega_n^{\text{нет.}}$ – площадь нетто, занятая первой, второй, третьей и n -ной сельскохозяйственной культурой на орошаемом поле, га;

$W_{\text{в.в.}}$ – объем возвратных вод, повторно используемый на полив, м^3 ;

W – фактический объем воды, полученный для орошения сельскохозяйственных культур, согласно показаниям водоизмерительных сооружений или приборов, в головном водозаборном сооружении, м^3 .

Таким образом, сущность предложенной усовершенствованной методики оценки КПД оросительной сети по средневзвешенному значению и определению эффективности использования оросительной воды в оросительных системах основана на применении уравнения, характеризующего соотношение произведения научно обоснованного объема водоподдачи на 1 га орошаемой площади (или оросительной нормы нетто сельскохозяйственных культур) и площади нетто орошаемого поля соответствующей культуры плюс используемый объем возвратных вод на полив к фактически полученному объему воды в головном водозаборном сооружении.

В расчетах должны быть учтены необходимый объем водоподдачи (оросительные нормы) для всех сельскохозяйственных культур, возделываемых на севооборотном и других полях, и площади их возделывания. При рациональном и эффективном использовании воды средневзвешенный КПД оросительной сети ($\eta_{o.c.}^{CPB3}$) приближается к КПД наиболее совершенным системам ($\eta_{o.c.} \approx 0.85$). При применении современной технологии орошения, например капельного орошения, он может приближаться к единице ($\eta_{o.c.} \approx 0.95-0.98$).

Из вышеизложенного следует, что под средневзвешенным КПД оросительной сети также можно подразумевать коэффициент водообеспеченности орошаемого поля, который является важным элементом в обеспечении растений водой. Водообеспеченность поля непосредственно зависит от технического состояния оросительной сети и, чем выше последний, тем она лучше. Исходя из этого можно отметить, что предложенная усовершенствованная методика оценки КПД оросительной сети и эффективность использования оросительной воды также вполне может быть применена для оценки фактической степени водообеспеченности поля.

Таким образом, апробируем рекомендованную усовершенствованную методику оценки КПД оросительной сети по средневзвешенному значению (3) на материалах управления и использования оросительной воды в оросительных системах Хатлонской области, на примере оросительных сетей и их гидротехнических сооружений, расположенных в подкомандной зоне Вахшской оросительной системы (ВОС) в 2010 году и в период с 2015 по 2018 годы (табл. 1). Объемы воды, необходимые для орошения сельскохозяйственных культур, рассчитаны авторами по занимаемой их площади и оросительной норме нетто [3], а площадь сельскохозяйственных культур и фактическое использование воды на полив заимствованы из отчетов Управления мелиорации и ирригации земель Хатлонской области.

Таблица 1

Потребный объем воды для полива сельскохозяйственных культур в ВОС и в районах подкомандной ее зоны, тыс. куб. м

Районы	Потребный объем воды для полива сельскохозяйственных культур на площади их возделывания, тыс. куб. м				
	2010	2015	2016	2017	2018
Кушониён (Бохтар)	139527	144027	142064	141170	141960
Вахш	141875	150981	150870	146956	138776
Дусти	98728	117000	120812	120859	121507
Пяндж	124148	147584	145795	150076	121921
Г. Леваканд (г. Сарбанд)	15309	14722	14846	14859	15003
Дж. Балхи	142616	157615	157834	159084	155154
Джайхун	131609	133522	158677	165572	176539
Средний по ВОС:	793812	865451	890898	898576	870860

Примечание: Потребный объем воды рассчитан авторами.

В табл. 2 приведены фактический объем воды, использованный на полив сельскохозяйственных культур за указанный период, а в табл. 3 – оценка средневзвешенного КПД оросительной сети – $\eta_{о.с.}^{срвз.}$ (или степень эффективности использования воды) в ВОС и в районах подкомандной ее зоны.

Таблица 2

Фактически поданный объем воды на полив сельскохозяйственных культур в ВОС и в районах подкомандной ее зоны, тыс. куб. м.

Районы	Фактически поданный объем воды на полив сельскохозяйственных культур, тыс. куб. м				
	2010	2015	2016	2017	2018
Кушониён (Бохтар)	227325	185947	206953	283622	198230
Вахш	185448	145324	149453	160207	175880
Дусти	194500	151793	195788	209043	183797
Пяндж	114361	127720	133460	134360	123000
Г. Леваканд (г. Сарбанд)	21347	27291	26547	26381	23096
Дж. Балхи	213366	222070	205598	215732	203123
Джайхун	181669	214277	216449	224023	203976
Средний по ВОС:	1138016	1074422	1134248	1253368	1111102

Источник: Управление мелиорации и ирригации земель Хатлонской области.

Таблица 3

Оценка средневзвешенного значения КПД Вахшской оросительной системы и
в районах подкомандной ее зоны

Районы	Средневзвешенный КПД оросительной системы ($\eta_{о.с.}^{срвз.}$)				
	2010	2015	2016	2017	2018
Кушониён (Бохтар)	0.61	0.77	0.69	0.50	0.72
Вахш	0.77	1.04	1.01	0.92	0.79
Дусти	0.51	0.77	0.62	0.58	0.66
Пяндж	1.09	1.16	1.09	1.12	0.99
Г. Леваканд (г. Сарбанд)	0.72	0.54	0.56	0.56	0.65
Дж. Балхи	0.67	0.71	0.77	0.74	0.76
Джайхун	0.72	0.62	0.73	0.74	0.87
Средний по ВОС:	0.70	0.81	0.79	0.72	0.78

Анализ данных табл. 3, как результирующие данные табл. 1 и 2 показывает, что наихудшая степень использования поливной воды наблюдается в районе Дусти и г. Леваканд, где средневзвешенное значение КПД оросительной сети ($\eta_{о.с.}^{срвз.}$) за годы исследования колеблется, соответственно, в пределах от 0.51 – 0.77 и от 0.54 – 0.72.

Как видно (табл. 3) в некоторые годы $\eta_{о.с.}^{срвз.}$ в отдельных частях оросительной системы (например в Вахшском и Пянджском районах) превышает единицу, что вызывает сомнения. Однако, это правильно. То есть, это означает, что в эти годы фактический объем забора воды на полив потребителями из оросительных каналов был меньше потребного, то есть потребный объем воды для полива сельскохозяйственных культур дехканскими и (или) другими хозяйствами не был получен. Последний может иметь разные причины [10, 11]. Во -первых, это может быть связано с тем, что как известно, в настоящее время использование воды платное, и дехкане за доставку оросительной воды должны оплатить n -ную сумму денег, что не все они этого хотят и даже не всегда это выгодно. Поэтому они умышленно забирают воду для полива сельскохозяйственных культур в своих хозяйствах не из оросительного канала, а бесплатную – из сбросных каналов и КДС, что очень часто и широко практикуется дехканскими хозяйствами [11]. Кроме того, эти возвратные воды более богаты органическими и минеральными удобрениями и микроорганизмами. Во-вторых, использование возвратных вод потребителями может иметь вынужденный характер. Дело в том, что из-за низкого технического состояния оросительной сети, вследствие их заиливания и засорения, следствием которого является снижение пропускной способности оросителя, вода до конечного (их) потребителя(ей), находящегося(ихся) в хвостовой части канала не поступает, или же, в связи с несоблюдением графика водоподачи и расточительным отношением водопотребителей, находящихся в головной и средней частях

оросителя, вода не доходит до хвостовой части оросителя. В таких случаях дехкане вынуждено используют возвратные воды.

Таким образом, средневзвешенный КПД Вахшской оросительной системы, как видно из данных табл. 3, с учетом использования возвратных вод дехканскими и (или) другими хозяйствами за годы исследования, колеблется в пределах 0.70 – 0.81.

Следует отметить, что повторное использование сбросных и коллекторно-дренажных (при допустимой концентрации солей) вод, как видно из данных табл. 3, обеспечивает повышение средневзвешенного КПД оросительной сети ($\eta_{o.c.}^{срвз.}$) и повышение эффективности использования оросительной воды и тем самым эффективное использование орошаемых земель, что должно быть поощрено для повышения заинтересованности дехканских и других хозяйств в рациональном и эффективном использовании оросительной воды. В связи с этим рекомендуется, что необходимо пересматривать нормативно-правовые акты по оценке эффективности использования оросительной воды в хозяйствах и оросительных системах и разрабатывать усовершенствованные нормативно-правовые акты, учитывающие использование возвратных вод и поощрение потребителей за рациональное и эффективное использование воды.

Обобщая вышеизложенное можно заключить:

- при существующем состоянии технической оснащенности оросительных систем, особенно внутрихозяйственных и временных оросителей водомерными сооружениями и оборудованием, определение фактически полученного объема воды на поле для полива сельскохозяйственных культур, особенно при использовании возвратных вод не представляется возможным, и вопрос правильного и точного определения КПД оросительной сети, следовательно, эффективности использования оросительной воды, остается открытым;

- использование возвратных вод для полива сельскохозяйственных культур должно быть учтено при оценке КПД оросительной сети и, следовательно, оценке эффективности использования оросительной воды;

- оценка эффективности использования воды по средневзвешенному значению КПД оросительной сети ($\eta_{o.c.}^{срвз.}$), учитывающим использование возвратных вод, дает объективную картину о фактическом состоянии использования воды в оросительных системах;

- в связи с тем, что водообеспеченность поля непосредственно зависит от технического состояния оросительной сети и, чем выше последнее, тем она лучше, то можно утверждать, что предложенная усовершенствованная методика оценки КПД оросительной системы и эффективности использования оросительной воды также вполне может быть применена для оценки фактической степени водообеспеченности поля;

- анализированы научно-обоснованные объемы водоподдачи для полива сельскохозяйственных культур и фактически полученные объемы воды на материалах использования воды в среднем в ВОС и в отдельных частях;

- по усовершенствованной методике оценены средневзвешенные КПД оросительной сети ($\eta_{о.с.}^{срвз.}$), как для ВОС в целом, так и для отдельных ее частей и выявлены относительно низкие их значения, особенно в районе Дусти и в г. Леваканд, где за годы исследования его значения колеблются соответственно в пределах от 0.51 – 0.77 до 0.54 – 0.72;

- оценка КПД оросительной сети по рекомендуемой усовершенствованной методике и уравнения позволяют установить фактическое состояние использования воды в оросительной системе и, в соответствии с этим, предусматривать соответствующие мероприятия для повышения эффективности их использования и, следовательно, повышения эффективности использования орошаемых земель;

- рекомендуется пересматривать нормативно-правовые акты по оценке КПД оросительной сети и разрабатывать усовершенствованные нормативно-правовые акты, учитывающие использование возвратных вод и поощрение потребителей за рациональное и эффективное использование воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Икромов И.И., Икромов Илхом И., Икром Ф. Водные ресурсы Республики Таджикистан и пути их рационального управления и использования. В монографии «Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири». т. II. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах. – М.: изд. ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018, с. 334-340
2. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Под. Ред. Е.С.Маркова. – М.: Колос, 1981, 375 с.
3. Рекомендации «Режимы орошения сельскохозяйственных культур в Таджикской ССР». т. I, II, – Душанбе: Дониш, 1988.
4. Икромов И.И., Мирзоев М.М. Ирригационно-хозяйственные условия и их влияние на мелиоративное состояние орошаемой территории Вахшской долины. – Вестник ТАСХН РТ, № 2(44), 2015, с. 24-29.
5. Икромов И.И., Мирзоев М.М. Оценка водообеспеченности территории Вахшской долины Республики Таджикистан в условиях глобального потепления климата. – Мелиорация и водное хозяйство, 2016, № 6, с. 19-22
6. Икромов И.И., Мирзоев М.М. Водообеспеченность орошаемых территорий Вахшской долины Республики Таджикистан в условиях изменения климата. «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» (Костяковские чтения): сб. науч. трудов. Международ. научно-практ. конференции 29-30 марта 2016 г. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», с. 141-144.
7. Бочкарев Я.В., Натальчук М.Ф. Практикум по эксплуатации и автоматизации гидромелиоративных систем. – М.: Колос, 1980, 403с.
8. Мирзоев М.М. Прогнозирование мелиоративного состояния орошаемых земель Вахшской долины Республики Таджикистан в условиях аридизации климата и развития хозяйственной деятельности. Автореф. дисс. к. т. н. – М., 2016, 24 с.
9. Икромов И.И., Мирзоев М.М., Икром Ф. Ирригационно-хозяйственные условия и их влияния на эколого-мелиоративное состояние и ландшафт орошаемой территории Вахшской долины Республики Таджикистан. В монографии «Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири» Том IV. Оптимизация сельскохозяйственных

ландшафтов. Под ред. Академика РАН В.Г. Сычёва, Л. Мюллер. – М.: ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018, с. 376-381.

10. Икрамова М.И., Насыров Р. Основные направления повышения эффективности использования орошаемых земель Хатлонской области Республики Таджикистан. – Доклады ТАСХН, 2019, № 2(60), с. 75-80.
11. Икромов И.И., Юлдашев Р.З., Икромов И.И., Халиков Ф. Устойчивая деятельность Ассоциации водопользователей – основа интегрированного управления водными ресурсами на местном уровне. Управление водными ресурсами: проблемы и пути устойчивого развития. – Сб. науч. трудов, посвящ. 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и Международному Симпозиуму высокого уровня по Шестой Цели устойчивого развития – “Обеспечение всеобщего доступа к воде и санитарии”. – Душанбе, 2016, с. 100-108.

И.И.ИКРОМОВ, М.И.ИКРАМОВА, ИЛҲОМ И.ИКРОМОВ

ОИД БА МЕТОДИКАИ АРЗЁБИИ ИСТИФОДАБАРИИ САМАРАНОКИ ОБИ ОБЁРӢ

Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур

Методикаи мукамал барои муайян кардани зарби амали муфиди (ЗАМ) системаи обёрӣ, пешниҳод карда шудааст, ки моҳияти он иборат аст аз арзёбӣ намудан аз рӯйи қимати миёнабаркаши он, ки истифодаи оби гардонро ба ҳисоб мегирад. Он ҳамчун таносуби ҳосили зарби ҳаҷми обдихӣ ба 1 га масоҳати обёрии илман асоснок кардашуда (ё меъёри обёрии ҳолиси зироатҳои кишоварзӣ) ва масоҳати ҳолиси саҳрои обёришавандаи зироати мувофиқ чамъи ҳаҷми обҳои гардони истифодашуда ба ҳаҷми ҳақиқии оби аз иншооти обгири саргоҳӣ гирифташуда ҳисоб карда мешавад. Дар амал истифодабарии методикаи мукамали пешниҳодгардида имконият медиҳад, ки ҳолати ҳақиқии истифодабарии оби обёрӣ арзёбӣ карда шуда, чорабиниҳои мувофиқ барои баланд бардоштани самаранокии истифодабарии захираҳои обӣ ва инчунин замин андешида шавад.

Калимаҳои калидӣ: истифодаи самаранокии оби обёрӣ, ЗАМ системаи обёрӣ, миёнабаркаш, обҳои гардон, бо об таъмин будани саҳро.

I.I.IKROMOV, M.I.IKRAMOVA, ILKHOM I.IKROMOV

ON THE METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF IRRIGATION WATER USE

Tajik agrarian University named after sh. Shotemur

An improved method is proposed for determining the efficiency of the irrigation system, the essence of which is to evaluate it by weighted average values that take into account the use of return water. It is defined as the ratio of product of scientifically grounded water supply volume per 1 ha of irrigated area (or net irrigation norm of crops) and net area irrigated field of

the corresponding culture used plus the volume of return water to the actually received volume of water in the head water intake structure. The practical application of the proposed improved methodology allows us to assess the actual state of irrigation water use, according to which it is possible to provide the necessary measures to improve the efficiency of water and thus land resources use.

Key words: effective use of irrigation water, efficiency of the irrigation system, weighted average, return water, water availability of the field.

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

ПЕТРУ МИХАЙЛОВИЧУ
СОЛОЖЕНКИНУ – 90 ЛЕТ



30 июня с. г. исполняется 90 лет Петру Михайловичу Соложенкину – крупному учёному в области разработки физико-химических методов переработки полезных ископаемых, академику Академии наук Республики Таджикистан, действительному члену Российской академии естественных наук, действительному члену Международной инженерной академии, доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Таджикской ССР, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, лауреату премии Совета Министров СССР и

Таджикской ССР, иностранному члену Академии минеральных технологий (Турция).

Петр Михайлович – выпускник Иркутского горно-металлургического института (1953 г.), в 1957 г. окончил аспирантуру Московского института цветных металлов и золота им. М.И.Калинина. Весь последующий жизненный путь Петра Михайловича связан с научной деятельностью.

В 1958 г. приглашен в Институт химии АН Таджикской ССР, где работал в должности заведующего лабораторией, затем заместителем и директором Института. С 1971 г. – Главный ученый секретарь Президиума и вице-президент (1975-1989 гг.) Академии наук Таджикской ССР.

П.М.Соложенкин является одним из ведущих специалистов в области комплексного освоения минеральных ресурсов, обогащения полезных ископаемых.

Им решена теоретическая проблема флотации минералов сурьмы и ртути, разработана технология комплексной переработки сурьмяных, ртутно-сурьмяных, сурьяно-мышьяковых и окисленных сурьмяных руд. Этот цикл работ успешно реализован на Анзобском горно-обогатительном комбинате, Кадамджайском сурьяном заводе им. М.В. Фрунзе.

П.М.Соложенкиным выполнены работы по флотации висмутсодержащих минералов и руд. Предложенные комбинированные схемы переработки медно-висмутовых концентратов позволяют решать проблему селективного разделения медно-висмутовых руд.

Работы П.М.Соложенкина по флотации целестина, данбурита явились одними из первых в этой области и способствовали разработке схем переработки стронций- и борсодержащего сырья с применением эффективных флотационных реагентов. Разработанные под его руководством технологические способы переработки руд с использованием «Выравнивателя - А», оксафора-1107, (О-бутилксантогената) ацетата калия были внедрены в алмазодобывающем ПО «Якуталмаз», на Адрасманском свинцово-цинковом комбинате, ГОКе «Таджикзолото» с большим экономическим эффектом.

Круг научных интересов П.М.Соложенкина охватывает также фундаментальные исследования в области биоготехнологии. Использование сульфатредуцирующих бактерий, ряда низших грибов, биомассы дрожжей позволило создать эффективные, экологически чистые технологии переработки мышьяк-содержащих, висмутовых руд и отходов ряда предприятий. Предложена технология переработки золото-сурьмяных концентратов с получением высококачественного триоксида сурьмы и золотосодержащего продукта.

П.М.Соложенкин является родоначальником применения метода электронного парамагнитного резонанса для изучения физико-химии флотационного процесса, контроля содержания металлов в различных объектах химического производства и цветной металлургии. Им впервые предложены спин-меченые аналоги флотационных реагентов для изучения механизма их взаимодействия с поверхностью минералов. За создание и внедрение в народное хозяйство высокоэффективных малогабаритных радиоспектрометров магнитного резонанса П.М.Соложенкин удостоен Премии Совета Министров СССР.

Он является лауреатом Премии Совета Министров Таджикской ССР за цикл работ по созданию и внедрению новых технических средств и технологий с целью более комплексного использования руд месторождений Таджикистана (1990 г.). П.М.Соложенкин - активный участник международных конгрессов по обогащению полезных ископаемых.

Сотрудники Института химии им.В.И.Никитина АН Республики Таджикистан высоко ценят плодотворную работу академика АН РТ П.М.Соложенкина в Таджикистане. Он создал прекрасную школу химиков-технологов в республике. Отличительная черта работы его научной школы - широкая постановка задач, разнообразие методов исследования (ЭПР, ЯМР, мессбауэровская спектроскопия и т.д.), оригинальность трактовки полученных результатов и глубина обобщений. Во время работы в Таджикистане он умело опережал время и внедрял новые методы в процесс обогащения руд и заложил новые фундаментальные методы исследования.

На протяжении ряда лет он являлся руководителем с советской стороны советско-индийских работ по изучению неорганических материалов методами магнитной радиоскопии. Совместно с учеными Университета Аристотеля (Тессалонике, Греция) выполнил работу «Биовыщелачивание и биосорбция металлов с последующей флотацией биомасс» (грант НАТО).

После переезда П.М.Соложенкина в Москву его научная деятельность связана с ИПКОНом РАН, где он работает с 1997 г. вначале в качестве ведущего, затем главного на-

учного сотрудника. Его научными интересами являются комплексное изучение сурьмяных, золото-сурьмяных руд месторождений Саха (Якутия), Забайкалья и Сибири, а также фундаментальные проблемы взаимодействия реагентов с поверхностью сульфидных минералов и изыскание флотореагентов с заранее необходимыми технологическими свойствами.

П.М.Соложенкин принимал активное участие в обосновании и проектировании металлургического цеха в условиях Заполярного круга на ОАО «Звезда» для получения высококачественного триоксида сурьмы и сурьмянистого золотосодержащего сплава для электролитической переработки сплава на ООО «Электрум». Разработана технология обогащения сурьмяных руд Жипкошского месторождения для Шибирского сурьмяного комбината.

П.М.Соложенкин развивает гидрометаллургию сурьмы с использованием новых растворителей сульфидов с селективным выделением сурьмы и золота, на которые получены патенты РФ. Совместно с учеными Университета Аристотеля (Тессолонике, Греция) им создана нанотехнология для удаления токсичных металлов. П.М.Соложенкин развивает гальванохимические методы удаления катионов металлов из сточных вод.

П.М.Соложенкин является основоположником школы по переработке минеральных руд в Таджикистане. Его личность насыщена духом дружбы и взаимопонимания, поэтому его ценят и уважают в Таджикистане.

Неоценим вклад П.М.Соложенкина в подготовке научных кадров, консультировании научных изданий, оппонировании диссертаций.

Мы, сотрудники Института химии им.В.И.Никитина АН РТ всегда восхищаемся динамизмом, авторитетом и созидательным талантом профессора П.М.Соложенкина, которые сочетают в нем все лучшие качества научного руководителя.

Результаты научных изысканий опубликованы в многочисленных монографиях и пособиях. Он – автор 17 монографий, нескольких сотен научных трудов, изобретений и патентов. В настоящее время П.М.Соложенкин вместе со своими коллегами развивает компьютерную химию сульфгидрильных собирателей и кластеров минералов.

Важнейшее направление деятельности П.М.Соложенкина – подготовка научных кадров высшей квалификации. Под его руководством выполнили кандидатские и докторские диссертации несколько десятков специалистов.

Он награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак почета», орденом Дусти, медалью «За доблестный труд».

Своими глубокими профессиональными знаниями, неиссякаемым трудолюбием, требовательностью к себе, высоким чувством ответственности Петр Михайлович заслужил уважение всех, кто его знает и работает с ним.

Петр Михайлович находится в блестящей творческой и физической форме, чего все его коллеги и друзья желают ему на много-много лет вперед!

Редколлегия «Известия отделения физико-математических и химических наук АН РТ» поздравляет Петра Михайловича с юбилеем и желает ему дальнейшей плодотворной деятельности и доброго здоровья.

Академики АН РТ:

У.М.Мирсаидов, Х.Х.Муминов, К.Х.Хайдаров,
Д.Х.Халиков, И.Н.Ганиев, Х.С.Сафиев,
Чл.корр. АН РТ И.Ф.Рахимов, проф. А.М.Сафаров,
д.х.н., М.Н.Абдусаламова, д.т.н. Самихов Ш.Р.