

ISSN 1694-7401

**ДОКЛАДЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

2015
БИШКЕК

№ 2
«ИЛИМ»

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Основан в 2013 г.

Выходит 2 раза в год

ISSN 1694-7401

Сведетельство о регистрации № 1953 от 15.07.2013

Министерство юстиции КР

*Журнал издается под руководством
Президиума НАН КР*

Главный редактор

А.Э. Эркебаев

Редакционно-издательская коллегия:

А.А. Борубаев – 1-й зам. главного редактора;

А.А. Акматалиев – зам. главного редактора;

А.А. Алдашев – зам. главного редактора;

Б.А. Токторалиев – зам. главного редактора;

А.А. Айдаралиев, И.Т. Айтматов, М.С. Джуматаев,

К.М. Жумалиев, А.Ч. Какеев, Д.М. Маматканов,

Ж.Ш. Шаршеналиев, Р.О. Оморов

Ответственный секретарь

Ч.И. Арабаев

Адрес редакции: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265а

Издательство «Илим»

© НАН КР, 2015 г.

© Редакционно-издательская коллегия
журнала «Доклады Национальной
академии наук Кыргызской
Республики» (составитель), 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- О некоторых свойствах семиравномерных пространств 5
А.А. Борубаев, Э.А. Ташбаева
- О нарушении p -секвенциальности при операции произведения 10
Б.А. Болжиев
- Алгоритм приближенного поиска погранслойных линий с точками ветвления для сингулярно возмущенных линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с аналитическими функциями 15
П.С. Панков, К.С. Алыбаев, К.Б. Тампагаров

ФИЗИКА И ТЕХНИКА

- Исследование лазерной записи на пленках аморфного кремния для интерференционной литографии 19
А.А. Кутанов, И. Снимщиков, Н. Сыдык уулу
- Физические механизмы региональных долгопериодных изменений температурного режима атмосферы 27
К.А. Каримов

АВТОМАТИКА

- Алгоритмы робастного управления движением разнотемпового объекта 36
Ж. Шаршеналиев, Т.П. Самохвалова

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

- К вопросу геохимического, минералогического и химико-технологического обоснования возможности комплексной переработки нефелиновых сиенитов месторождений сандык и зардали . 41
М.К. Балбаев, Б. Мурзубраимов

МЕДИЦИНА

- Социальнозависимые и социально значимые факторы заболеваемости туберкулезом 52
Э.М. Молдобекова

ЭКОЛОГИЯ

- Радиоэкологические исследования прибрежной зоны биосферной территории иссык-куль 55
Б.М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, Б.К. Калдыбаев, Т.Э. Токтоева

ИСТОРИЯ И ПОЛИТИКА

- Крах вестфальского мироустройства и «новый мировой порядок» 64
Т.А. Абдырахманов

CONTENTS

MATHEMATICS

- On some properties of the semiuniform spaces 5
A.A. Borubaev, E.A. Tashbaeva
- p-sequentiality property is not productive 10
Boljiev B.A.
- Algorithm to search approximately boundary layer lines with points of branching of singularly perturbed ordinary differential equations with analytical functions 15
P.S. Pankov, K.S. Alybaev, K.B. Tampagarov

PHYSICS AND TECHNOLOGY

- Research of laser recording on amorphous silicon films for interferometric lithography 19
A.A. Kutanov, I. Snimshikov, N. Sydyk uulu
- Physical mechanisms of regional long-term changes of atmosphere temperature 27
K.A. Karimov

AUTOMATION

- Algorithms of robust control of the movement of different speed object 36
J. Sharshenaliev, T.P. Samokhvalova

CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

- On the question of geochemical, mineralogical and chemical-technological justification opportunities complex processing of sandyk and zardali nepheline syenite deposits 41
Balbaev M.K., Murzubraimov B.

MEDICINE

- Socially-determined and socially important factors for tuberculosis incidence 52
E.M. Moldobekova

ECOLOGY

- Radioecological research of the coastal zone in the biosphere territory of Issyk-Kul 55
B.M. Djenbaev, B.T. Zholbolduev, B.K. Kaldybaev, E.T. Toktoeva

HISTORY AND POLITICS

- The collapse of the Westphalian world order, and the «new world order» 64
T.A. Abdyrakhmanov

УДК 515.12

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ СЕМИРАВНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ

© 2015 г. Академик А.А. Борубаев, аспирант Э.А. Ташибаева

Поступило 29.10.2015 г.

В статье исследуется ряд свойств семиравномерных пространств и их отображений.

Ключевые слова: семиравномерность, семиравномерное пространство, псевдосеми равномерность, псевдосемиравномерное пространство, симметрика, псевдосемиметрика.

ON SOME PROPERTIES OF THE SEMIUNIFORM SPACES

In this paper have been a number of properties of the semi uniform spaces and their mappings.

Keywords: Semiuniform, semiuniform spaces, pseudosemiuniformity, pseudosemiuniform spaces, semimetric, pseudosemimetric.

ЖАРЫМ БИР КАЛЫПТУУ МЕЙКИНДИКТИН АЙРЫМ КАСИЕТТЕРИ ЖӨНҮНДӨ

Бул макалада жарым бир калыптуу мейкиндиктердин бир канча касиеттери жана алардын чагылдыруулары изилденет.

Түйүндүү сөздөр: Жарым бир калыптуулук, жарым бир калыптуу мейкиндик, псевдожарым бир калыптуулук, псевдожарым бир калыптуу мейкиндик, жарым метрика, псевдожарым метрика.

Семиравномерные пространства исследуются давно, но под различными названиями (см. [1], [2]).

Пусть X – непустое множество. Система покрытий U множества X называется семиравномерностью на X , если выполняются следующие условия:

С1. Если \mathcal{V} – покрытие множества X и существует такое покрытие $\alpha \in U$, что покрытие α вписано в покрытие \mathcal{V} , то $\mathcal{V} \in U$.

С2. Если $\alpha, \beta \in U$, то их внутреннее пересечение $\alpha \wedge \beta \in U$, где $\alpha \wedge \beta = \{A \cap B : A \in \alpha, B \in \beta\}$.

С3. Для двух различных элементов $x \neq y$ множества X существует такое $\alpha \in U$, что ни один элемент покрытия не содержит одновременно элементов x, y .

Пара (X, U) называется семиравномерным пространством.

Если система U покрытий множества X удовлетворяет условиям С1 и С2, то U называется псевдосемиравномерностью на X , а пара (X, U) называется псевдосемиравномерным пространством.

Всякое равномерное (псевдоравномерное) пространство является семиравномерным (псевдосемиравномерным) пространством. Обратное, вообще говоря, неверно.

Система покрытий B множества X называется базой семиравномерности (псевдосемиравномерности) U , если для любого $\alpha \in U$ существует такое $\beta \in B$, что β вписано в α .

Любая система покрытий A множества X следующим образом порождает псевдосемиравномерность U на X . Через B обозначим все конечные внутренние пересечения покрытий системы A , т.е. $B = \left\{ \bigwedge_{i=1}^n \alpha_i, \text{ где } \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \in A \right\}$.

Через U обозначим систему таких покрытий

множества X , что для каждого $\alpha \in U$ существует такое покрытие $\beta \in B$, что β вписано α . По построению U является псевдосемиравномерностью на X . Систему A , порождающую псевдосемиравномерностью U , будем называть предбазой псевдосемиравномерности U .

Пусть U – псевдосемиравномерностью на X . Положим $\tau_U = \{O \subseteq X : \text{для каждого элемента } x \in O \text{ существует } \alpha \in U \text{ и его элемент } A \text{ такой, что } x \in A \in O\}$. Легко проверить, что система τ_U действительно является топологией на X .

Семиравномерную структуру можно задавать также на языке окружений и псевдосемиметрик.

Пусть Σ система подмножеств множества $X \times X$, содержащая диагональ $\Delta = \{(x, x) : x \in X\}$ и удовлетворяющая следующие условия:

U1. Если $V \in \Sigma$ и $V \subset W$, то $W \in \Sigma$.

U2. Если $V_1, V_2 \in \Sigma$, то $V_1 \cap V_2 \in \Sigma$.

U3. Если $V \in \Sigma$, то $V^{-1} \in \Sigma$, где $V^{-1} = \{(y, x) : (x, y) \in V\}$.

U4. $\bigcap \{V \in \Sigma\} = \Delta$

Тогда Σ называется семиравномерностью на X , заданной на языке окружений. Если выполняются только условия U1, U2 и U3, то Σ называется псевдосемиравномерностью на X , заданной на языке окружений.

Пара (X, Σ) называется семиравномерным (псевдоравномерным) пространством.

Система W окружений множества $X \times X$ называется базой семиравномерности (псевдо-семиравномерности) Σ , если для любого ... существует такое $W \in W$, что $W \subset V$.

Если U семиравномерность (псевдо-семиравномерность) на X на языке покрытий, то система $\{V_\alpha : \alpha \in U\}$, где $V_\alpha = \{A \times A : A \in \alpha\}$ образует базу некоторой семиравномерностью (псевдо-семиравномерностью) Σ_U на X .

Обратно, если Σ – семиравномерность (псевдо-семиравномерность) на X на языке окружений, то система $\{\alpha_V : V \in \Sigma\}$, где $\alpha_V = \{V[x] : x \in X\}$, $V[x] = \{y \in X : (x, y) \in V\}$ образует базу некоторой семиравномерностью (псевдо-семиравномерностью) U_Σ на X , на языке покрытий.

Отображение $d : X \times X \rightarrow [0, \infty)$ называется симметрикой на X , если выполняются следующие условия:

d1. $d(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = y$.

d2. $d(x, y) = d(y, x)$ для всех $x, y \in X$.

Если вместо условия d1 выполняется условие d'1. $d(x, y) = 0$, если ..., то отображение d называется псевдосемиметрикой на X .

Пара (X, d) называется симметрическим (псевдосемиметрическим) пространством.

Пусть D – семейство псевдосемиметрик, удовлетворяющее следующим условиям:

D1. Если $d_1, d_2 \in D$, то $\max(d_1, d_2) \in D$.

D2. Если d псевдосемиметрика на X и для каждого $\varepsilon > 0$ существуют $d_1 \in D$ и $\delta > 0$ такие, что из неравенства $d_1(x, y) \leq \delta$ следует неравенство $d(x, y) \leq \varepsilon$ для всех $x, y \in X$ то $d \in D$.

D3. Для каждой пары x, y различных элементов X существует такое $d \in D$, что $d(x, y) > 0$.

Семейство D называется семиравномерностью на X , заданной на языке псевдосемиметрик.

Если выполняются условия D1 и D2, то D называется псевдосемиравномерностью на X , заданной на языке псевдосемиметрик.

Подсемейство $D_1 \subset D$ называется базой D , если для любого $d \in D$ и $\varepsilon > 0$ существуют $d_1 \in D_1$ и $\delta > 0$ такие, что из неравенства $d_1(x, y) \leq \delta$ следует неравенство $d(x, y) < \varepsilon$ для всех $x, y \in X$.

Пара (X, D) называется семиравномерным (псевдо-семиравномерным) пространством.

Если D семиравномерность (псевдо-семиравномерность) на X , то для каждого $d \in D$ и $\varepsilon > 0$

положим $V_\alpha^n = \left\{ (x, y) \in X \times X : d(x, y) < \frac{1}{n} \right\}$.

Тогда семейство $\{V_\alpha^n : d \in D, n = 1, 2, \dots\}$ образует базу некоторой семиравномерностью (псевдо-семиравномерностью) Σ_D на X , заданной на языке окружений.

Обратно, пусть Σ – семиравномерность (псевдо-семиравномерность) на X , заданная на языке окружений. Для каждого $V \in \Sigma$ положим

$$d_V = \begin{cases} 0, & \text{если } (x, y) \in V, \\ 1, & \text{если } (x, y) \notin V. \end{cases}$$

Тогда семейство $D_\Sigma^1 = \{d_V : V \in \Sigma\}$ образует базу некоторой семиравномерностью (псевдо-семиравномерностью) D на X , заданной на языке псевдосемиметрик.

Отображение $f : (X, U) \rightarrow (Y, V)$ псевдо-семиравномерного пространства (X, U) на псев-

досемиравномерного (Y, V) называется равномерно непрерывным, если $\beta \in V$, то $f^{-1}\beta \in U$. Равномерную непрерывность отображение f можно определить и так: для любого $\beta \in V$ существует такое \dots , что покрытие $f\alpha$ вписано в покрытие β .

Отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ называется равномерным изоморфизмом, если f – биективно, f – равномерно непрерывно и f^{-1} – также равномерно непрерывно.

Каждое равномерно непрерывное отображение непрерывно относительно равномерной топологии; следовательно, каждый равномерный изоморфизм является гомеоморфизмом.

Пусть U_1 и U_2 псевдосемиравномерности на X . Говорят, что U_1 сильнее U_2 , а U_2 слабее U_1 , если $U_2 \subseteq U_1$.

Отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ псевдосемиравномерного пространства (X, U) на псевдосемиравномерное пространство (Y, V) называется равномерно факторным, если V сильнейшая псевдосемиравномерность на Y , делающая отображение f равномерно непрерывным.

Легко проверяется, что равномерно непрерывное отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ является равномерно факторным тогда и только тогда, когда из того, что $f^{-1}\beta \in U$ следует $\beta \in V$.

Композиция двух равномерно непрерывных (равномерно факторных) отображений является равномерно непрерывным (равномерно факторным) отображением.

Теорема 1. Пусть отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ псевдосемиравномерного пространства (X, U) на псевдосемиравномерное пространство (Y, V) является равномерно непрерывным. Тогда отображение f будет равномерно факторным тогда и только тогда, когда для любого псевдосемиравномерного пространства (Z, W) и отображения $g: (Y, V) \rightarrow (Z, W)$ из равномерной непрерывности отображения $g \circ f$ следует равномерная непрерывность отображения g .

Доказательства. Пусть отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ является равномерно факторным, и композиция $g \circ f$ равномерно непрерывна. Пусть $\gamma \in W$, тогда $(g \circ f)^{-1}(\gamma) \in U$, но $(g \circ f)^{-1}\gamma = f^{-1}(g^{-1}\gamma)$. Из равномерной факторности отображения f следует, что $g^{-1}\gamma \in V$. Это означает равномерную непрерывность отображения g .

Обратно, пусть выполняется условия теоремы 1. Покажем, что отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ – равномерно факторно. Через W обозначим сильнейшую псевдосемиравномерность на Y , делающую отображение f равномерно непрерывным. Пусть $i_Y: Y \rightarrow Y$ тождественное отображение. Тогда отображение $i_Y \circ f: (X, U) \rightarrow (Y, W)$ является равномерно непрерывным. По условию теоремы отображения $i_X: (Y, V) \rightarrow (Y, W)$ будет равномерно непрерывно. Следовательно, $V \supseteq W$. По построению топологии W отображение $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ равномерно непрерывно.

Теорема 1 доказана.

Пусть (X, U) – произвольное псевдосемиравномерное пространство. Для каждой точки $x \in X$ положим $[x] = \{A \subseteq X : A \in \alpha, x \in A, \alpha \in U\}$. На множестве X вводим отношение эквивалентности \sim следующим образом: $x \sim y$ тогда и только тогда, когда $[x] = [y]$. Легко видно, что отношение \sim действительно является отношением эквивалентности. Положим $X_U = X / \sim$. Определим отображение $q: X \rightarrow X_U$, полагая $q(x) = [x]$ для каждого $x \in X$. Для каждого $\beta \in U$ семейство $\beta_q = \{X_U \setminus q(X \setminus B) : B \in \beta\}$ является покрытием множества X_U . Действительно, если $[x] \in X_U$, то по определению $[x] = \{A \subseteq X : x \in A \ \& \ A \in \alpha, \alpha \in U\}$. Тогда существует $B_0 \in \beta$ такое, что $[x] \subseteq B_0$. Следовательно, $[x] \cap (X \setminus B_0) = \emptyset$, а значит $[x] \in (X_U \setminus q(X \setminus B))$. Это означает, что β_q является покрытием множества X_U . Если α вписано в β и в γ , то ясно, что α_q вписано в β_q и γ_q . Отсюда следует, что семейство $\{\beta_q : \beta \in U\}$ является базой некоторой семиравномерности, которую обозначим U_q . По построению U_q удовлетворяет аксиому СЗ.

Семиравномерное пространство (X_U, U_q) называется семиравномерным пространством, порожденная псевдосемиравномерным пространством (X, U) . Очевидно, что отображение $q: (X, U) \rightarrow (X_U, U_q)$ является равномерно факторным.

Замечание 1. Для каждого равномерно непрерывного отображения псевдосемиравномерного пространства (X, U) в семиравномерное пространство (Y, V) существует единственное равномерно непрерывное отображение $g: (X_U, U_q) \rightarrow (Y, V)$ такое, что $f = g \circ q$.

Говорят, что покрытие α множества X имеет кратность $\leq n$, и пишут $ord\alpha \leq n$, когда для каждого $x \in X$ существуют не более чем n элементов A покрытия α , содержащих элемент $x \in X$.

Если псевдосемиравномерность U имеет базу B , состоящих из покрытий кратности $\leq n+1$, тогда будем говорить, что ее размерность $\leq n$ и пишем $\dim U \leq n$.

Минимальное кардинальное число, являющееся мощностью некоторой базы B псевдосемиравномерности U , называется весом U и обозначается через $\mathcal{W}(U)$.

Предложение 1. Если U псевдосемиравномерность на X и U_q семиравномерность, порожденная U , то $\mathcal{W}(U_q) \leq \mathcal{W}(U)$ и $\dim U_q \leq \dim U$.

Доказательство. Неравенство $\mathcal{W}(U_q) \leq \mathcal{W}(U)$ вытекает непосредственно из построения семиравномерности U_q . Неравенство $\dim U_q \leq \dim U$ следует из следующего факта. Если \dots и A_i элементы покрытия α , $i=1, 2, \dots, k$, то из соотношения $\bigcap_{i=1}^k A_i = \emptyset$ следует соотношение $\bigcap_{i=1}^k (X_U \setminus q(X \setminus A_i)) = \emptyset$.

Предложение 2. Для любого равномерно непрерывного отображения $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ псевдосемиравномерного пространства (X, U) в семиравномерное пространство (Y, V) существует такое равномерно непрерывное отображение $g: (X_U, U_q) \rightarrow (Y, V)$, что $f = g \circ q$ и $\dim U_q \leq \dim U$ и $\mathcal{W}(U_q) \leq \mathcal{W}(U)$.

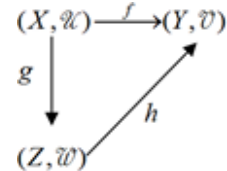
Доказательство следует из замечания 1 и предложения 1.

Предложение 3. Для каждого подсемейства B семиравномерности U на X существует псевдосемиравномерность \tilde{U} такой, что $B \subset \tilde{U} \subset U$, $|B| = \mathcal{W}(\tilde{U})$, $\dim \tilde{U} \leq \dim U$.

Доказательство. Для любых двух покрытий $\alpha_1, \alpha_2 \in B$ выберем такое покрытие $\alpha \in U$, что α вписано в покрытие α_1 и в покрытие α_2 и $ord\alpha \leq \dim U + 1$. Через B_1 обозначим множество всех таких покрытий. Применяя этот процесс к семейству B_1 , получим семейство B_2 . Далее, продолжая этот процесс, получим последовательность $B_1, B_2, \dots, B_n, \dots$. Положим $\tilde{B} = \cup \{B_i : i=1, 2, \dots\}$. Тогда \tilde{B} является базой некоторой псевдосемиравномерности \tilde{U} , удовлетворяющей условию предложения 3, т.е. $B \subset \tilde{U} \subset U$, $|B| = \mathcal{W}(\tilde{U})$ и $\dim \tilde{U} \leq \dim U$.

Теперь докажем следующую факторизационную теорему.

Теорема 2. Пусть $f: (X, U) \rightarrow (Y, V)$ – равномерно непрерывное отображение семиравномерного пространства (X, U) в семиравномерное пространство (Y, V) . Тогда существует факторизация отображения f



что $f = h \circ q$, $\dim W \leq \dim U$, $\mathcal{W}(W) \leq \mathcal{W}(V)$.

Доказательство. Пусть B база семиравномерности V такая, что $|B| \leq \mathcal{W}(V)$. Так как отображение f равномерно непрерывно, то $f^{-1}B \subset U$. Применяя предложение 3 к семейству $f^{-1}B$, мы получим псевдосемиравномерность $\tilde{U} \subset U$ такой, что $\dim \tilde{U} \leq \dim U$, $\mathcal{W}(\tilde{U}) \leq \mathcal{W}(U)$.

По построению \tilde{U} отображение $f: (X, \tilde{U}) \rightarrow (Y, V)$ является равномерно непрерывным. Теперь, применив предложение 2, получим $q: (X, \tilde{U}) \rightarrow (X_{\tilde{U}}, \tilde{U}_q)$, $h: (X_{\tilde{U}}, \tilde{U}_q) \rightarrow (Y, V)$ и $f = h \circ q$. Положим $Z = X_{\tilde{U}}$, $W = \tilde{U}_q$, $g = q$. Тогда по построению семиравномерности W , $\dim W \leq \dim U$, $\mathcal{W}(W) \leq \mathcal{W}(V)$.

Теорема 2 доказана.

Следствие 1 (Мардешич [3]). Пусть X и Y компактное хаусдорфово пространство и $f: X \rightarrow Y$ непрерывное отображение. Тогда существуют компактное хаусдорфово пространство Z и непрерывные отображения $g: X \rightarrow Z$, $h: Z \rightarrow Y$ такие, что $f = h \circ g$, $\dim Z \leq \dim X$, $\mathcal{W}(Z) \leq \mathcal{W}(Y)$.

Замечание 2. Для равномерных пространств аналогичная факторизационная теорема ранее доказана В. Кульпой [4].

Литература

1. Борубаев А.А. Равномерные пространства. – Фрунзе: Изд-во КГУ, 1987. – С. 87.
2. Иванов А.А. Пространственные структуры, их теория и применение. Исследования по топологии, 10. Записки научных семинаров ПОМИ. – Т. 287. – Российская академия наук, Санкт-Петербургское отделение, математического института им. В. А. Стеклова. – СПб., 2002. – С. 5–226.

3. *Mardešić S.* On covering dimension and inverse limits of compact spaces, Illinois Journal of Mathematics 4, 1960, p. 278 – 291.
4. *Kulpa W.* Factorization and inverse expansion theorems for uniformities. Colloquium mathematicum, V. XXI, 1970, p. 217–227.

УДК 517.3 (575.2) (04)

О НАРУШЕНИИ P -СЕКВЕНЦИАЛЬНОСТИ ПРИ ОПЕРАЦИИ ПРОИЗВЕДЕНИЯ

© 2015 г. Б.А. Болжиев

Представлено вице-президентом НАН КР, академиком А.А. Борубаевым
Поступило 25.06.2015

В статье приводится пример p -компактного p -секвенциального пространства, квадрат которого не p -секвенциален, а также строится пространство, являющееся одновременно sP - (псевдо)-радиальным, wP - (псевдо)-радиальным, γwP - (псевдо)-радиальным пространством, квадрат которого не обладает ни одним из перечисленных свойств, где $P \subset \beta\tau / \tau$ для любого дискретного пространства мощности τ .

Ключевые слова: p -компактное, p -секвенциальное пространство.

P-СЕКВЕНЦИАЛДУУЛУКТУ КӨБӨЙТҮҮ АМАЛЫН ИШКЕ АШЫРУУ УЧУРУНДАГЫ АБАЛДЫН БУЗУЛУШУ ТУУРАЛУУ

In the paper is given an example of a p -compact p -sequential space whose square is not p -sequential and this example is generalized on the case of different kinds of radial spaces.

Key words: p -compact, p -sequential spaces.

P-SEQUENTIALITY PROPERTY IS NOT PRODUCTIVE

Илимий макалада квадраты p -секвенциалдык болбогон p -компактуу p -секвенциалдуу мейкиндиктин мисалы келтирилет жана бул мисал ар кандай радиалдык мейкиндиктердин түрлөрүнө жалпыланат.

Түйүндүү сөздөр: p -компактуу p -секвенциалдуу мейкиндиктер.

Все пространства, рассматриваемые здесь, предполагаются хаусдорфовыми. Бесконечные кардиналы ассоциируются с начальным ординалом той же мощности. Пусть τ является произвольным бесконечным кардиналом. Стоун-Чеховская компактификация дискретного пространства τ обозначается $\beta\tau$, и ее Стоун-Чеховский нарост $\beta\tau / \tau$ ассоциируется со множеством всех свободных ультрафильтров на τ и $\mu(\tau) = \{p \in \beta\tau / \tau : |A| = \tau \text{ для каждого } A \in p\}$ обозначает множество всех равномерных ультрафильтров на τ [3].

Бернштейн ввел (см. [2]) понятия p -предельной точки и тесно связанного с этим понятие p -компактного пространства для произвольного свободного ультрафильтра p на ω , т.е. на дискретном пространстве множества

натуральных чисел. Далее А.П.Комбаров (см. [6]) ввел и изучил понятия P -секвенциальности и P -компактности, а именно сильно (слабо) P -секвенциальные пространства и просто P -секвенциальные пространства, где P -произвольный набор ультрафильтров, определенных на счетном множестве ω . В этой работе он показал, что свойство пространства быть p -секвенциальным является счетно-мультипликативным свойством в классе регулярных p -компактных пространств. В.Сакс (см. [4]) переносит понятие p -предела на направленности следующим образом: если $p \in \beta\tau / \tau$ и $(x_\alpha : \alpha < \tau)$ является τ -последовательностью в X , тогда точка x является p -предельной точкой τ -последовательности $(x_\alpha : \alpha < \tau)$, и обозначается это как $x = p\text{-}\lim x_\alpha$, если для

произвольной окрестности O точки x выполнено: $\{\alpha : x_\alpha \in O\} \in p$ и там же он определяет p -компактное пространство как пространство, в котором каждая τ -последовательность обладает p -предельной точкой или, как еще говорят в таком случае, τ -последовательность p -сходится. Следуя Комбарову [6], назовем топологическое пространство (X, σ) p -секвенциальным, известное по другой терминологии как p -псевдорadiaльное пространство [5], если для любого незамкнутого множества $A \subseteq X$ найдется точка $x \notin A$, являющаяся p -предельной точкой некоторой τ -последовательности $(x_\alpha : \alpha < \tau) \subseteq A$.

Кочинасом в работе [5] был получен результат, из которого следует, что произведение конечного числа регулярных p -компактных p -секвенциальных пространств является p -компактным p -секвенциальным пространством для произвольного ультрафильтра p . Содержательным в перечисленных теоремах предстает p -секвенциальность, так как свойство пространства быть p -компактным является, как это легко видеть из самого определения, мультипликативным свойством. Ниже мы построим пример двух хаусдорфовых p -компактных p -секвенциальных пространств, чье произведение не является p -секвенциальным пространством, что в свою очередь будет означать, требование регулярности в теоремах Комбарова и Кочинаса является существенным. Кроме того, эти два пространства позволяют построить пример хаусдорфова p -компактного p -секвенциального пространства, квадрат которого не будет p -секвенциальным. Для построения этих примеров мы воспользуемся терминологией и конструкцией А.В.Архангельского из [1].

Пусть $\{X_\alpha : \alpha < \tau\}$ семейство попарно непесекающихся множеств, каждое мощности τ . Зафиксируем семейство $\{y_\alpha : \alpha < \tau\}$ попарно различных объектов, ни один из которых не принадлежит множеству $T = \cup\{X_\alpha : \alpha < \tau\}$. Положим $Y_\alpha = X_\alpha \cup \{y_\alpha\}$, $Y = \cup\{Y_\alpha : \alpha < \tau\}$ и $Q = \{y_\alpha : \alpha < \tau\}$. Пусть z^* – произвольная точка, не принадлежащая Y . Положим $Z = T \cup \{z^*\}$ и определим отображение φ множества Y на множество Z следующим образом:

$$\varphi(y) = y \text{ if } y \in T \text{ and } \varphi(y) = z^* \text{ if } y \in Q.$$

Мы наделим каждое Y_α следующей топологией σ_α : если $A \subset X_\alpha$, тогда $A \in \sigma_\alpha$, и если M произвольное подмножество X_α мощности меньше, чем τ , тогда $X_\alpha \setminus M \in \sigma_\alpha$. Таким образом, $(Y_\alpha, \sigma_\alpha)$ становится топологическим пространством с единственной неизолированной точкой y_α . Не теряя общности, можно считать, что $p \in \mu(\tau)$. Таким образом, топологическое пространство $(Y_\alpha, \sigma_\alpha)$ становится p -секвенциальным для любого $p \in \mu(\tau)$. Определим топологию σ на Y как топологию свободного объединения пространств $(Y_\alpha, \sigma_\alpha)$. Ясно, что пространство (Y, σ) становится p -секвенциальным. Определим топологию на Z так, чтобы φ стало факторным отображением. Тогда Z становится p -секвенциальным пространством как факторный образ p -секвенциального пространства [5] и $|Z| = \tau$. Можно сказать, что пространство Z является аналогом веера Фреше-Урысона.

Пусть S является множеством, состоящим из всевозможных τ -последовательностей $(x_\alpha : \alpha < \tau) \subset Z$ таких, что $x_\alpha \in X_\alpha$ для всякого $\alpha < \tau$. Очевидно, что $|S| = 2^\tau$. Для произвольной τ -последовательности $M = (x_\alpha : \alpha < \tau)$, $M \in S$ положим $F_M = \{\{x_\alpha : \alpha > \beta\}, \beta < \tau\}$. Очевидным образом, F_M превращается в централизованную систему мощности τ и семейство $\{F_M : M \in S\}$ превращается в τ -сингулярное семейство множеств в точке z^* (см.[1]).

Пусть a_M является точкой, не принадлежащей M . Положим $M' = M \cup \{a_M\}$ и снабдим множество M' топологией, в которой каждое подмножество множества M объявляется открытой, и базу открытых окрестностей точки a_M образует семейство $\{\{a_M \cup \{x_\alpha : \alpha > \beta\}\}, \beta < \tau\}$. Очевидно, что $|\{x_\alpha : \alpha < \beta\}| < \tau$ при любом $\beta < \tau$, так что M' становится p -секвенциальным для любого $p \in \mu(\tau)$ с единственной неизолированной точкой a_M . Полагая $W = \cup\{M' : M \in S\}$, снабженное топологией свободного объединения, можно преобразовать пространство W в пространство V с единственной неизолиро-

ванной точкой t^* , применяя ту же процедуру, которая была использована при получении пространства Z из пространства Y . Таким способом мы получили два p -секвенциальных пространства Z и V . Теорема 3.5 из [1] позволяет получить следующее неравенство: $t((z^*, t^*), Z \times V) > \tau$, и так как теснота p -секвенциального пространства не превосходит τ [5], то можно заключить, что пространство $Z \times V$ не является p -секвенциальным. Но оба эти пространства не являются p -компактными. Поэтому, чтобы получить один из примеров, достаточно будет построить два хаусдорфовые p -компактные p -секвенциальные расширения пространства Z и V . Пусть (X, σ) – произвольное топологическое пространство.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1. Подмножество $O \subset X$ называется p -секвенциально открытым, если из того что $x \in O$ и $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ следует, что $\{\alpha : x_\alpha \in O\} \in p$.

Легко видеть, что пересечение конечного числа p -секвенциально открытых множеств снова является p -секвенциально открытым, а также объединение любого числа p -секвенциально открытых множеств снова является p -секвенциально открытым, из чего можно заключить, что семейство всех p -секвенциально открытых множеств в (X, σ) образует некоторую топологию, обозначаемую как σ_p . Учитывая, что любое открытое множество является p -секвенциально открытым, легко убедиться в справедливости следующего утверждения.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 1. (X, σ_p) является топологическим пространством и $\sigma \subset \sigma_p$.

Для произвольного подмножества $A \subset X$ определим множество $p(A) = A \cup \{x \in X : \text{найдется } \tau\text{-последовательность } (x_\alpha : \alpha < \tau) \subset A \text{ такая, что } x = p\text{-}\lim x_\alpha\}$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2. Подмножество $A \subset X$ называется p -секвенциально замкнутым тогда и только тогда, когда $A = p(A)$

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 2. Подмножество A в топологическом пространстве (X, σ) является p -секвенциально замкнутым тогда и только тогда, когда $X \setminus A$ p -секвенциально открыто.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть A p -секвенциально замкнуто и $x \notin A$, т.е. $x \in O$, где

$O = X \setminus A$. Предположим, что $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ для некоторой τ -последовательности $(x_\alpha : \alpha < \tau)$. Так как p является ультрафильтром, тогда можно подобрать $W \in p$ такое, что $(x_\alpha : \alpha \in W) \subset O$ иначе получим $\{\alpha : x_\alpha \in A\} \in p$, что будет означать, что $x \in A$. Поэтому O p -секвенциально открыто.

Пусть O p -секвенциально открыто и $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ для некоторой точки x и некоторой τ -последовательности $(x_\alpha : \alpha < \tau) \subset A$. Предположив, что $x \in O$, получим $\{\alpha : x_\alpha \in O\} \in p$ и тогда $(x_\alpha : \alpha < \tau) \not\subset A$, что противоречит нашему предположению. Таким образом, A является p -секвенциально замкнутым.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 3. Топологическое пространство (X, σ) является p -секвенциальным тогда и только тогда, когда $\sigma = \sigma_p$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть (X, σ) является p -секвенциальным и O не является открытым в (X, σ) . Тогда найдутся некоторая точка $x \in O$ и некоторая τ -последовательность такие, что $x = p\text{-}\lim x_\alpha$. Ясно, что O не является p -секвенциально открытым. Таким образом $\sigma \neq \sigma_p$.

Пусть теперь $\sigma = \sigma_p$, т.е. каждое p -секвенциально открытое множество является открытым. Если A не замкнутое, множество тогда $O = X \setminus A$ не является открытым, что в свою очередь в силу предложения 2 означает, что A не является p -секвенциально замкнутым. Поэтому найдутся точка $x \notin A$ и некоторая τ -последовательность $(x_\alpha : \alpha < \tau) \subset A$ такие, что $x = p\text{-}\lim x_\alpha$. А это и означает, что (X, σ) является p -секвенциальным.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 4. Пусть (X, σ) является p -секвенциальным пространством и (Y, δ) является ее расширением. Тогда $\delta_p|_X = Y$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть $O \in \delta_p|_X$, тогда найдется p -секвенциально открытое множество G в (Y, δ) такое, что $O = G \cap X$. Так как X плотно в Y , тогда из того, что $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ в (X, σ) для некоторого $x \in O$ некоторой τ -последовательности $(x_\alpha : \alpha < \tau) \subset X$ следует $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ в (Y, δ) . Тогда легко найти $W \in p$ с условием $(x_\alpha : \alpha \in W) \subset G$, из которого следует $(x_\alpha : \alpha \in W) \subset O$ и тогда O p -секвенциально открыто в (X, σ) . Предложение 3 позволяет заключить, что $O \in \sigma$. Итак, $\delta_p|_X \subset Y$.

Предположим теперь, что $O \in \sigma$. Можно подобрать $H \in \delta$ с условием $H \cap X = O$. В силу того, что $H \in \delta_p$ получим $\sigma \subset \delta_p|_X$ что и завершает доказательство.

ТЕОРЕМА 1. Топологическое пространство (X, σ_p) является p -секвенциальным для любого топологического пространства (X, σ) .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть A не является замкнутым в (X, σ_p) , что в силу предложения 2 означает, что A не является p -секвенциально замкнутым в (X, σ) . Поэтому найдутся точка $x \notin A$ и некоторая τ -последовательность $(x_\alpha : \alpha < \tau) \subset A$ такие, что $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ в (X, σ) . Если O является произвольной открытой окрестностью точки x в (X, σ_p) , тогда O является p -секвенциально открытой в (X, σ) , что и означает, что $x = p\text{-}\lim x_\alpha$ в (X, σ_p) . Поэтому (X, σ_p) является p -секвенциальным.

СЛЕДСТВИЕ 1. Пусть (X, σ) является p -компактным пространством. Тогда (X, σ_p) является p -компактным p -секвенциальным пространством.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Нам достаточно показать p -компактность пространства (X, σ_p) . А это непосредственно следует из p -компактности пространства (X, σ) .

ТЕОРЕМА 2. Каждое тихоновское p -секвенциальное пространство обладает хаусдорфовым p -компактным p -секвенциальным расширением.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть (Y, δ) – произвольное p -компактное расширение тихоновского p -секвенциального пространства (X, σ) . Так как любое компактное пространство является p -компактным [4], то из Предложения 4 и Следствия 1 легко следует, что (X, σ) является подпространством p -компактного p -секвенциального пространства (Y, δ_p) . В силу того что свойства пространств быть и p -секвенциальным и p -компактным, как это нетрудно заметить, наследуются по замкнутым подмножествам, то для получения желаемого расширения достаточно будет взять замыкание множества X в (Y, δ_p) .

ПРИМЕР 1. Пусть bZ и bV произвольные хаусдорфовые p -компактные p -секвенциальные расширения пространств Z и V соответственно. Тогда $bZ \times bV$ является p -компактным не p -секвенциальным пространством.

ПРИМЕР 2. Пусть $D = Z \oplus V$ является топологической суммой пространств Z и V . Пространство D является p -секвенциальным. Пусть теперь bD является его произвольным p -компактным p -секвенциальным расширением. Тогда $bD \times bD$ является p -компактным не p -секвенциальным пространством.

Предложение 5. Любое p -компактное (компактное) расширение пространства V не является регулярным.

Широко известно, что $t(X) = t(X \times X)$ для любого компакта X , так что справедливо следующее утверждение.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 6. Теснота произвольного компактного расширения пространства V больше τ .

Теперь построим еще одну τ -сингулярную систему множеств в точке z^* пространства Z . На каждом подмножестве M , являющемся элементом множества S , зафиксируем систему подмножеств C_M , состоящую из подмножеств с дополнением по мощности меньшей, чем τ . Очевидно, что семейство $\{C_M : M \in S\}$ образует τ -систему в точке z^* . Наделим каждое M' топологией, превращающей ее в пространство с единственной неизолированной точкой a_M и гомеоморфное пространство $(Y_\alpha, \sigma_\alpha)$ (здесь выбор индекса α не имеет значения), причем семейство $\{G \cup \{a_M\} : G \in C_M\}$ образует базу топологии в точке a_M . Применяя к семейству $\{M' : M \in S_M\}$ процедуру трансформации пространства W в V , получим топологическое пространство V' мощности 2^τ , которое является p -секвенциальным при любом $p \in \mu(\tau)$. При построении пространства V' мы использовали τ -сингулярную систему, что позволяет [1] получить следующий результат.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 7. Теснота пространства $Z \times V'$ больше, чем τ .

Если мы заметим, что пространство Z гомеоморфно некоторому подпространству пространства V' , то получим следующий результат.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 8. Теснота пространства $V' \times V'$ больше τ .

Без сомнения, что справедливость предложений 5 и 6 не нарушится, если пространство V заменить на пространство V' и что пространство V' обладает теми же свойствами, что и пространство D из примера 2. Но нас это про-

пространство интересует по следующей причине: Кочинас в работе [5] ввел для произвольного $P \subset \beta\tau / \tau$ понятия (псевдо)радиального, ωP – (псевдо)радиального и $\nu\omega P$ – (псевдо)радиального пространств, и, как там же было замечено автором, каждый из них обладает теснотой, не превосходящей τ . Ранее было отмечено, что пространство V' с единственной неизолированной точкой a , является p –секвенциальным при любом $p \in \mu(\tau)$. Очевидно, что если $a = p\text{-}\lim a_\alpha$ для некоторого $p \in \mu(\tau)$ и некоторой τ –последовательности $\{a_\alpha : \alpha < \tau\}$, тогда $a = q\text{-}\lim a_\alpha$ и для произвольного $q \in \mu(\tau)$. Это позволяет утверждать, что пространство V' одновременно является sP – (псевдо)радиальным, ωP – (псевдо)радиальным и $\nu\omega P$ – (псевдо)радиальным при любом $P \subset \beta\tau / \tau$. Теперь предложение 3 позволяет утверждать, что пространство V' обладает следующим свойством.

ПРИМЕР 3. Пространство V' является sP – (псевдо) радиальным, ωP – (псевдо)радиальным и $\nu\omega P$ – (псевдо)радиальным при любом $P \subset \beta\tau / \tau$, но пространство $V' \times V'$ не является ни sP – (псевдо)радиальным, ни ωP – (псевдо)радиальным и ни $\nu\omega P$ – (псевдо)радиальным.

Acknowledgement.

The support of the ESF project 2013//0024/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA /VIAA/045 is kindly announced

Литература

1. Архангельский А.В. Спектр частот топологического пространства. Труды Мос. матем. об-ва, 1965. – Т.13. – С. 3–55.
2. Bernstein A.R. A new kind of compactness for topological spaces. Fund. Math. 66 (1970), 185-193.
3. Comfort W.W., Negrepointis S. The theory of Ultrafilters, Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band 211, Springer-Verlag, Berlin, 1974.
4. V.Saks. Ultrafilters invariant in topological spaces. Trans. Amer. Math. Soc. 1978. – V.241., 79-97.
5. Kocinac Lj. A generalization of chain-net spaces, Publ. Inst. Math. (Beograd), 44 (58) (1988), 109-114.
6. Комбаров А.П. Об одной теореме А.Х. Стоуна. – Докл.АН СССР, 1983. –Т. 270, 1. – С.37–40.
7. Комбаров А.П. О компактности и секвенциальности по множеству ультрафильтров. – Вестник МГУ. – Серия матем., мех. – 1985. – Т.5. – С.15–18. Compactness and sequentiality with respect to a set of ultrafilters, Moscow Univ. Math. Bull. 40 (1985), 15-18.

УДК 519.928

АЛГОРИТМ ПРИБЛИЖЕННОГО ПОИСКА ПОГРАНСЛОЙНЫХ ЛИНИЙ С ТОЧКАМИ ВЕТВЛЕНИЯ ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ

© 2015 г. П.С. Панков, член-корр. НАН КР, К.С. Алыбаев, К.Б. Тампагаров

Поступило 06.11.2015

На основе предыдущей статьи авторов, где было введено понятие погранслойной линии в теории сингулярно возмущенных линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с аналитическими функциями на комплексной плоскости, получено уравнение в форме дифференциала от функции, изображающей линию и разработан алгоритм для приближенного построения линии, в том числе в случае ветвления.

Ключевые слова: обыкновенное дифференциальное уравнение, аналитическая функция, сингулярное возмущение, пограничный слой, асимптотика, алгоритм

ФУНКЦИЯЛАРЫ АНАЛИТИКАЛЫК БОЛГОН, СИНГУЛЯРДУУ ДҮҮЛҮККӨН СЫЗЫКТУУ БИР КАЛЫПТАГЫ КАДИМКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК ТЕҢДЕМЕЛЕРДИН БУТАКТАНУУ ЧЕК ИТЕРИ БОЛГОН ЧЕК АРАЛЫК КАТМАРДЫК СЫЗЫКТАРДЫ БОЛЖОЛ МЕНЕН ТАБУУЧУ АЛГОРИТМ

Авторлордун мурунку макаласында комплекстик тегиздигиндеги, аналитикалык функциялар менен, сингулярдуу дүүлүккөн сызыктуу кадимки дифференциалдык теңдемелердин теориясында чек аралык катмардык сызык деген түшүнүк киргизилди. Анын негизинде сызыкты көрсөтүүчү функциянын дифференциалынын түрүндө теңдеме пайда болтурулду жана сызыкты болжол менен түзүү (ошодой эле, бутактануу учурунда) үчүн алгоритм иштеп чыгарылды.

Урунттуу сөздөр: кадимки дифференциалдык теңдеме, аналитикалык функция, сингулярдык дүүлүгүү, чек аралык катмар, асимптотика, алгоритм

ALGORITHM TO SEARCH APPROXIMATELY BOUNDARY LAYER LINES WITH POINTS OF BRANCHING OF SINGULARLY PERTURBED ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH ANALYTICAL FUNCTIONS

On the base of the authors' preceding paper where the notion of boundary-layer line was introduced in the theory of singularly perturbed differential equations with analytical functions on the complex plane, the equation in the form of differential of the function presenting such line is obtained and an algorithm to construct such line (including points of branching) approximately is developed

Keywords: ordinary differential equation, analytical function, singular perturbation, boundary layer, asymptotics, algorithm

Введение. В [2] на основе метода [1] получены условия для возникновения на плоскости изменения аргумента линии в форме петли, названной авторами «простирающимся пограничным слоем». В статье [3] показано, что такие линии естественно возникают для сингулярно

возмущенных обыкновенных дифференциальных уравнений с аналитическими функциями, что можно рассматривать как специфическое свойство таких уравнений. Также предложено называть их более кратко – погранслойными линиями. В [4], [5] предложены другие методы

исследования. В данной статье дается алгоритм для приближенного построения погранслоиных линий с учетом возможного возникновения точек ветвления на них.

1. Результаты, используемые в настоящей статье

Обозначим $R = (-\infty, \infty)$, $R_+ = [0, \infty)$;

C – комплексная плоскость, $C_l = \{\theta \in C, |\theta| = l\}$;

$(\cdot)^*$ – комплексное сопряжение;

$Q(G)$ – пространство аналитических функций в области $G \subset C$;

ε – малый положительный вещественный параметр.

Рассмотрим общее линейное уравнение с параметром ε при производной

$\varepsilon z'(t, \varepsilon) = a(t) z(t, \varepsilon) + f(t)$, $z \in \Omega \subset C$, с начальным условием (1)

$$z(t_0, \varepsilon) = z_0 \quad (2)$$

где Ω – односвязная область, t_0 – ее внутренняя точка, $z_0 \in C$, $a(t), f(t) \in Q(\Omega)$.

Если правая часть фактически не зависит от z , то решение задачи (1)-(2) записывается в явном виде. Поэтому на заданную функцию $a(t)$ мы наложим только условие: эта функция существует, то есть

$$a(t) \text{ не равна тождественно нулю. } (3)$$

Будем обозначать решение задачи (1)-(2) через $Z(t, \varepsilon)$ (для тех значений t , для которых оно существует и однозначно определено).

Определение 1. Если $|Z(t_p, \varepsilon)|$ ограничено при $\varepsilon \rightarrow 0$, то точка t_l называется регулярной для задачи (1)-(2), в противном случае – нерегулярной.

Определение 2. Точка, в любой окрестности которой существуют как регулярные, так и нерегулярные точки, называется погранслоиной точкой.

Определение 3. Любое множество регулярных (погранслоиных) точек называется регулярным (погранслоиным) множеством.

Определение 4. Погранслоиное множество, являющееся непрерывным, локально взаимнооднозначным образом отрезка, называется погранслоиной линией.

Определение 5. Для погранслоиной точки $t_l \in C$ число $\theta \in C_l$ называется погранслоиным направлением, если для любого малого $\sigma > 0$ существует такое малое $\delta > 0$, что множество

$$\{t \in C \mid |\text{Arg}(t - t_l) - \text{Arg}\theta| < \sigma, |t - t_l| = \delta\}$$

содержит погранслоиные точки.

Примечание. В погранслоиных точках $\lim \{Z(t_p, \varepsilon) \mid \varepsilon \rightarrow 0\}$, вообще говоря, не существует. Это видно из следующего примера.

Пример 1. Уравнение $\varepsilon z'(t, \varepsilon) = 2t z(t, \varepsilon)$ с начальным условием $z(0, \varepsilon) = 1$ имеет решение $Z(t, \varepsilon) = \exp(t^2/\varepsilon)$. Здесь $\{t \in C \mid \text{Re}(t^2) < 0\}$ – регулярные точки функции $Z(t, \varepsilon)$; $\{t \in C \mid \text{Re}(t^2) > 0\}$ – сингулярные точки функции $Z(t, \varepsilon)$.

При $\text{Re}(t^2) = 0$ – погранслоиные точки, образуя погранслоиную линию, заменяем $t = (\pm i \pm 1)s$, $s \in R_+$, $Z_{1234}(t, \varepsilon) = \exp(\pm 2is/\varepsilon)$ – быстрые колебания. Таким образом, для $t=0$ имеются четыре погранслоиных направления: $\theta_{1234} = \sqrt{2}(\pm i \pm 1)/2$.

Определение 6. Если в погранслоиной точке имеется более двух погранслоиных направлений, то она называется точкой ветвления. (Как будет показано ниже, количество погранслоиных направлений при выполнении условия (3) является четным.) Если количество погранслоиных направлений равно $2n$, то будем называть такую точку точкой n -ветвления.

Следующий пример показывает, что условие линейности является существенным.

Пример 2. Уравнение $\varepsilon z'(t, \varepsilon) = z^2(t, \varepsilon)$ с начальным условием $z(0, \varepsilon) = 1$ имеет решение $Z(t, \varepsilon) = \varepsilon / (\varepsilon - t)$. При $\varepsilon \rightarrow 0$ это решение не стремится к нулю только в окрестности точки $t=0$. Таким образом, погранслоиные линии отсутствуют.

Заменим $t_\omega(s) = t_0 + \omega s$, $\omega \in C_p$, $s \in R_+$. Подставляя в (1), получаем уравнение:

$$\varepsilon dz(t_\omega(s), \varepsilon) / (\omega ds) = a(t_\omega(s)) z(t_\omega(s), \varepsilon) + f(t_\omega(s)). \quad (4)$$

Обозначая $W_\omega(s, \varepsilon) = z(t_\omega(s), \varepsilon)$, $A_\omega(s) = a(t_\omega(s))$, $F_\omega(s) = f(t_\omega(s))$, получаем уравнение $\varepsilon W'_\omega(s, \varepsilon) = \omega (A_\omega(s) W(s, \varepsilon) + F_\omega(s))$ (5) с начальным условием

$$W(0, \varepsilon) = z_0 \quad (6)$$

В силу условия (3) существует такое целое неотрицательное n , что

$$a(t) = (t - t_0)^n a_n(t), \quad a_n(t) \in Q(\Omega), \quad a_n(t_0) \neq 0. \quad (7)$$

При этом отметим, что n , как функция от t_0 , может быть больше нуля только на множестве точек, не имеющих точку прикосновения в силу свойств аналитических функций.

Подставляя (7), получаем

$$\omega A_\omega(s) = \omega a(t_0 + \omega s) = \omega (\omega s)^n a_n(t_0 + \omega s) = \omega^{n+1} s^n a_n(t_0 + \omega s).$$

Уравнение (7) принимает вид
 $\varepsilon W'_\omega(s, \varepsilon) = \omega^{n+1} a_n(t_0 + \omega s) s^n W(s, \varepsilon) + \omega F_\omega(s),$
 $s \in \mathbf{R}_+.$ (8)

Выбирая $\omega = \omega_0$ так, чтобы было

$$Re(\omega_0^{n+1} a_n(t_0)) = 0, \quad (9)$$

получаем погранслоинное направление. Это можно сделать самое меньшее двумя способами, а при $n > 0 - (2n+2)$ способами.

В силу непрерывности при ω , близких к ω_0 , будет и $Re(\omega^{n+1} a_n(t_0)) > 0$, и $Re(\omega^{n+1} a_n(t_0)) < 0$.

Отсюда, в свою очередь, следует, что при $s < \delta$, где δ – достаточно мало, будет и $Re(\omega^{n+1} a_n(t_0 + \omega s)) > 0$, и $Re(\omega^{n+1} a_n(t_0 + \omega s)) < 0$.

Из общей теории сингулярных возмущений следует, что при таких ω решение задачи (1)-(2) будет либо стремиться к ∞ при $\varepsilon \rightarrow 0$, либо стремиться к решению вырожденного уравнения с возможным всплеском вначале, но такие всплески (при $n > 0$) будут только в отдельных точках.

Таким образом, в каждой погранслоинной точке имеется не менее двух погранслоинных направлений. Движение по соответствующему направлению является решением некоторого дифференциального уравнения на плоскости S и дает погранслоинную линию.

Такое уравнение, если его можно построить, будем называть погранслоинным уравнением, соответствующим начальной задаче (1)-(2).

Из вышеизложенного видно, что вдоль погранслоинной линии решение уравнения имеет быстрые колебания. Для упрощения исследования в [3] применена замена, аналогичная переходу от «фазовых координат» к «энергии».

Рассмотрим уравнение (1) в предположении, что $f(t) \equiv 0$. Введем функцию

$$U(s, \varepsilon) = z(T(s), \varepsilon) (z(T(s), \varepsilon))^*, s \in \mathbf{R}_+, T(0) = 0,$$

– квадрат модуля функции $z(t, \varepsilon)$ вдоль некоторой траектории.

Надо так подобрать функцию $T(s)$, чтобы было $U'(s, \varepsilon) \equiv 0$. Выполняются следующие преобразования:

$$\begin{aligned} \varepsilon U'(s, \varepsilon) &= \varepsilon (z(T(s), \varepsilon) (z(T(s), \varepsilon))^*)' = \\ &= \varepsilon (z'(T(s), \varepsilon) (z(T(s), \varepsilon))^* + z(T(s), \varepsilon) (z'(T(s), \varepsilon))^*) \\ &= A(T(s)) z(T(s), \varepsilon) T'(s) (z(T(s), \varepsilon))^* + z(T(s), \varepsilon) \\ &(A(T(s)) z'(T(s), \varepsilon) T'(s))^* = z(T(s), \varepsilon) (z(T(s), \varepsilon))^* \\ &(A(T(s)) T'(s) + (A(T(s)) T'(s))^*). \end{aligned} \quad (10)$$

Пример 3. Для уравнения Примера 1 положим $T(s) = (\pm i \pm 1)s$:

$$\begin{aligned} \varepsilon U'(s, \varepsilon) &= z(T(s), \varepsilon) z'(T(s), \varepsilon) ((\pm i \pm 1)^2 \\ &+ ((\pm i \pm 1)^2)^*) = z(T(s), \varepsilon) z'(T(s), \varepsilon) ((\pm 2i) - (\pm 2i)) = 0 \end{aligned}$$

(здесь погранслоинные линии являются прямыми).

В общем виде, приравнивая правую часть (10) к нулю, получено

$$A(T(s)) T'(s) + (A(T(s)) T'(s))^* = 0, \quad (11)$$

$$Re(A(T(s)) T'(s)) = 0.$$

Полагая $A(T(s)) T'(s) = \pm i$, отсюда получено:

$$A(T) dT = \pm i ds \quad (12)$$

– уравнение погранслоинной линии в дифференциалах;

$$\int_0^T A(\cdot) d = \pm i s \quad (13)$$

– интегральное уравнение погранслоинной линии.

Пример 4. $\varepsilon z'(t, \varepsilon) = (2t + 3t^2) z(t, \varepsilon)$, $z(0, \varepsilon) = 1$. Уравнение (13) принимает вид:

$$\int_0^T (2 + 3^2) d = \pm i s; T^2 + T^3 = \pm i s (T(0) = 0).$$

Таким образом, эта погранслоинная линия имеет четыре ветви, направленные от начала координат по биссектрисам всех четырех квадрантов. Они разделяют плоскость на две сингулярные (включающих отрезки ось OX в обе стороны) и две регулярные области.

2. Построение алгоритма

Уравнение погранслоинной линии (11) в проекции на ось OX принимает вид

$$Re(A(T) dT) = 0. \quad (14)$$

Представим функцию в виде $A(t) = U(t) + iV(t)$. Запишем также $t_0 = t_{01} + it_{02}$; $z_0 = z_{01} + iz_{02}$.

Рассмотрим только случай возможного 2-го ветвления.

Исходными данными для алгоритма являются числа t_{01} , t_{02} , z_{01} , z_{02} , функции $U(t)$, $V(t)$, $U'(t)$, $V'(t)$.

Выберем еще (малый) шаг $h > 0$, малое число $\delta > 0$ для приближенного определения точек ветвления, m – количество шагов.

Для вектора длины h – сдвига ΔT из (13) получаем приближенное уравнение: $Re(A(T)\Delta T) = 0$; $Re((U(T) + iV(T))\Delta T) = 0$.

Отсюда получаем разностное уравнение в виде

$$\Delta T \parallel iU(T) + V(T). \quad (15)$$

Его решение в случае $A(T) \neq 0$ имеет вид

$$T(T) = \pm \frac{V(T) + iU(T)}{\sqrt{V^2(T) + U^2(T)}} h. \quad (16)$$

Выбирая на каждом шагу один и тот же знак из \pm , получаем расчетные формулы

$$T_0 := 0; T_k := T_{k-1} + \Delta T(T_{k-1}), k=1, 2, 3, \dots, m. \quad (17)$$

Алгоритм выводит номер шага и значение T_k .

Если $A(T) = 0$ (практически на каждом шагу проверяем условие $|A(T)| < \delta$,

или $U^2(T) + V^2(T) < \delta^2$), то если $(U'(T))^2 + (V'(T))^2 < \delta^2$, алгоритм выводит сообщение

«В окрестности данного T возможно ветвление порядка выше 2»

и остановка,

иначе рассматриваем уравнение (9) при $n=1$:

$$Re((\Delta T)^2 (U'(t) + iV'(t))) = 0. \quad (17)$$

Оно имеет четыре решения в комплексной области

$$T(T) = \pm \sqrt{\pm \frac{V(T) + iU(T)}{\sqrt{(V(T))^2 + (U(T))^2}}} h.$$

Если точка – начальная, то алгоритм выводит четыре значения ΔT и сообщение:

«Начальная точка является точкой 2-го ветвления; какое из них выбрать?» и в зависимости от ответа пользователя выбирает одно из них, иначе выбирает в (17) то значение ΔT , которое ближе всего к предыдущему.

Была написана программа на языке pascal. Подставлены данные из Примера 4. Для кон-

троля в ней заложено также вычисление выражения $F(T) = T^2 + T^3$.

(Должно быть $Re F(T) \approx 0$).

Литература

1. Алыбаев К.С. Метод линий уровня исследования сингулярно возмущенных уравнений при нарушении условия устойчивости // Вестник КГНУ. – Серия 3. – Вып. 6. – Бишкек, 2001. – С. 190–200.
2. Алыбаев К.С., Нарбаев М.Р. Явление простирающегося пограничного слоя для сингулярно возмущенных уравнений при потере устойчивости // Вестник ЖАГУ. – 2008. – № 1. – С. 122–126.
3. Панков П.С., Алыбаев К.С., Тампагаров К.Б., Нарбаев М.Р. Явление погранслойных линий и асимптотика решений сингулярно возмущенных линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с аналитическими функциями // Вестник ОшГУ, 2013. – № 1 (специальный выпуск). – С. 227–231.
4. Тампагаров К.Б. Метод характеризующих функций исследования асимптотического поведения решений сингулярно возмущенных уравнений в комплексной плоскости // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. – Вып. 47. – Бишкек: Илим, 2014. – С. 98–102.
5. Alybaev K.S., Tampakarov K. Criterion of existence of boundary layer lines of regular and singular domains for singularly perturbed equations with analytical functions // Abstracts of the Issyk-Kul International Mathematical Forum (Kyrgyzstan, Bozteri, 24–27 June, 2015) / Edited by Academician Altay Borubaev. – Bishkek: Kyrgyz Mathematical Society, 2015. – P. 32.

УДК:535.44 (575.2) (04)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ЗАПИСИ НА ПЛЕНКАХ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ЛИТОГРАФИИ

© 2015 г. А.А. Кутанов, академик НАН КР; И. Снимщиков, Н. Сыдык уулу

Поступило 27.11.2015

Разработана сканирующая система интерференционной литографии (СИЛ), предназначенная для формирования дифракционных микроструктур, состоящих из микрорешеток размером 5–10 мкм с заданной ориентацией и периодом, изменяемым в диапазоне 0,4–1,2 мкм, и общим полем записи системы 300х300 мм. Система использовалась для исследования прямой лазерной записи микрорешеток на пленках аморфного кремния, нанесенного методом магнетронного напыления на поверхность стеклянных подложек. Ранее нами была показана возможность прямой лазерной записи точечных голограмм на пленке аморфного кремния импульсным УФ-лазером с $\lambda = 355$ нм. В настоящей статье приведены результаты по исследованию спектров поглощения пленок аморфного кремния и прямой лазерной записи на слое аморфного кремния с использованием зеленого лазера ($\lambda=532$ нм) и полупроводникового одномодового лазера с $\lambda = 405$ нм. Разработанная установка и технологии прямой записи микрорешеток могут быть использованы в дальнейшем для формирования просветляющих субволновых покрытий на поверхности солнечных панелей большого размера, изготовления матриц для производства тисненых защитных голограмм, а также для изготовления дифракционных аттенюаторов лазерного излучения.

Ключевые слова: СИЛ – система интерференционной литографии; ДОЭ - дифракционные оптические элементы; УФ – ультрафиолет; а-Si – аморфный кремний

RESEARCH OF LASER RECORDING ON AMORPHOUS SILICON FILMS FOR INTERFEROMETRIC LITHOGRAPHY

Developed scanning system for interference lithography designed to form the diffraction microstructures consisting of microgratings of 5– 10 microns with a given orientation and period varies in the range of 0.4– 1.2 μ m, and the total field recording system 300x300mm. The system was used to research direct laser recording of microgratings on amorphous silicon films deposited by magnetron sputtering on the surface of the glass substrates. Early, we have demonstrated the possibility of direct laser recording of dot holograms on amorphous silicon film by pulsed UV laser with $\lambda = 355$ nm. This article presents the results of research on the direct laser recording on amorphous silicon film using a green laser ($\lambda=532$ nm) and the semiconductor single-mode Blu Ray laser with $\lambda = 405$ nm. Designed system and technology for direct recording of microgratings could be used to form a sub wavelength antireflective coating on the surface of large solar panels, to record a matrix for embossing holograms production, as well as for the production of diffractive attenuators for laser radiation.

Keywords: system interference lithography, diffractive optical elements, ultraviolet, amorphous silicon

ИНТЕРФЕРЕНЦИОНДУК ЛИТОГРАФИЯНЫ АЛУУ УЧҮН ЖУКА АМОΡФТУУ КРЕМНИЙДИН КАТМАРЫНА ЛАЗЕРДИК ЖАЗУУНУ ИЗИЛДӨӨ

Мезгилдери жана багыттары менен берилген, 0.4-1.2 мкм диапазонунда өзгөрүлүүчү, 5-10 мкм өлчөмүндөгү микро торчолордон турган дифракциондук микро түзүлүштөрдү алууда, жазуу талаасы 300x300 мм болгон интерференциондук литография системасы курап жасалынды (ИЛС).

Бул системаны, магнетрондук ыкма менен айнектин үстүнө катталган аморфтуу кремнийдин кабыкчасына түз лазердик микро торчолорду жазуудагы изилдөөдө колдондук.

Мурдакы иштерде толкун узундугу $\lambda=355$ нм импульстук көгүлтүр лазери менен аморфтуу кремнийдин жука кабыкчасына чекиттик голограммаларды түз жазуунун мүмкүнчүлүктөрү көрсөтүлгөн.

Бул статьяда аморфтуу кремнийдин кабыкчасынан спектр өткөргүчтүгүн жана аморфтуу кремнийдин катмарларына жашыл ($\lambda=532$ нм,) жарым өткөргүч көгүлтүр ($\lambda=405$ нм) лазерлери аркылуу түз жазуунун жыйынтыктары каралды.

Иштелип чыккан түзүлүштү жана микро торчолорду түз жазуу ыкмасын, мындан ары чоң тегиздиктеги күн батереяларынын субтолкундук катмарына өзгөртүүгө, коргоочу голограммаларын чыгарууда матрицасын жасоодо, андан тышкары лазердик нурдануунун дифракциондук аттенюаторлорун жасоодо колдонулат.

Ачкыч сөздөр: ИЛС – интерференциондук литография системасы; ДОЭ – дифракциондук оптикалык элементер; УФ – ультрафиолет; a-Si – аморфтуу кремний

Введение

В последние годы лазерной интерференционной литографии уделяется большое внимание в ведущих мировых научно-технологических центрах [1,2]. Это вызвано широкими возможностями метода для записи широкоапертурных дифракционных решеток, периодических структур в оптоэлектронных устройствах. Прямая лазерная запись на слое аморфного кремния является привлекательной для записи дифракционных структур без мокрой химической обработки и открывает новые возможности изготовления дифракционных структур с использованием лазерного записывающего устройства [2]. Существует ряд областей применения дифракционных оптических элементов (ДОЭ), где от устройства записи требуется только высокое пространственное разрешение, в то время как точность формирования структуры может быть относительно низкой, а основным требованием является скорость записи. Одним из примеров таких простых дифракционных структур массового применения является антиотражающее покрытие на основе субволновых решеток [3] с периодом около половины длины волны света. Такие структуры обычно формируются голографическим (или интерференционным) методом путем регистрации интерференционной картины в слое фоторезиста, нанесенного на

просветляемую поверхность, и последующего ионного травления. Для устранения поляризационных эффектов, как правило, необходима более сложная, двумерная картина, что требует применения схем с многолучевой интерференцией. Также серьезной проблемой является выравнивание величины экспозиции по всей интерференционной картине. В этой связи данный метод создания антиотражающих покрытий пока не нашел широкого практического применения для оптики видимого и УФ-диапазонов. Применение скоростных *сканирующих систем интерференционной литографии* (СИЛ) [1,2], формирующих дифракционные структуры путем последовательной записи небольших фрагментов или ячеек, позволит решить проблему нанесения дифракционных антиотражающих покрытий на поверхности компонентов больших размеров. К ним относятся фотоэлементы солнечных батарей, а также оптические элементы, антиотражающие покрытия, на которых сложно или невозможно выполнить классическим методом напыление многослойного покрытия, например, силовая лазерная оптика, бинарные дифракционные элементы и т.п. СИЛ также могут использоваться для изготовления матриц радужных голограмм. С помощью СИЛ микроструктурирование поверхности осуществляется путем последовательной записи микро-

решеток, сформированных регистрацией в светочувствительном материале интерференцией двух когерентных сфокусированных лазерных пучков. При этом размер решеток лежит, как правило, в диапазоне от единиц до десятков микрометров. Такой метод записи получил название «интерференционная литография» [1,2] и усиленно разрабатывается в настоящее время.

В данной работе представлены результаты разработки оригинальной СИЛ для формирования простых микроструктур (микрорешеток) с произвольной ориентацией и периодом порядка, 0,4–1,2 мкм, а также методов прямой лазерной записи по тонким пленкам аморфного кремния.

Лазерная система записи

В разработанной СИЛ применен известный «параллельно-последовательный» метод записи [2]. Интерференционная картина формируется в фокальной плоскости микрообъектива в ограниченной области пересечения двух сфокусированных пучков света, как показано на рисунках 1 а, б. Т.е. за одну экспозицию формируется пятно, промодулированное интерференционной картиной (далее ячейка). Перемещая по двум координатам фоточувствительную поверхность (подложку), можно сформировать достаточно протяженную область (рис.1в). В данном методе скорость записи определяется компромиссом между размером элементарной ячейки и скоростью перемещения подложки.

Каждая ячейка определяется тремя параметрами. *Первый* параметр – это период полос интерференционной картины (период штрихов) s , заполняющей ячейку. Период полос определяется углом α пересечения когерентных лазерных пучков:

$$\sin(\alpha) = \lambda/s, \quad (1)$$

где λ – длина волны экспонирующего излучения лазера. Из этого выражения следует, что расстояние l между входными лазерными пучками (см. рис.2б) должно быть:

$$l = 2 \cdot f \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2), \quad (2)$$

где f – фокусное расстояние микрообъектива.

Вторым важным параметром элементарной ячейки является ее диаметр D , который определяется диаметром входного лазерного пучка d :

$$D = 2.44 \cdot \lambda \cdot f / d. \quad (3)$$

Третий параметр – угол θ ориентации решетки – определяется направлением входящих симметричных лазерных пучков.

Из выражений (2) и (3) следует, что на числовую апертуру фокусирующего микрообъектива накладывается следующее условие:

$$NA \geq \sin[\operatorname{arctg}(((l+d)/2f)].$$

В таблице приведены основные конструктивные параметры СИЛ в зависимости от заданных параметров ячейки.

Таблица 1

| Параметры СИЛ | Ячейка: $s=0.6$ мкм, $D=8$ мкм | Ячейка: $s=0.4$ мкм, $D=6$ мкм | Ячейка: $s=0.28$ мкм, $D=4$ мкм |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| NA | 0.36 | 0.56 | 0.62 |
| f , мм | 8 | 4 | 4 |
| l , мм | 355 | 355 | 266 |
| l , мм | 5.2 | 4.8 | 5.8 |
| d , мм | 0.86 | 0.56 | 0.65 |

Из таблицы видно, что при использовании лазера с длиной волны 355 нм (3-я гармоника) достаточно просто записываются структуры с периодом до 0,4 мкм, а при использовании

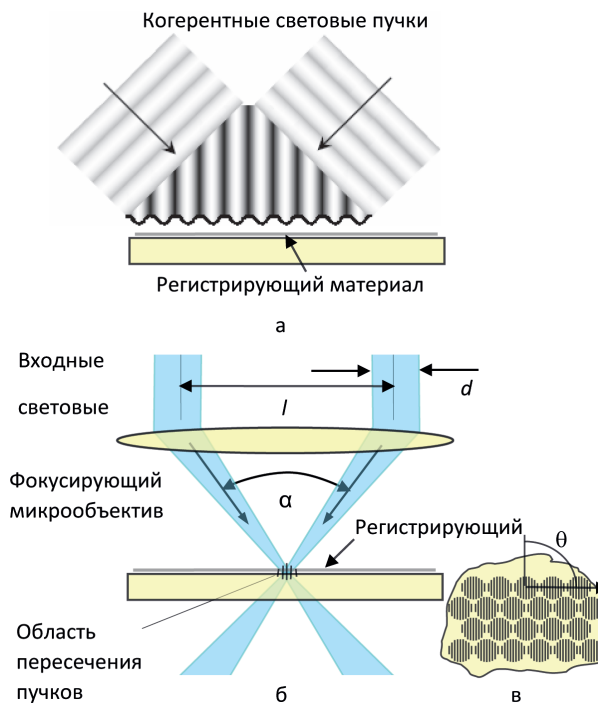


Рис. 1. Формирование периодической структуры двумя когерентными пучками

более коротковолнового лазера (4-я гармоника) период структуры может быть доведен до $s=0,28$ мкм.

Для обеспечения высокой скорости записи длительность импульсов экспонирующего излучения должна быть достаточно короткой:

$$\tau < 0,1s/v, \quad (4)$$

где v – скорость перемещения регистрирующего материала относительно области пересечения пучков. При $s=0,6$ мкм и $v=0,5$ м/сек время экспозиции не должно превышать 100 нс.

На рисунке 2 приведена блок-схема разработанного СИЛ [6] для записи ячеек дифракционных микроструктур. Каждая ячейка содержит линейную решетку с периодом s и углом ориентации θ , задаваемыми управляющим компьютером. При использовании достаточно мощного импульсного лазера (например, Q-switch) СИЛ позволяет производить прямую запись методами абляции, термохимии или фазового перехода регистрирующей среды.

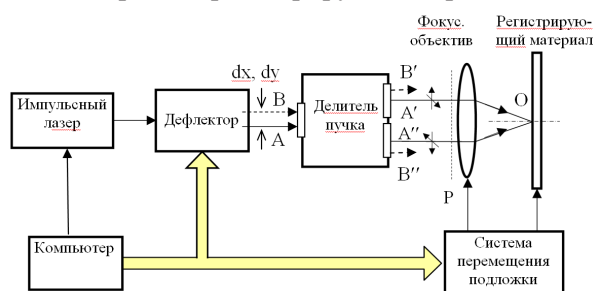


Рис. 2. Блок-схема СИЛ

Быстродействующий дефлектор смещает параллельно лазерный пучок по двум координатам x и y (на рис. 2 показаны два положения: A и B). Установленный последовательно с дефлектором делитель пучка формирует два коллинеарных лазерных пучка: прямой и зеркально ориентированный (например, A ζ и A $\zeta\zeta$). Далее эти пучки поступают к микрообъективу и фокусируются в плоскости *регистрирующей* среды, образуя интерференционную решетку. Согласование скорости переключения дефлектора и частоты генерации импульсов лазера позволяет задавать собственную ориентацию и период для каждой интерференционной решетки.

Оптический канал записи СИЛ

Схема оптического канала записи СИЛ приведена на рис.3 [5]. Пучок света (с диаме-

тром d_1) от лазера поступает на вход узла смещения пучка. Он состоит из линзы O_2 и двух зеркальных дефлекторов M_1 и M_2 , которые установлены по обе стороны от точки фокусировки S. На выходе узла установлена линза O_2 . Расстояние между линзами O_1 и O_2 вдоль оптической оси выбрано таким образом, что световой пучок A на выходе линзы O_2 является коллимированным. Зеркало дефлектора M_1 установлено перед точкой S на расстоянии l_1 , а зеркало дефлектора M_2 с другой стороны на расстоянии l_2 . Под действием управляющего электрического сигнала U_y зеркало дефлектора M_2 поворачивается на угол j_y и отклоняет световой пучок вдоль оси OY. Под действием управляющего электрического сигнала U_x зеркало дефлектора M_1 поворачивается на угол j_x и отклоняет световой пучок на соответствующий угол вдоль оси OX. Электрические сигналы подаются от блока управления. Линза O_2 преобразует угловое отклонение пучка света в его линейное смещение вдоль осей координат X и Y на величину

$$x_1 = 2j_x f_2 \text{ и } y_1 = 2j_y f_2, \quad (5)$$

где f_2 – фокусное расстояние объектива O_2 .

С выхода узла смещения пучка свет поступает на вход делителя пучка, выполненного на основе модифицированной призмы Порро, которая в отличие от классической призмы содержит дополнительную призму со светоделительной поверхностью, склеенную с диагональной гранью призмы Порро. Световой пучок A делится на два пучка приблизительно пополам. Первый, прямой, пучок A ζ проходит призму без изменения направления. Второй пучок A $\zeta\zeta$ испытывает четыре отражения (два вдоль оси OX и два вдоль оси OY) от граней модифицированной призмы Порро и выходит зеркально ориентированным по отношению к первому пучку. Оптические оси прямого и зеркального пучков света коллинеарны относительно оптической оси. Далее пучки A ζ и A $\zeta\zeta$ поступают к микрообъективу O_3 и фокусируются в плоскости регистрирующей среды. В результате интерференции двух сфокусированных пучков света в плоскости регистрирующего материала формируется синусоидальная интерференционная картина, фиксируемая им в виде локального изменения оптических или

химических свойств, или даже поверхностного микрорельефа при достаточно высокой интенсивности излучения. Регистрирующая среда с помощью системы сканирования перемещается относительно области фокусировки $S\phi$, и на поверхности последней формируется последовательность микрорешеток. Частота следования импульсов лазера определяется заданным расстоянием L между отдельными решетками на регистрирующей среде:

$$f_{las} = v/L. \quad (6)$$

Например, при $L=10$ мкм и $v=0.3$ м/сек (максимальная скорость сканирования в нашем случае) частота следования импульсов лазера составляет 30 кГц. При записи дифракционного элемента блок управления синхронизирует генерацию импульсов лазера со сканированием регистрирующего материала, а также управляет углом отклонения зеркал дефлекторов M_1 и M_2 в соответствии с информацией, заданной в виде графического файла.

Основным условием корректной работы устройства является совмещение сфокусированных пучков в плоскости регистрирующего материала, так как интерференционная решетка образуется только в области их пересечения. При наклоне любого из двух зеркал дефлектора световой пучок на выходе объектива O_2 , смещаясь вдоль одной из координат, приобретает также небольшой наклон, который приводит к рассовмещению пучков на величину δ . Сфокусированные пучки перекрываются не полностью, и интерференционная решетка возникает только в месте их пересечения. Можно показать, что при допустимой величине погрешности совмещения $E = \delta/D$ расстояние между зеркалами и точкой S не должно превышать:

$$l_1 < 1.22Elf_2/y_1d_1. \quad (7)$$

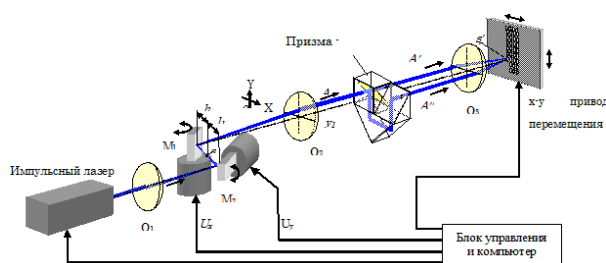


Рис. 3. Упрощенная оптическая схема канала записи СИЛ

Если $E=0.1$, то при $l=0.35$ мкм, $f_1=150$ мм, $f_2=100$ мм, $y_1=1$ мм, $d_1=1$ мм, расстояния l_1 и l_2 должны превышать ~ 6 мм, что конструктивно вполне достижимо.

Конструкция СИЛ

Экспериментальная сканирующая система интерференционной литографии собрана на базе прецизионного двухкоординатного сканирующего

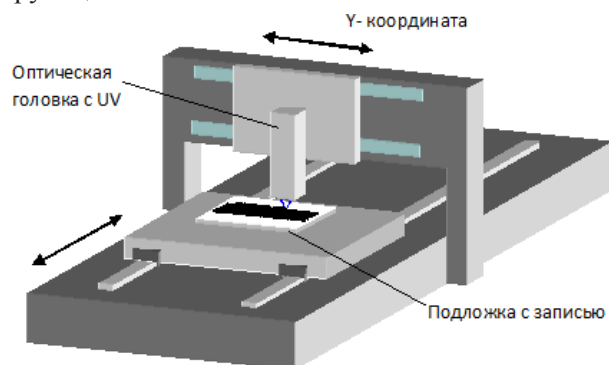


Рис. 4. Конструкция системы интерференционной литографии

устройства портального типа. Канал записи (рис.3) вместе с лазером установлен на подвижной платформе (Y-координата) портала сканирующего устройства, как показано на рисунке 4. В канале записи использовались быстродействующие зеркальные дефлекторы типа 6220M (Cambridge Technology, Inc.) с максимальной частотой отклонения до 5 кГц и специально разработанный УФ микрообъектив с апертурой 0,4. Портал сканирующего

устройства обеспечивает быстрое перемещение (строчное сканирование) канала записи по координате Y, в то время как стол с подложкой, покрытой регистрирующим материалом, пошагово медленно перемещается по координате X. Прецизионное перемещение по координатам X и Y линейными двигателями контролируется с помощью инкрементальных датчиков положения.

Измерение спектра поглощения слоя аморфного кремния на стеклянной подложке

С целью определения оптимальных параметров прямой лазерной записи было проведено исследование спектров поглощения пленок

аморфного кремния с различной толщиной, нанесенных методом магнетронного напыления на стеклянную подложку. Двухлучевой спектрофотометр PVE UNICAM использовался для измерения спектра поглощения слоя аморфного кремния на стеклянной подложке. Спектры поглощения слоя аморфного кремния в зависимости от длины волны излучения для различной толщины показаны на рис.5.

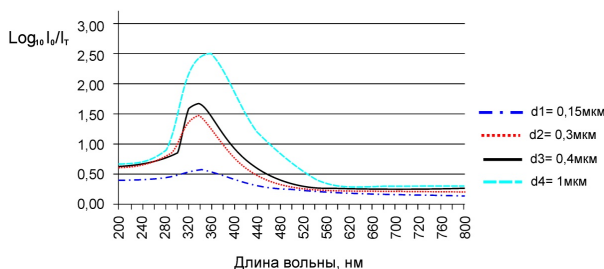


Рис. 5 Спектры поглощения пленок аморфного кремния в зависимости от длины волны излучения и для различных толщин слоя ($d_1=0.15$ мкм, $d_2=0.3$ мкм, $d_3=0.4$ мкм and $d_4=1$ мкм)

Видно, что максимум поглощения света для слоя аморфного кремния находится в диапазоне длин волн 340 ... 360 нм. Ранее мы показали возможность записи точечных голограмм на пленки аморфного кремния с использованием импульсного УФ-лазера с $\lambda = 355$ нм. На рисунке 6 приведена фотография решетки, записанной на пленке аморфного кремния на стеклянной подложке излучением импульсного УФ-лазера с $\lambda = 355$ нм с энергией импульса 0,10 мкДж.

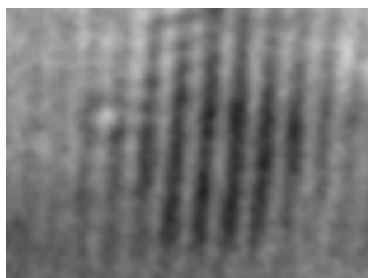


Рис.6. Фотография поверхностного рельефа точечной голограммы, записанной импульсным УФ-лазером ($\lambda=355$ нм) на слое аморфного кремния

Для различных приложений интересно исследовать прямую лазерную запись на пленке а-кремния лазерным экспонирующим излучением с длиной волны $\lambda = 405$ нм (Blu Ray лазерного диода) и зеленым лазером ($\lambda = 532$ нм) на

лазерном генераторе образов с полярными координатами для изготовления дифракционных оптических элементов с произвольной структурой [7]. Измерения спектра поглощения пленки кремния до (красная кривая) и после (синяя кривая) воздействия сфокусированным лазерным излучением ($\lambda = 532$ нм), представленные на рисунке 7, показывают, что после воздействия сфокусированного лазерного излучения спектр поглощения записывающей среды меняется. Это доказывает, что показатель преломления записывающей среды изменяется после взаимодействия лазерным излучением.

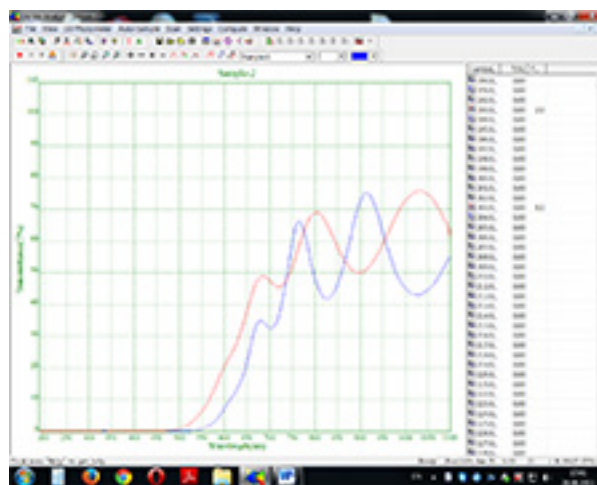


Рис. 7. Измерение спектра пропускания пленки а-кремния до (красная линия) и после (синяя линия) экспозиции сфокусированным лазерным лучом ($\lambda=532$ нм)

В месте воздействия лазерного луча на слой аморфного кремния протекают структурные и морфологические процессы, сопровождаемые ростом рельефа (рис.8) за счет перехода аморфного кремния в кристаллический.

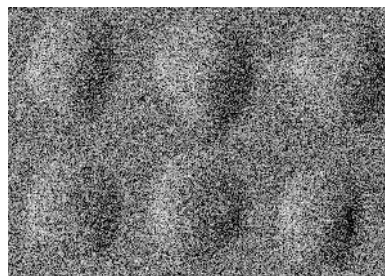


Рис. 8 Фотография, снятая на электронном микроскопе, показывает формирование рельефа при воздействии сфокусированным лазерным лучом (увеличение $\times 410$, размер структуры 30 мкм)

Прямая запись одномодовым Blu Ray лазером на слое аморфного кремния

Для прямой записи на аморфном кремнии использовался Mitsubishi 120mW одномодовый Blu Ray лазер с $\lambda = 405$ нм. Лазерный луч коллимировался с помощью асферической линзы после лазера, а затем фокусировался микрообъективом на носитель записи. Длительность лазерных импульсов и их частота контролировались от компьютера. На рисунке 9 приведены фотографии, снятые на микроскопе в проходящем свете линий, записанных с помощью одномодового Blu-Ray лазера на пленки a-Si на стеклянной подложке.

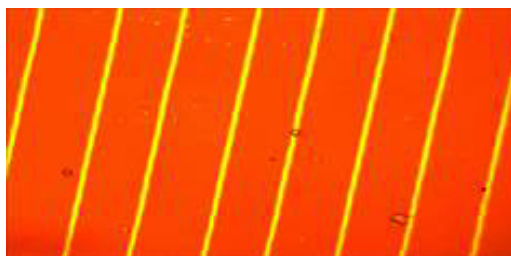


Рис.9. Фотография линий, записанных на аморфном кремнии одномодовым полупроводниковым лазером с $\lambda = 405$ нм

Для измерения глубины рельефа записи на образце со слоем аморфного кремния использовался интерференционный сканирующий микроскоп VLI белого света в режиме на отражения. Измерение записанного рельефа на рисунке 10 показывает, что при взаимодействии лазерного излучения на пленку аморфного кремния формируется рельеф высотой 30–100 нм.

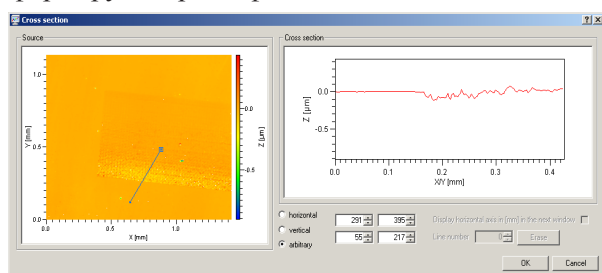


Рис.10. Измерение рельефа записи, сформированного при воздействии сфокусированным лазерным излучением ($\lambda = 405$ нм) на слой аморфного кремния. Амплитуда рельефа ~100 нм

Недостатком одномодового полупроводникового лазера, использованного в экспериментах, была малая длина когерентности и ее

зависимость от мощности излучения. В связи с этим было трудно записать Blu Ray лазером точечные голограммы для изготовления мастер-матрицы для производства тисненых радужных голограмм. Таким образом необходимо будет использовать Blu Ray лазер с большей длиной когерентности.

Выводы

Разработана сканирующая система интерференционной литографии (СИЛ), предназначенная для формирования дифракционных микроструктур, состоящих из микрорешеток размером 5–10 мкм с заданной ориентацией и периодом, изменяемым в диапазоне 0,4–1,2 мкм, и общим полем записи системы 300x300 мм. Показано, что при взаимодействии сфокусированного лазерного луча на слой a-Si происходит локальная кристаллизация и формирование рельефа глубиной ~ 30–100 нм. Измерения спектра поглощения показали, что показатель преломления аморфного кремния слоя меняется после воздействия сфокусированного лазерного луча. Это делает привлекательным использование прямой лазерной записи на аморфном кремнии для приложений, обеспечивающих защиту от копирования. Продемонстрирована прямая лазерная запись на аморфном кремнии одномодовым Blu Ray лазером $\lambda = 405$ нм. Использование одномодовых Blu Ray лазеров открывает возможности для разработки компактного лазерного устройства для записи дифракционных структур. Разработанные СИЛ и технологии прямой записи микрорешеток могут быть использованы в дальнейшем для формирования просветляющих субволновых покрытий на поверхности солнечных панелей большого размера, изготовления матриц для производства тисненых защитных голограмм, а также для изготовления дифракционных аттенуаторов лазерного излучения.

Литература

1. Бредихин В.И., В.Н. Буренина, Ю.К. Веревкин, А.В. Курсанов и др. Наноразмерная интерференционная литография с импульсным УФ-лазером. – ЖТФ. – 2004. – Т. 74. – №9. – Стр. 86–92.
2. A.G. Poleshchuk, A.A. Kutanov, et al: Microstructuring of Optical Surfaces: Technology and Device for Direct Laser Writing

- of Diffractive Structures Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 2010. – Vol. 46. – No. 2. – PP. 171–180. c_ Allerton Press, Inc., 2010.
3. Schopf R.E., Hultsch T., Lotz J., et al., «Antireflective Submicrometer Surface-Relief Gratings for Solar Applications,» *Solar Energ. Mater. Solar Cells* 54 (1), 333-342, 1998.
 4. *Poleshchuk A.G., Kutanov A.A., Malishev A.I., et al.*: High-Speed Laser Writing System for Diffractive Optical Elements and Dot Matrix Holograms Fabrication, in *Diffractive Optics: Meeting*, Warsaw, Poland, September 3–7, 2005
 5. *A.A. Kutanov and I.A. Snimshikov* Direct laser recording of dot holograms on a-Si film// *Proceeding Optics Photonics Japan 2011*, p. 30aCS2
 6. Евразийский патент № 007874. Устройство для записи дифракционных элементов/А.Г. Полещук, А.А. Кутанов, В.П. Бесмельцев, И.А. Снимщиков, Бюл. №1, 2007.А. G. Poleshchuk, E. G. Churin,
 7. *V.P. Koronkevich*, et al.: Polar Coordinate Laser Pattern Generator for Fabrication of Diffractive Optical Elements with Arbitrary Structure,» *Appl. Opt.* 38 (8), 1295–1301 , 1999.

УДК 551(510.53.590.21:510.4).

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА АТМОСФЕРЫ

© 2015 г. К.А. Каримов

Представлено академиком НАН КР А.А. Кутановым
Поступило 26.06.2015

Представлен анализ долгопериодных климатических изменений приземной температуры в Центрально-азиатском регионе. Показано, что процесс похолодания в регионе начался в 2005 г.

Ключевые слова: атмосфера, температура, солнечная активность, модель атмосферы.

АТМОСФЕРАНЫҢ ТЕМПЕРАТУРАЛЫК РЕЖИМИНИН УЗАК МЕЗГИЛИНДЕГИ АЙМАКТЫК ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮНҮН ФИЗИКАЛЫК МЕХАНИЗМДЕРИ

Борбордук Азия аймагынын жер үстүндөгү узак мезгилдүү климаттык өзгөрүүлөрдүн талдоосу берилген. Аймактагы муздоо процесси 2005- жылдан бери башталганы көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: атмосфера, температура, күн активдүүлүгү, атмосфера модели.

PHYSICAL MECHANISMS OF REGIONAL LONG-TERM CHANGES OF ATMOSPHERE TEMPERATURE

The analysis of long-term changes of regional climate change in the Central Asia region have been submitted. It is shown that cooling process in region began in 2005.

Key words: atmosphere, temperature, solar activity, atmospheric model.

Введение. Вопросам регионального климата и причинам его изменения в последние годы специалистами стало уделяться особое внимание. В период с 2–5 октября 2012 г. в России в г. Казани Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) провела Международную научную конференцию «Региональные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды» /1/.

Главной темой конференции была идея *региональности изменения климата*. До этого вопрос о региональных проблемах изменения климата практически не поднимался, обсуждались только вопросы, связанные с глобальным изменением климата /2/.

В нашей работе /3/ главная идея сводится к тому, что в регионе Центральной Азии (ЦА) в

последние 10 лет происходит медленный процесс похолодания. По европейской территории отмечается процесс небольшого потепления и даже его стабилизации после 2005 года.

По данным /4/, вклад парниковых газов в процесс потепления составляет 20–25% и не является доминирующим фактором. Эту же идею мы развивали еще в 2000 г., тогда нами было показано, что техногенный фактор не является доминирующим в изменении климата /5/. На этот факт также указал и директор Института географии РАН, академик РАН Котляков В.М., который подчеркнул, что основную роль в изменении климата Земли играют изменения притока солнечной радиации на Землю, которая зависит от уровня солнечной активности и вариаций солнечной постоянной /6/.

1. Климатический отклик на изменения уровня солнечной активности и интенсивности космических лучей. Основные доминирующие факторы, ответственные за естественные колебания температуры атмосферы в первую очередь связаны с падающей на земную поверхность прямой солнечной радиацией, прозрачностью атмосферы, альбедо подстилающей поверхности Земли. Радиационный баланс R на земной поверхности [7] состоит из поглощающей части прямой солнечной F и рассеянной J радиации, а также излучения земной атмосферы B :

$$R = F(1 - r) + J(1 - r) - B_0, \text{ где } r - \text{альбедо. (1)}$$

К этим трем основным членам уравнения радиационного баланса можно добавить и другие немаловажные члены, учитывающие действия других факторов, таких как: $A_{\text{аэр}}$ (атмосферный аэрозоль); $A_{\text{кл}}$ (космические лучи); $A_{\text{адв}}$ (адвективный фактор); $A_{\text{астр}}$ (астрономический фактор); $A_{\text{оа}}$ (взаимодействие океана с атмосферой); A_{CO_2} (антропогенный фактор, связанный с выбросами в атмосферу углекислого газа CO_2).

Сгруппировав эти члены по характеристикам нагрева и охлаждения атмосферы, выражение (1) можно записать в виде:

$$R = F(1 - r) + J(1 - r) - B_0 - A_{\text{аэр}} - A_{\text{кл}} \pm A_{\text{адв}} \pm A_{\text{астр}} \pm A_{\text{оа}} + A_{\text{CO}_2}. \quad (2)$$

Из полного уравнения радиационного баланса видно, что в первую очередь он связан с прямой солнечной радиацией F и рассеянной радиацией J . При выявлении причин долгопериодных изменений температурного режима нижней атмосферы необходимо проводить скользящее сглаживание с 11-летним интервалом осреднения. Соответственно фактически полная величина F_n должна определяться интегрированием за 11-летний и последующие временные периоды измерений:

$$F'_n = k \int_{t_1}^{t_2} F(t) dt. \quad (3)$$

здесь t_1 и t_2 – временные интервалы осреднения.

На рис. 1 приведена зависимость полного интеграла прямой солнечной радиации F_n от 11-летних циклов, рассчитанного через эквивалентные параметры чисел Вольфа - W или радиоизлучение Солнца на длине волны 10,7 см. Площади, очерченные кривой линией, со-

ответствуют вариациям солнечного параметра W . Эта величина определяется интегрированием на временном интервале $(t_1 - t_2)$ между максимумами и минимумами 11-летней солнечной активности.

Уменьшение величины F_n происходит не только за счет уменьшения амплитуды солнечных циклов, но и за счет их длительности Δt . Расчеты величины F_n проводились с 1985 по 2012 год для 22-го, 23-го и еще незавершенного 24-го цикла солнечной активности, и вероятный прогноз F_n до 2025 г.

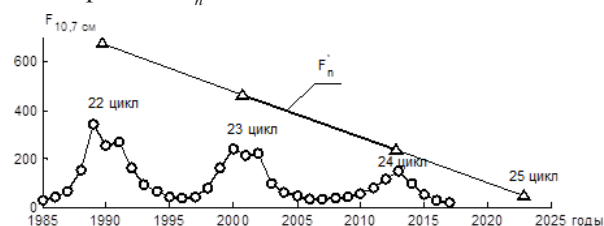


Рис. 1. Зависимость прямой солнечной радиации от чисел Вольфа

Рассмотрим, каким образом будет происходить ответ климатических изменений на снижение уровня солнечной активности. На этот вопрос ответили климатологи из Великобритании [8]. Поток солнечной энергии на верхней границе атмосферы определяется солнечной константой S с допустимыми пределами $\pm 0,25\%$. В этих пределах может варьировать полный поток солнечной энергии, поступающий на Землю. Электромагнитный спектр Солнца близок к абсолютно черному телу. В этом смысле излучаемая Солнцем энергия описывается законом Стефана-Больцмана. Полное излучение Солнца определяется выражением

$$J_s \approx \sigma T_s^4 \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^2, \quad (4)$$

где $T_s = 5770 \text{ }^\circ\text{K}$ (6043°C); $J_s = (36061/\text{м})$, R_0 – радиус Солнца, R_1 – расстояние от Земли до Солнца. Величина R_0 изменяется до $0,02\%$ за 10 лет, изменения магнитного поля Солнца так же влияют на изменение R_0 . На R_1 влияют крупные планеты в солнечной системе.

Мощность солнечной энергии, поступающей на единицу земной поверхности, именуемое как уравнение баланса радиационной энергии, определяется выражением

$$P = \sigma T_s^4 - G + \gamma, \quad (5)$$

где G – отраженное, излучаемое Землей инфракрасное (тепловое) излучение, γ – часть энергии, поглощенная Землей.

Преобразуя посредством дифференцирования уравнение баланса солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, можно получить выражение:

$$P_s = 4\sigma T_s^3 \Delta T_s + \Delta \gamma, \quad (6)$$

В величину ΔT_s входят все изменения в солнечной активности – это изменения величин R_p , R_f , магнитного поля Солнца, количества пятен на Солнце. Изменение солнечной активности и его влияние на климат – есть альтернатива антропогенному фактору. Эту идею разделяют почти все ученые, занимающиеся проблемой изменения климата.

Космические лучи (КЛ), проходя через тропосферу, способствуют формированию облачности в тропосфере. В работе [9] были проведены оценки вклада КЛ в изменения температурного режима приземной атмосферы. Было показано, что за отдельные периоды, характеризующиеся аномально высокими значениями энергии КЛ осенью 2011 г., величина их вклада в понижение температуры приземной атмосферы составляла 15–20%. В 2008 г. наблюдался аномально высокий всплеск интенсивности потока космических лучей с энергией выше 7×10^4 Мев/нуч. При этом произошло резкое падение приземной температуры в среднем на 3°C , что в процентном соотношении составляет 30% [9]. В этот период было отмечено увеличение доли облаков вертикального развития и верхнего яруса. Таким образом космические лучи могут оказывать управляющее действие на образование облачности, а через нее и на температурный режим приземной атмосферы.

2. Роль адвективного фактора и атмосферного аэрозоля в изменениях приземной температуры. Оценка вклада адвективного фактора в изменения температурного режима приземной атмосферы была проведена на примере анализа развития циркуляционных процессов в атмосфере [10]. В 2011 году в регионе Кыргызстана было аномально холодное лето, понижение приземных температур от $+(25-30)^\circ\text{C}$ до $+(5-10)^\circ\text{C}$, выпадение снега. Это похолодание отмечалось от Западной Сибири до Таджикистана и Афганистана. Подобные про-

цессы с выносом холодных арктических масс воздуха на средние широты через Западную Сибирь отмечались и в осенне-зимний период 2012 г., что привело к резкому падению температуры в регионе ЦА. Эти процессы показывают влияние адвективного атмосферного фактора на изменение радиационного баланса приземной атмосферы. В данном случае величина его вклада в изменения радиационного баланса достигала 40–50% и была доминирующей по сравнению с другими факторами.

В нижней атмосфере на высотах 1–3 км находится максимум концентрации незаряженных аэрозолей, которые под действием КЛ способны конденсировать на себе водяные пары и образовывать нижний ярус облачности. Известно, что нижняя облачность составляет примерно 40% от общей облачности и обладает самым высоким альбедо, соизмеримым и даже больше общей отражательной способности парниковых газов. По данным таджикских ученых, в периоды повышенного загрязнения атмосферы над Таджикистаном происходит понижение приземной температуры на 2°C относительно среднего значения $13,8^\circ\text{C}$, что составляет около 15% [11]. Эти данные хорошо согласуются с данными лидарных измерений аэрозоля в Кыргызстане на ст. «Теплоключенка» [12].

Таким образом, можно говорить о среднем вкладе аэрозольного фактора в величину похолодания приземной атмосферы. При этом если вклад аэрозольного фактора в радиационный баланс R оценивается в 15–17%, то вклад других факторов, к примеру CO_2 , оценивается на уровне 20%, а средний вклад космических лучей за короткий период времени оценивается в 12–15%. Таким образом, в различные периоды времени разные факторы могут вносить свой определенный вклад в радиационный баланс земной атмосферы. Но при этом изменения солнечного фактора являются постоянно действующими, медленно изменяющимися во времени.

Значительный вклад в изменения температурного режима приземного слоя атмосферы вносит альбедо подстилающей поверхности, коэффициент которого в некоторых случаях может изменяться от 0,3 до 0,9 единиц. Этот параметр также меняется во времени – так, к примеру, вырубка лесов, кустарников, опу-

стынивание, изменение высоты и площади снежного покрова, загрязнение океана и т.д. влияют на этот параметр. Фактическое нагревание земной поверхности экспериментально определяется актинометрическими измерениями или величиной инсоляции. Эти измерения показывают, что по всему Северному полушарию процесс изменения климата имеет далеко не однородную структуру. Это указывает на то, что есть регионы, отличающиеся по уровню потепления, как с повышенным, так и с низким его значением.

Российские специалисты представили карты распределения падающей солнечной радиации по территории Северного полушария, включая детальную карту для Российской Федерации и стран СНГ за 2012 год /1/. По этим картам видно четкое отличие количества притока тепла, падающего на европейскую территорию до Уральского хребта (положительные значения) и на территорию за Уральскими горами (нулевые и даже отрицательные температуры). Из этого следует, что на европейской территории в 2012 г. отмечался процесс потепления, а на азиатской территории – от Уральских гор до Тихого океана – отмечался процесс похолодания.

По нашим данным /2/, подобная ситуация наблюдалась на азиатской части территории летом 2011 г. В августе 2011 г. по Центральноазиатскому региону от Западной Сибири до Таджикистана отмечалось резкое похолодание, не характерное для летнего периода. При этом «язык холода» охватил регион всей Центральной Азии вплоть до Афганистана.

В регионе Поволжья после 2008 года отмечается спад скорости потепления до нулевых значений. Это так же указывает на то, что в Среднем Поволжье после 2008 года происходит медленный процесс похолодания /1/.

3. Управляющая роль солнечной активности в региональных и глобальных изменениях температуры. Сравнение вариаций солнечной активности и приземной температуры после исключения из них составляющих с периодами менее 11 лет убедительно показывает высокий уровень зависимости долгопериодных колебаний приземной температуры от изменений солнечной активности. В период с 1920 по 2000–2005 годы, по данным сети метеостанций

Кыргызстана, в вариациях приземной температуры наблюдался медленный процесс потепления со скоростью от $+0,008^{\circ}\text{C}/\text{год}$ до $+0,01^{\circ}\text{C}/\text{год}$, т.е. среднепериодная температура за 100 лет повысилась на $(0,8-1,0)^{\circ}\text{C}$. Отмечался медленный процесс потепления, хотя, вполне вероятно, эта величина укладывается в статистические флуктуации измеряемой величины. Самые теплые годы в прошлом столетии приходились на 1995–1998 гг.

По нашим результатам исследований и данным, полученным в Англии, с 2002–2005 гг. по настоящее время в Северном полушарии идет медленный процесс охлаждения атмосферы. Так, по данным исследований в Англии, начиная с 2002г., идет процесс похолодания со скоростью $0,0085^{\circ}\text{C}/\text{год}$.

Как видно, процесс похолодания идет с той же скоростью, что и потепление за предшествующие годы.

На рис. 2 приведены три кривые изменений приземной температуры: среднегодовой (рис.2а) и за холодное полугодие (XI, XII, I, II месяцы) по МС «Бишкек» (рис.2б) и вариации глобальной среднегодовой температуры (рис.2в) по данным Центра по изучению климата в Лондоне.

На рис. 2а приведены изменения сглаженной за 11 лет приземной среднегодовой температуры воздуха по ст. «Бишкек» за период с 1980 по 2011 г. Отмечается медленный спад среднегодовой температуры и небольшие ее флуктуации. На рис.2б приводятся данные за холодное полугодие, где виден более резкий спад температуры. На рис. 2в в вариациях глобальной температуры видно, что после 2002 г. начался процесс похолодания.

Общим для всех трех рисунков является то, что начиная с 2002–2003 гг. отмечается понижение приземной температуры. Так, по данным МС «Бишкек», скорость потепления до 2003 г. составляла $+0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет, а после 2003 г. охлаждение атмосферы составило $-0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет. По данным вариаций глобальной среднегодовой температуры, полученной в Центре по изучению климата в Лондоне, скорость потепления составляла $+0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет, а после 2002 года скорость охлаждения составила $-0,085^{\circ}\text{C}/10$ лет. Как видно, скорость регионального похолодания по ст. «Бишкек» на порядок ниже средней скорости

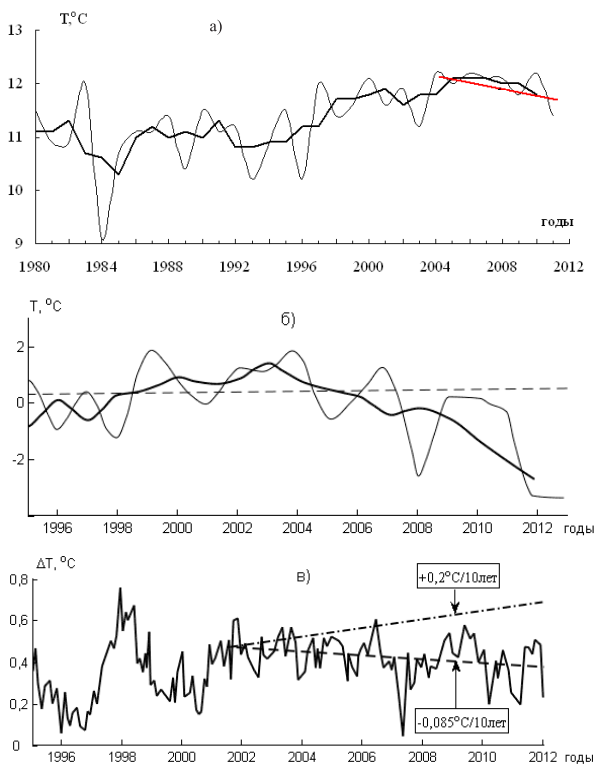


Рис. 2. Многолетние вариации приземной температуры воздуха: (а) – среднегодовой и (б) – за холодное полугодие по МС «Бишкек» (в) – глобальной среднегодовой по данным Центра исследования климата в Лондоне

глобального похолодания. Данные, приведенные на рис. 2б, указывают на то, что процесс похолодания в холодное полугодие начинается с 2003 г. и происходит значительно быстрее среднегодового охлаждения, протекая со скоростью от $-1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет до $-2,5^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Известно, что в настоящий период времени в вариациях температуры приземной атмосферы доминирует 60-летняя периодическая составляющая. По нашим расчетным данным, амплитуда 60-летней периодичности составляет около $0,7^{\circ}\text{C}$ с максимумом амплитуды, приходящимся на 1995 г. /10/. К 2025 году только за счет амплитуды 60-летней составляющей произойдет снижение среднегодовой приземной температуры на $-0,7^{\circ}\text{C}$. Антропогенный фактор, связанный с ростом CO_2 , повысит температуру на $+0,4^{\circ}\text{C}$ (рис. 2), при этом произойдет повышение температуры за счет влияния поверхностной температуры вод океанов приблизительно на $+0,2^{\circ}\text{C}$.

Итак, в целом температура за счет антропогенного фактора повысится примерно на $0,4^{\circ}\text{C}$, в то же время за счет влияния 60-летней составляющей произойдет ее понижение на $0,7^{\circ}\text{C}$.

В целом только за счет этих двух факторов произойдет понижение температуры. По нашим данным, как в вариациях солнечной активности, так и приземной температуры, существует вековая составляющая с периодом 95 лет и максимумом, приходящимся на 1993–1995 гг. Амплитуда вековой составляющей приблизительно равна $1,0^{\circ}\text{C}$, а следующий ее минимум ожидается в 2040 году. Это еще более усугубит процесс похолодания приземной атмосферы в период с 2025 по 2040 год. Фактически солнечная активность в 24-м цикле и далее пойдет на спад. Ожидается, что в течение последующих 200 лет она начнет медленно и заметно снижаться, соответственно будет понижаться и приземная температура. К 2025–2040 годам солнечная активность будет минимальна, а амплитуды 60- и 95-летней составляющих будут находиться в минимуме.

Подтверждение наших фактов мы находим в исследованиях рабочей группы австралийских ученых /13/, которые показали, что в 24 и 25 циклах солнечной активности произойдет долгопериодное понижение температуры, которое продлится 200 лет. По их данным, понижение глобальной температуры произойдет в среднем на $1,5^{\circ}\text{C}$ с 2007 к 2025 г. По нашим данным, понижение температуры за аналогичный период может составить $2,5^{\circ}\text{C}$.

Разница между падающей солнечной радиацией от ближайшего солнечного максимума в 1970 г. до минимума в 2013 г. составила 80–90 ед. чисел W . В пересчете на мощность поток солнечного излучения, полученный с 2002–2003 гг. по настоящее время, уменьшился на $0,16 \text{ Вт}/\text{м}^2$. А к 2025–2030 годам мощность солнечного излучения уменьшится на $0,18 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Известно, что до Земли доходит 60–65% солнечной радиации, 35–40% отражается обратно в космос. В пересчете на мощность излучения, поглощенная часть ориентировочно составит $3,35 \text{ Вт}/\text{м}^2$, а отраженная часть – $1,17 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

С учетом этих фактов можно ожидать, что к 2025–2030 годам произойдет снижение мощности солнечного излучения на $0,18 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Таблица 1. Результаты оценок степени вклада различных факторов в изменения приземной температуры воздуха

| № пп | Факторы | Степень вклада |
|------|----------------------------------|--|
| 1 | Поглощенная солнечная радиация | 50–60% |
| 2 | Рассеянная солнечная радиация | 40% |
| 3 | Излучение земной атмосферы | 10–15% |
| 4 | Альбедо | 20–80% |
| 5 | Взаимодействие «океан–атмосфера» | $\pm 0,017^{\circ}\text{C}/\text{год}$ |
| 6 | Солнечные циклы | 0,25% – перепад солнечного излучения от max до min в 11- и 22-летние циклы |
| 7 | Атмосферный аэрозоль | 15–17% |
| 8 | Адвективный фактор | 40–50% – периодически в зависимости от времени года и региона |
| 9 | Антропогенный фактор | 20–25% – в зависимости от сезона года |
| 10 | Космические лучи | 15–20% – периодически |
| 11 | Космические факторы | Наклон земной оси, планеты солнечной системы и др. |

Полная величина падающего на Землю потока солнечной радиации снизится до $3,17 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

4. Роль океана в изменении приземной температуры. Доминирующую роль в формировании тенденции понижения приземной температуры (изменения климата) играет не только понижение солнечной активности, но и динамика нагревания или охлаждения океана на $0,2^{\circ}\text{C}$ и ниже. На первом этапе понижение солнечной активности и океан будут играть доминирующую роль, поскольку $2/3$ земной поверхности покрыто океаном, а его теплоемкость в несколько раз больше теплоемкости суши. В течение десятка лет на поверхность океана будет поступать меньше солнечного тепла, и в какой-то период времени поверхностная температура океана значительно снизится. Это в свою очередь приведет к повышенному поглощению океаном CO_2 и, соответственно, к уменьшению парникового эффекта.

По данным NASA, поверхностная температура океана зависит от солнечной активности /14/. Так, в периоды максимума солнечной активности поверхностная температура океана достигает $0,2^{\circ}\text{C}$, а в периоды минимальной активности она опускается до нулевых и даже отрицательных отметок. Из этих данных можно определить среднюю скорость нагревания или охлаждения океанов, которая, согласно вышеприведенным данным, составляет $\pm 0,017^{\circ}\text{C}$ в год. Суммарное воздействие всех парниковых газов на радиационный режим атмосферы, по

данным английских ученых, меньше $1,17 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Эта величина потепления может компенсироваться понижением температуры за счет аэрозольного загрязнения и космических лучей, вклад которых оценивается величинами от $-0,6$ до $-1,3 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

5. Оценка степени вклада различных факторов в изменения приземной температуры воздуха. В ряду факторов, оказывающих определенное влияние на радиационный баланс поступающей на Землю тепловой энергии, можно выделить два класса факторов. Первый – это фактор, имеющий долгопериодные составляющие с периодичностью более 10-15 лет. Второй фактор – это короткопериодные составляющие, действующие в течение периодов от месяца до года. К короткопериодным факторам можно отнести воздействие космических лучей, адвективный атмосферный и астрономический факторы.

К долгопериодным факторам относятся: солнечное воздействие, взаимодействие океан-атмосфера, антропогенный фактор. Оценка степени вклада всех вышеуказанных факторов в изменение температурного режима приземной атмосферы приведена в табл.1.

Суммарный эффект воздействия долгопериодных факторов, связанных со снижением уровня солнечной активности, интегрируется за рассматриваемый период времени и приводит к существенным долгопериодным изменениям температурного режима приземной атмосферы.

Вклад аэрозольной и космической компонент может достигать 15–20%, т.е. практически компенсировать приток тепла от парниковых газов, а в отдельных случаях и превзойти его. Так, к примеру, космические лучи могут опосредованно влиять на образование нижней облачности на высотах ниже 3 км. Нижняя облачность составляет примерно 40% от общей облачности и обладает самым высоким альбедо. Отражательная способность облаков порядка 15–20 Вт/м² и соизмерима с вкладом парниковых газов в нагревание приземной атмосферы. Таким образом, космические лучи могут оказывать управляющее действие на облачность, а через нее и на температурный режим приземной атмосферы /9/.

Другим и, пожалуй, самым существенным фактором является адвективный фактор, связанный с переносом холода с арктических широт на средние широты. В зимний и летний периоды 2011 года он достигал 50% и тем самым практически в два раза перекрывал влияние вышеперечисленных факторов.

На рис. 3 приведена карта притока холода с арктических широт через Западно-Сибирскую низменность в Казахстан и далее до районов Таджикистана и Афганистана. Эти данные хорошо коррелируют с данными о похолодании, которое было отмечено от Уральских гор до Тихого океана в 2012 г. /1/.

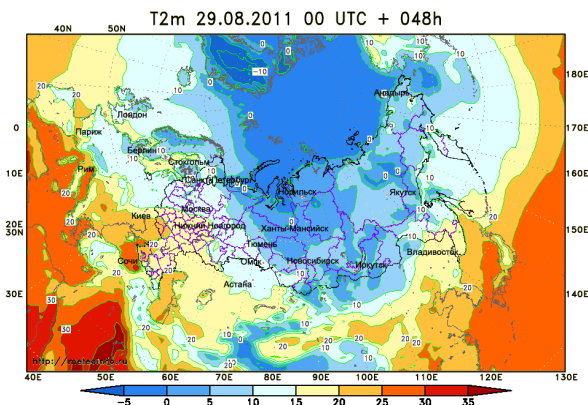


Рис 3. Меридиональный перенос северных воздушных масс на территорию Центральной Азии в летний период 29.08.2011 г.

Существенное влияние на климат оказывают океаны и океанические теплые течения типа Гольфстрим, а также периодически появляющиеся течения Эль-Ниньо и Ла-Ниньо /1/. Есть

еще и астрономические факторы, влияющие на долгопериодные изменения климата. К ним относятся общеизвестные циклы Миланковича, прецессия земной оси, влияние на земную атмосферу крупных планет Солнечной системы Юпитера и Сатурна. Астрономические факторы, как правило, имеют большие периодичности – более 100 лет /2/.

Фурье разложение сглаженных по 3 и 11 годам температурных рядов по ст. «Каракол» (Пржевальск) длительностью в 120 лет и по ст. «Бишкек» (Фрунзе) длительностью 80 лет позволило нам выделить в них долгопериодные составляющие с периодами 12, 35, 50–55 и 90–95 лет. Наиболее значимыми по амплитуде оказались периодичности в 22 года, 50–55 лет и 90–95 лет с амплитудами (0,6–0,8)°С. Для каждой амплитуды была определена своя начальная фаза колебания. Максимум амплитуды 50–55-летней составляющей пришелся примерно на 2002–2005 годы. В настоящее время идет спад этой амплитуды, и очередной минимум температуры ожидается в 2027–2030 годы.

Из этих данных можно заключить, что в настоящий период происходит процесс медленного похолодания. Какие факторы проводят к изменению приземной температуры с периодичностью около 50–55 лет – этот вопрос пока остается открытым. Высказываются мнения о влиянии возмущающей силы крупных планет в Солнечной системе, таких как Юпитер и Сатурн.

Другое мнение, противоположное точке зрения о влиянии астрономического фактора, сводится к влиянию происходящих в мантии Земли глубинных процессов. В мантии происходят активные процессы, приводящие к возмущениям с периодичностью 50–55 лет, которые, распространяясь через глубины океана, достигают поверхности Земли. Эти возмущения в последующем приводят к появлению сейсмоактивных зон на дне океана, активизация которых может порождать мощные цунами, приводящие к катастрофическим последствиям на побережье. Подобные аномалии происходят примерно 1 раз в 50 лет. Как было отмечено выше, природа происхождения возмущений в земной мантии с периодами около 50 лет пока остается открытой.

6. Потепление климата – миф или реальность? Сенсационные данные об изменениях

глобальной приземной температуры, основанные на измерениях метеопараметров на 3000 метеостанциях по всему земному шару, были опубликованы в конце октября 2012 г. /15/. Эти данные свидетельствуют о том, что с начала 1997 г. до августа 2012 г. глобальная среднегодовая температура оставалась практически без изменений на одном и том же уровне, тогда как в предыдущий период с 1980 по 1996 г. она непрерывно, но медленно росла. До этого на протяжении приблизительно 40 лет температура была стабильной и даже снижалась, отмечается в докладе. Климатологи изменили свои представления о масштабе и темпах глобального потепления после того, как были получены данные метеонаблюдений из Арктики /15/. Эти данные приведены на рисунке 4.

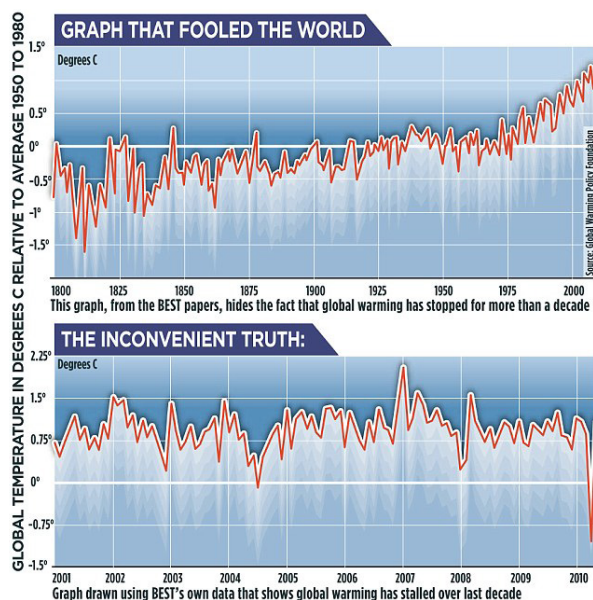


Рис 4. Вариации глобальной среднегодовой температуры, полученные в Центре по изучению климата Университета Восточной Англии: верхний график – фальсифицированные данные по глобальному потеплению (подкорректированные метеорологические данные таким образом, чтобы результат был максимально угрожающим); нижний график – картина глобального потепления, скорректированная данными из 400 станций в Арктике

Аномально теплым за последние 15 лет был только 2010 год. Однако уже 2011 г. и первые восемь месяцев 2012 г. оказались гораздо прохладнее /15/. Данные британских метеорологов свидетельствуют о «глубокой ошибоч-

ности» компьютерных моделей, используемых для предсказания будущего потепления, так прокомментировала доклад известный климатолог, профессор Технологического института штата Джорджия, США, г. Атланта Джудит Карри /15/. Климатические модели очень сложны, они несовершенны и не полно отражают все процессы. Естественные факторы (такие, как долгопериодная цикличность в температуре океанических вод и солнечная активность) не были использованы в модельных расчетах, об этом заявила Дж. Карри. Впрочем, есть и те, кто отнесся к докладу скептически. Как отметил климатолог Фил Джонс из Университета Восточной Англии, 15 или 16 лет – слишком короткий период для исследований, чтобы делать какие-либо выводы. И хотя Ф. Джонс признался, что он и его коллеги пока не понимают влияния таких факторов, как долгосрочные циклы изменения температуры океана и солнечная активность /15/. Но в этом их беда, поскольку мы уже давно используем эти факторы в своих эмпирических моделях.

Заключение

1. Показано, что в настоящее время мировым сообществом принято понятие региональные изменения климата. Показано, что параметры климатических характеристик Центральноазиатского региона существенно разнятся от аналогичных характеристик в Европейском регионе.

2. В Западно-Сибирском и Центральноазиатском регионах в последние 10–15 лет идет медленный процесс похолодания. Существенную роль в нем играют меридиональный (адвективный) вынос холодных масс воздуха с арктических широт.

3. В настоящее время английскими и американскими учеными убедительно показано, что никакого процесса глобального потепления на земном шаре не происходит, поскольку современные модели климата не совершенны и главное в том, что они не учитывают влияния солнечной активности. В последние 10–15 лет среднглобальная температура приземной атмосферы стабилизировалась, и далее отмечена тенденция к ее понижению. Ранее аналогичные результаты получены нами по Центральноазиатскому региону в 2005 году.

Литература

1. Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. – Россия, Казань, 2012. – 363 с.
2. Karimov K.A., Gainutdinova R.D. Regional Climate Changes: Problems and Decisions – In: Abstracts of International Conference «Problems of Adaptation to Climate Change». – Moscow, Russia, 7-9 Nov.2011 - www.racc2011.ru.
3. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Региональные особенности изменений температурного режима нижней атмосферы под воздействием – Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. – Россия, Казань, 2012. – С.146.
4. Шерстюков Б.Г. Факторы изменений и колебаний климата - Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. – Россия, Казань, 2012. – С.231.
5. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Изменения регионального климата, обусловленные природными и антропогенными факторами. – В кн.: Экология Кыргызстана: проблемы, прогнозы, рекомендации / Под ред. проф. К.А.Каримова. – Бишкек, Илим, 2000. – С. 66–81.
6. Изменения окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы / Под ред. акад. В.М. Котлякова. – М.: 2012. – Т. 3. – часть II.
7. Будыко М.И. Климат конца двадцатого века: // Метеорология и гидрология. – М., 1988. – № 10. – С. 5–24.
8. Lockwood M. Solar change and climate: an update in the light of the current exceptional solar minimum // UK, Proceedings of the Royal Society. A doi:10.1098/rspa.2009.0519, 27 p.
9. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д., Крылов С.В. Связь температурного режима нижней атмосферы с вариациями солнечной активности и интенсивностью космических лучей. – Вестник КГУСТА, 2011. – №3 (33). – С. 168–172.
10. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Роль природных и антропогенных факторов в изменении температурного режима нижней атмосферы и солнечная активность. // Известия НАН КР. – № 2. – 2012. – С. 62–69.
11. Абдуллаев С.Ф. и др. Исследования аэрозольности загрязнения атмосферы и результаты пылевых бурь и его влияние на изменение климата. // Тр. Междунар. конф. «Влияние глобального изменения климата на экосистемы средней и высокогорной зоны Центральной Азии». – Душанбе, 2012. – С. 214–217.
12. Каримов К.А., Чен Б.Б. Вклад солнечного излучения, аэрозоля и космических лучей в региональные изменения климата – Физика, 2013. – № 2.
13. Gregory K. Climate Change Science. – Calgary, Alberta, Canada, 2013, 114 p.
14. Living with a Star: New Opportunities in Sun-Climate Research. – Report of the NASA LWS Sun-Climate Task Group, – NASA 2003, 52 p.
15. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2217286/Global-warming-stopped-16-years-ago-reveals-Met-Office-report>

УДК 519.3:62 – 50

АЛГОРИТМЫ РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РАЗНОТЕМПОВОГО ОБЪЕКТА

© 2015 г. Ж. Шаршеналиев, академик, Т.П. Самохвалова

Поступило 17.03.2015

Предложены «искусственные» упрощенные (робастные) алгоритмы управления. Алгоритмы построены по оптимальному и редуцированному управлению, обеспечивают стабилизацию движения разнотемпового объекта.

Ключевые слова: оптимальное управление, разнотемповость, робастность, стабилизация.

ТЕЗДИГИ АР ТҮРДҮҮ БОЛГОН ОБЪЕКТТИН КҮЙМҮЛҮН РОБАСТТУК НЕГИЗДЕ БАШКАРУУНУН АЛГОРИТМДЕРИ

Жасалма жөнөкөйлөтүлгөн робасттык башкаруунун алгоритмдери сунуш кылынды. Алгоритмдер оптималдуу жана өзгөртүү башкаруунун негизинде түзүлдү, тездиги ар түрдүү болгон объекттин киймылын бир калыпка келтирет.

Ачкыч сөздөр: оптималдуу башкаруу, тездиги ар түрдүү, робасттуу, стабилдүүлүк.

ALGORITHMS OF ROBAST CONTROL OF THE MOVEMENT OF DIFFERENT SPEED OBJECT

Are offered «artificial» simplified (robast) algorithms of control. Algorithms are constructed on optimal and on reduced controls, provide stabilization of movement different speed object.

Keywords: optimal control, different speed, robast, stabilization.

Введение. Движение большинства сложных объектов, в частности движение летательного аппарата, корабля на воздушной подушке (судна) и др., обладает свойством разнотемповости, то есть наличием у объекта быстро и медленно протекающих собственных движений. Например, это относительно медленные движения центров масс и быстрые вращения вокруг центров масс, а также меняющиеся сигналы управления по разным управляющим каналам. Параметры математических моделей указанных объектов являются нестабильными и нестационарными.

Здесь рассматривается задача обеспечения робастности алгоритмов управления и стабилизации движения судна.

При моделировании движения судна возникают две задачи:

1. Задача оптимального управления по какому-то критерию курсом φ , включая движение по заданной траектории.

2. Задача оптимального в определенном смысле управления скоростью.

При исследовании задачи стабилизации курса из-за относительной малости влияния качки на дрейф и рыскание полагают, что качкой можно пренебречь. При создании автоматической системы стабилизации курса судна (авторулевой системы) требуется обеспечить близость реального курсового угла судна и заданного программного его значения с учетом действия всевозможных возмущений.

В соответствии с рис. 1 приняты следующие обозначения:

ψ – курсовой угол между линией отсчета и продольной осью судна; φ_0 – заданный

курсовой угол; φ_1 – истинный курсовой угол; $u = \delta_b$ – угол отклонения рулей; z – боковое смещение центра масс от линии отсчета; v – скорость движения центра масс в направлении касательной к траектории; O – центр масс; m – масса судна; Φ – отклонение по углу курса, равное разности между заданным и истинным курсовыми углами; β – угол отклонения руля от продольной оси, лежащей в диаметральной плоскости.

Рассмотрим разнотемповую систему с быстрыми и медленными движениями и произвольными начальными условиями:

$$\frac{dx(t)}{dt} = A_1(t)x + A_2(t)z + B_1(t)u, \quad x|_{t=0} = x^0,$$

$$\mu \frac{dz(t)}{dt} = A_3(t)x + A_4(t)z + B_2(t)u, \quad z|_{t=0} = z^0. \quad (1)$$

Здесь $\mu > 0$ – малый параметр; $x \in R^n$, $z \in R^m$; $x = col[x, z] \in R^{n+m}$, $u \in R^r$ – векторы состояния и управления. При $\mu \rightarrow 0$ производная функции z будет большой: $\frac{dz(t)}{dt} = O(1/\mu)$ (вне μ – окрестности тех точек фазового пространства, где $A_3(t)x + A_4(t)z + B_2(t)u = 0$ из-за быстрой переменной z).

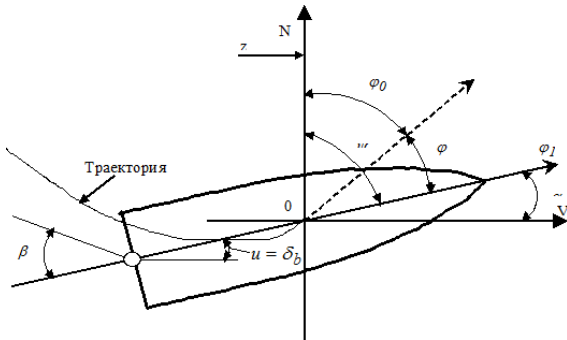


Рис. 1. Стабилизация судна на курсе

1. Оптимальное и полное стабилизирующее управление

В работе [1] «путем прогонов программы выбраны подходящие коэффициенты матриц». Основной орган управления, как это принято в [2], угол δ_b отклонения аэрорулей, управление $u = \delta_b$. Приведем обозначения из [1]: z – линейное боковое смещение корабля на воздуш-

ной подушке; σ – приращение путевого угла, введена замена $\sigma = \varphi - \beta$; φ – блок движения рыскания; β – угол дрейфа (скольжения);

$\omega_y = \frac{d\varphi}{dt}$ – угловая скорость вращения корабля вокруг вертикальной оси; вектор состояния объекта $x = (z \ \sigma \ \varphi \ \omega_y)^T$, символ $()^T$ – транспонирование.

Постановка задачи. Разработать стабилизирующие алгоритмы управления разнотемповой системой (1).

В данной работе обозначим $x = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4)^T$ – состояние объекта, $x_1 = z, x_2 = \sigma, x_3 = \varphi, x_4 = \omega_y$. Математическую модель (1) запишем в виде $\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t), x(0) = x_0, t \in [0; t_k],$

Минимизируемый критерий качества с терминальным слагаемым [1] запишем в виде

$$J_0 = \gamma_1 \int_0^{t_k} x^T(t)Qx(t)dt + \gamma_2 x^T(t_k)Fx(t_k) + \beta \int_0^{t_k} u^2(t)dt.$$

Здесь $t_k = 180; \beta = 0.01; \gamma_1 = 0.5; \gamma_2 = 0;$

$$q_{ij} = 0, i, j = 2, n; q_{11} = 0.0001,$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 47 & 0 & 0 \\ 0.0001 & -0.0138 & 0.0914 & 0.2161 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.0005 & -0.3583 & -0.1084 & -1.4862 \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.0520 \\ 0 \\ 0.0313 \end{pmatrix}.$$

Данная 4-мерная система асимптотически устойчива при $u(t) \equiv 0$.

В соответствии с методом динамического программирования Р.Беллмана оптимальное управление в полной 4-мерной системе равно

$$u_4^0(t, x(t)) = -\frac{1}{\beta} B^T K(t)x(t) \equiv k(t)x(t) = \sum_{i=1}^4 k_i(t)x_i(t),$$

где $K(t)$ – решение дифференциального матричного уравнения типа Риккати

$$-\frac{dK(t)}{dt} = Q + A^T K + KA - \frac{1}{\beta} KB^T BK, \quad K(t_k) = \gamma_2 F.$$

Критерий качества, когда $t \in [0; \infty)$, запишем в виде

$$J_1 = \gamma_1 \int_0^{\infty} x^*(t)Qx(t)dt + \beta \int_0^{\infty} u^2(t)dt.$$

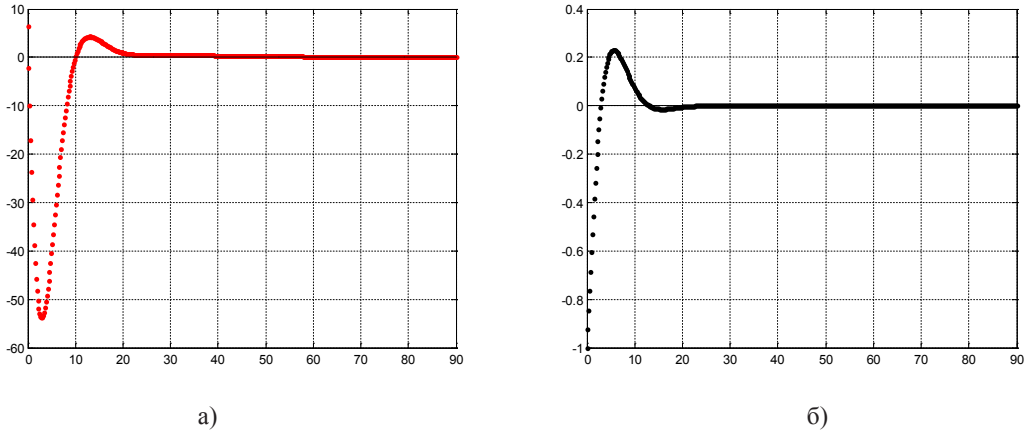


Рис. 2. Первая а) и вторая б) компоненты состояния $x_1(t), x_2(t)$ при полном стабилизирующем управлении $\bar{u}_4(x(t))$

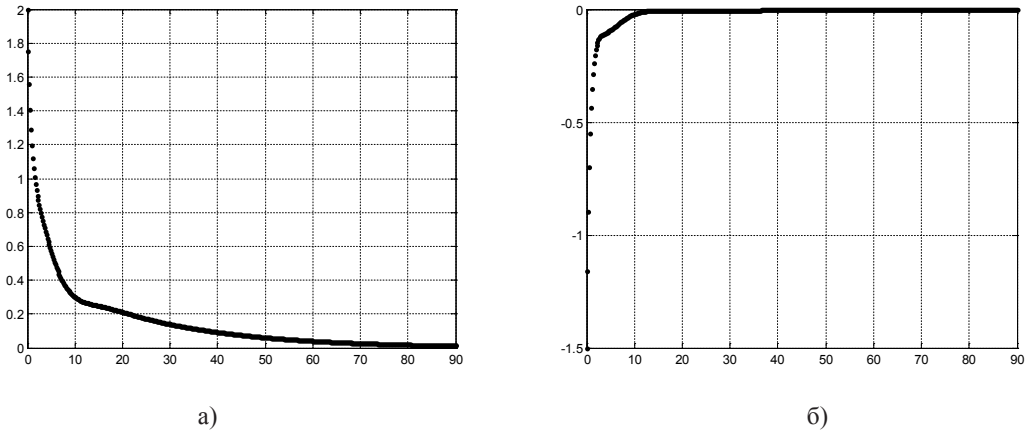


Рис. 3. Третья а) и четвертая б) компоненты состояния $x_3(t), x_4(t)$ при полном стабилизирующем управлении $\bar{u}_4(x(t))$

Стабилизирующее управление в данной полной системе равно $\bar{u}_4(x(t)) = -\frac{1}{\beta} B^T \bar{K}_4 x(t)$, где \bar{K}_4 – решение алгебраического матричного уравнения $Q + A^T \bar{K} + \bar{K} A - \frac{1}{\beta} \bar{K} B^T B \bar{K} = 0$,

$$\bar{u}_4(x(t)) = 0.0710x_1(t) + 10.0239x_2(t) + 1.4208x_3(t) + 1.8920x_4(t).$$

На рис. 2–4 приведены графики компонент состояния объекта при $u_4^0(t, x(t))$ и визуально идентичные графики при $\bar{u}_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$.

Из [1] следует, что время стабилизации объекта около 30 секунд. В данной работе выбраны параметры с расчетным временем стабилизации объекта с помощью $u_4^0(t, x(t))$ и

$\bar{u}_4(x(t))$ около 25 секунд для $x_1(t), x_2(t), x_4(t)$ (боковое смещение, приращение путевого угла, угловая скорость вращения корабля вокруг вертикальной оси) и около 90 секунд для $x_3(t)$ (рыскание).

2. Редуцированное управление $u_3(x_1, x_2, x_3)$

Исходную 4-мерную систему рассмотрим как разнотемповую [3]. Элемент $A(4, 4) = -1.4862$. Выберем $\mu = 1/1.4862 = 0.6729 < 1$. Формально обращаемся с этой величиной μ как с малым параметром. Из (1) найдем $x_4(t)$ – угловую скорость вращения корабля вокруг вертикальной оси: $x_4(t) = (-0.0003x_1(t) - 0.2411x_2(t) - 0.0729x_3(t) + 0.0211u(t))$.

Получим вспомогательную редуцированную 3-мерную систему

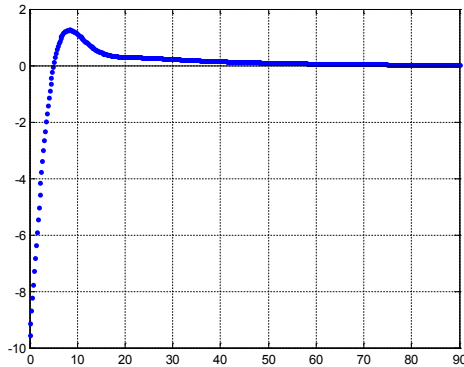


Рис. 4. Полное стабилизирующее управление $\bar{u}_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ 4-мерной системы

$$\begin{aligned} \dot{y}_1(t) &= 47y_2(t), y_{01} = 6.5; \\ \dot{y}_2(t) &= -0.0659y_2(t) + 0.0756y_3(t) - 0.0474u(t), y_{02} = -1; \\ \dot{y}_3(t) &= -0.0003y_1(t) - 0.2411y_2(t) - 0.0729y_3(t) + 0.0211u(t), y_{03} = 2. \end{aligned} \quad (2)$$

Стабилизирующее управление в 3-мерной системе (2) равно $U_2(z_1, z_2) = 0.1146z_1(t) + 11.6162z_2(t)$. В полной 4-мерной системе упрощенное редуцированное управление вычисляется по формуле

$$u_3(x_1, x_2, x_3) = 1.0005x_1(t) + 42.9835x_2(t) + 1.5745x_3(t).$$

В данной задаче оказалось, что этот упрощенный алгоритм управления, в котором нужно измерять только три компоненты состояния $x_1(t), x_2(t), x_3(t)$, стабилизирует полную 4-мерную систему. Графики компонент состояния 4-мерной системы $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t)$ при управлении $u_3(x_1, x_2, x_3)$ идентичны изображенным на рис. 2–4.

Получается, что данная система мало реагирует на существенные погрешности в расчетном алгоритме управления, то есть $u_3(x_1, x_2, x_3)$ – робастное управление. Продолжим упрощенные алгоритмы управления.

3. Редуцированное управление $U_2(x_1, x_2)$

Полученную 3-мерную систему рассмотрим как разнотемповую. Элемент $A_y(3, 2) = -0.2411$. Выберем $\mu_y = 1/0.2411 = 4.1477 > 1$. Формально обращаемся с этой величиной μ_y как с «малым» параметром. Найдём $y_3(t)$:

$$y_3(t) = -0.0041y_1(t) - 3.3073y_2(t) + 0.2894u(t).$$

Получим 2-мерную редуцированную систему:

$$\begin{aligned} \dot{z}_1(t) &= 47z_2(t), z_{01} = 6.5; \\ \dot{z}_2(t) &= -0.0041z_1(t) - 0.3159z_2(t) - 0.0255u(t), z_{02} = -1. \end{aligned} \quad (3)$$

Стабилизирующее управление в 2-мерной системе (3) равно $U_2(z_1, z_2) = 0.1146z_1(t) + 11.6162z_2(t)$. В полной 4-мерной системе упрощенное управление вычисляется по формуле $U_2(x_1, x_2) = 0.1146x_1(t) + 11.6162x_2(t)$, графики состояния идентичны изображенным на рис. 2–4.

4. «Искусственные» упрощенные алгоритмы управления

Имеем оптимальное $u_4^0(t, x(t))$, полное стабилизирующее $\bar{u}_4(x(t))$ и редуцированные $u_3(x_1, x_2, x_3), U_2(x_1, x_2)$ управления.

Предлагаются «искусственные» упрощенные (робастные) алгоритмы управления с уменьшенным количеством компонент данной системы:

$$u_3^0(t, x_1, x_2, x_3) = k_1(t)x_1(t) + k_2(t)x_2(t) + k_3(t)x_3(t),$$

$$u_2^0(t, x_1, x_2) = k_1(t)x_1(t) + k_2(t)x_2(t),$$

$$u_1^0(t, x_1) = k_1(t)x_1(t);$$

$$\bar{u}_3(x_1, x_2, x_3) = 0.0710x_1(t) + 10.0239x_2(t) + 1.4208x_3(t),$$

$$\bar{u}_2(x_1, x_2) = 0.0710x_1(t) + 10.0239x_2(t),$$

$$\bar{u}_1(x_1) = 0.0710x_1(t);$$

$$u_2(x_1, x_2) = 1.0005x_1(t) + 42.9835x_2(t),$$

$$u_1(x_1) = 1.0005x_1(t), \quad (4)$$

а также алгоритмы с другими наборами компонент-состояния $x(t)$.

Замкнутые системы с «искусственными» упрощенными управлениями $\bar{u}_3(x_1, x_2, x_3), \bar{u}_2(x_1, x_2), \bar{u}_1(x_1)$ являются асимптотически устойчивыми. Однако увеличивается время достижения нулевого состояния по сравнению с режимом при ... В (4) искусственный алгоритм $u_1(x_1) = 1.0005x_1(t)$ не является стабилизирующим.

5. Заданная траектория $g(t) \neq 0$

Выше были рассмотрены режимы движения, которые в соответствии с заданным критерием качества стремились к нулевой заданной желаемой траектории $g(t) \equiv 0$. Рис. 2, 4 показывают, что графики компонент-состояния $x_1(t), x_2(t)$ и оптимального управления $u_4^0(t, x(t))$ имеют «всплески» в начале интервала времени. Это проблема в расчетах и в реализации управления. Предлагаются алгоритмы управления, которые позволят уменьшить величину «всплесков». Рассмотрим режимы движения, которые соответствуют ненулевой

желаемой траектории $g(t) \neq 0$, заданной в виде экспоненты. Уравнение экспоненты зададим в виде $g(t) = c + de^{\alpha t}$, где число $\alpha \in R^1$ выбираем, числа c, d вычисляем по координатам начальной и конечной точек.

Минимизируемый критерий качества в этом случае запишем в виде

$$J_2 = \gamma_1 \int_0^{t_k} (x(t) - g(t))^T Q(x(t) - g(t_k)) dt + \\ + \gamma_2 (x(t_k) - g(t_k))^T F(x(t_k) - g(t_k)) + \beta \int_0^{t_k} u^2(t) dt,$$

решение уравнения Беллмана ищем в виде

$$S(t, x(t)) = x^T K(t)x(t) + \varphi^T x(t) + \eta(t).$$

Здесь $Q, K(t)$ – квадратные матрицы без требования симметричности, $\varphi(t)$ – вектор-столбец, $\eta(t)$ – скалярная функция. Вспомогательные уравнения при $g(t) \neq 0$ состоят из матричной, векторной и скалярной составляющих [4]:

$$-\frac{dK(t)}{dt} = Q + A^T(K + K^T) - \frac{1}{4\beta}(K + K^T) \\ BB^T(K + K^T), \quad K(t_k) = \gamma_2 F, \\ -\frac{d\varphi(t)}{dt} = -(Q + Q^T)g(t) + A^* \varphi - \frac{1}{2\beta}(K + K^T)bb^T \varphi, \\ \varphi(T) = -\gamma_2(K + K^T)Fg(t_k), \\ -\frac{d\eta(t)}{dt} = g^T Qg + \varphi^T(t)bb^T \varphi(t), \\ \eta(T) = \gamma_2 g^T(t_k)Fg(t_k),$$

оптимальное синтезирующее управление вычисляем по формуле,

$$u^0(t, x(t)) = -\frac{1}{2\beta} b^* \left\{ (K(t) + K^T(t))x(t) + \varphi(t) \right\}.$$

Критерий качества с ненулевой функцией $g(t)$ позволил уменьшить «всплески» в расчетных траектории объекта и управлении.

Выводы. Рассчитаны различные режимы стабилизации разнотемпового объекта методами динамического программирования и редуцирования. Предложены «искусственные» упрощенные (робастные) алгоритмы управления, построенные как по оптимальному, так и по редуцированным управлениям. Уменьшены «всплески» в траектории объекта и управлении. Не все «искусственные» алгоритмы стабилизирующие. Труднее всего уменьшить время стабилизации третьей компоненты (рыскание). Результаты расчетов удовлетворительные.

Литература

1. Козырев В.Г. Асимптотическое приближение закона терминального управления выходом систем с сингулярными возмущениями // XII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2014), Москва, 16 – 19 июня 2014 г. – М.: Ин-т проблем управления РАН, 2014. – С. 714–724.
2. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. – СПб.: Элмор, 2002. – 350 с.
3. Шаршеналиев Ж.Ш. Оптимизация систем с разделяемыми движениями и ограниченными ресурсами. – Фрунзе: Илим, 1980.
4. Самохвалова Т.П. Решения уравнения Беллмана в задачах синтеза оптимального управления процессами теплопроводности // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 2004. – С. 52 – 62.

УДК 553.492.4

**К ВОПРОСУ ГЕОХИМИЧЕСКОГО, МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО
И ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ
КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ САНДЫК И ЗАРДАЛИ**

© 2015 г. М.К. Балбаев, Б. Мурзубраимов

Поступило 23.07.2015

В свете общих проблем переработки нефелинового сырья обсуждаются геохимические, минералогические и химико-технологические обоснования возможности комплексной переработки нефелиновых сиенитов месторождений Сандык и Зардали. Приведены общая характеристика месторождений, источников сырья, минералов и способы переработки нефелиновых руд. Рассмотрены вопросы технологии комплексного использования местных нефелиновых сиенитов для производства глинозема, алюминия, редких металлов и других продуктов.

Ключевые слова: нефелиновые руды, минеральное сырье, щелочные породы, гидрохимическая переработка

**САНДЫК ЖАНА ЗАРДАЛИ НЕФЕЛИНДИК СИЕНИТТЕРИНИН КЕН
БАЙЛЫКТАРЫН КОМПЛЕКСТИК ИШТЕТҮҮ МҮМКҮНЧҮЛҮКТӨРҮН
ГЕОХИМИЯЛЫК, МИНЕРАЛОГИЯЛЫК ЖАНА ХИМИЯЛЫК-
ТЕХНОЛОГИЯЛЫК НЕГИЗДӨӨ**

Нефелин сырьелорун иштетүү проблемаларынын алкагында Сандык жана Зардали нефелин сиениттик жер кен байлыктарын комплекстик иштетүү мүмкүнчүлүгү геохимиялык, минералогиялык жана химия-технология негиздөөлөрү талкууланган. Жер кен байлыктарына, сырьё булактарына, минералдарына жана нефелин рудаларын иштетүүсүнө жалпы мүнөздөмө берилген. Жергиликтүү нефелин сиениттерин комплекстик пайдалануу технологиясынын глинозёмду, алюминийди, сейрек элементтерин ж. б. продуктуларды өндүрүп алуу маселелери да каралган.

Түйүндүү сөздөр: нефелин рудалары, минералдык сырьё, щелочтуу породадар, гидрохимиялык кайра иштетүү

**ON THE QUESTION OF GEOCHEMICAL, MINERALOGICAL
AND CHEMICAL-TECHNOLOGICAL JUSTIFICATION
OPPORTUNITIES COMPLEX PROCESSING OF SANDYK
AND ZARDALI NEPHELINE SYENITE DEPOSITS**

In the light of the common problems of nepheline raw material processing geochemical, mineralogical and chemical-technological ground of the possibility of complex processing of nepheline syenite of Sandyk and Zardali deposits are discussed. The general characteristics of deposits, sources of raw materials, minerals and nepheline ore processing methods are given. The problems of complex use of local nepheline syenite for the production of alumina, aluminum, rare metals and other products, are considered.

Keywords: nepheline ores, minerals, alkaline rocks, hydro-chemical processing

Общая характеристика геохимии месторождений, минералов и источников сырья. Щелочными горными породами названы такие

магматические образования, в составе которых главными минералами являются щелочные полевые шпаты, фельдшпатоиды, щелочные

амфиболы и пироксены [1]. Эти горные породы интересны не только своей значимостью в металлогеническом процессе (в образовании руд многих цветных и редких металлов), но и некоторые разности их сами по себе являются полезными ископаемыми: комплексные нефелиновые руды, щелочные нефелинсодержащие породы (нефелиновые сиениты, нордмаркиты).

Комплексные нефелиновые руды можно разделить на два главных типа: ийолит-уртитовые и нефелин-сиенитовые, различающиеся по составу руд и, следовательно, по особенностям извлечения и технологии переработки нефелина [2, 3].

Хотя нефелиновые сиениты и ийолит-уртиты могут встречаться совместно в пределах одних и тех же щелочных массивов, масштабы их преимущественного развития и главные петрохимические и геохимические характеристики обусловлены генетическими особенностями нефелин-содержащих пород [3]. Иначе, аспекты изучения щелочных пород как нефелинового сырья неизбежно связаны с их формационной типизацией.

По совокупности геологических и геохимических данных выделяются три главные формации щелочных пород [2]: щелочно-ультраосновная, щелочно-габброидная и нефелин-сиенитовая. Каждая из них может различаться калиевой и натриевой субформацией с преобладанием последнего.

В массивах щелочно-ультраосновной формации образование основной массы пород связано с интенсивно проявленными геологическими процессами, которые обусловили крайнюю неравномерность их состава и отсутствие сколько-нибудь значительных масс нефелиновых пород. Поэтому массивы щелочно-ультраосновной формации в настоящее время наименее перспективны в плане выявления крупных месторождений нефелина.

К щелочно-габброидной и нефелин-сиенитовой формациям относится преобладающая часть щелочных массивов. В щелочно-габброидной формационной группе наиболее перспективны массивы натриевой субформации, и именно с ними связаны довольно крупные запасы нефелиновых руд [2].

Калиевые представители щелочно-габброидной формации встречаются гораздо реже (Пампак, Ишим, Северный Тянь-Шань). В мас-

сивах этой субформации ийолит-уртиты отсутствуют, а к нефелиновым рудам могут быть отнесены обогащенные калием нефелиновые и псевдолейцитовые сиениты. Однако пестрота состава пород и сравнительно невысокое содержание глинозема не позволяют включать их в число наиболее перспективных объектов за исключением натриевой субформации щелочно-габброидной формационной группы. Сравнительно невысокое содержание глинозема не позволяет включать их в число наиболее перспективных объектов за исключением натриевой субформации щелочно-габброидной формационной группы [2].

В нефелин-сиенитовой формации также преобладают калиевые породы. Они широко распространены на территории России и Украины по сравнению с прочими щелочными образованиями. Нефелиновые сиениты этой субформации отличаются повышенным содержанием кремнезема и относительно обеднены глиноземом. Практическое значение этих пород невелико.

Относящиеся к калиевой субформации нефелиновых и псевдолейцитовых сиенитов массивы обладают вполне определенной формационной спецификой, позволяющей отличить их от лейцитовых пород, принадлежащих к калиевой габброидной субформации [2].

Выделение этих массивов в самостоятельную группу имеет непосредственное отношение к решению практических задач, поскольку именно к этой, а не габброидной группе лейцитовых пород относятся такие крупные массивы, как Сынныр и Якша в Прибайкалье, Дежневский на Чукотке, Сандык и Зардали в Кыргызстане. Лейкократовые псевдолейцитовые сиениты, аномально обогащенные калием (до 16% K_2O), являются высококачественным керамическим сырьем.

Нефелин – минерал состава $(Na, K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, содержащий 40–48% кремнезема (SiO_2), 30–35% глинозема (Al_2O_3) и 17–20% щелочей $(Na, K)_2O$ с преобладанием натриевой щелочи [3, 4, 5]. Содержание K_2O в нефелине колеблется в широких пределах; отношение Na_2O к K_2O близко к 5. Глинозем наиболее легко извлекается из нефелина, содержащего 32–34% Al_2O_3 .

Нефелины являются одним из наиболее важных видов природного минерального сырья

из-за их разнообразного применения, больших запасов и широкой распространенности. Среди них наибольшей известностью пользуется апатито-нефелиновые породы Кольского полуострова в Хибинском горном массиве [6–13].

Нефелин входит в состав апатито-нефелиновых пород (нефелиновые сиениты, уртиты и др.), которые представляют собой преимущественно магматические образования больших глубин.

Нефелиновые сиениты – полнокристаллические зернистые минералы непостоянного минералогического состава, содержащие в основном щелочные полевые шпаты (альбит, ортоклаз, микроклин) и нефелин.

Уртит – уртитультращелочная порода, содержащая до 90% нефелина, а также эгирин, апатиты, сфен и др.

Апатито-нефелиновая порода состоит в основном из двух минералов – апатита и нефелина.

Алюмосиликаты – основная масса минералов алюминия, слагающих горные породы. По содержанию глинозема минералы алюминия можно разбить на три группы.

Первая группа – богатые глиноземом минералы (> 60%): гидраргиллит, бемит, диаспор и др. и алюмосиликат, каолинит, нефелин и др.

Вторая группа – минералы со средним – 33–40% и третья – низким – <23% содержанием глинозема. Это в основном алюмосиликаты, каолинит, нефелин и другие.

Отметим, что, несмотря на пониженное содержание глинозема в минералах второй и третьей групп, горные породы, содержащие некоторые из этих минералов, могут быть использованы для производства глинозема при условии комплексной переработки [4, 5].

В настоящее время производство алюминия во всем мире, за исключением стран содружеств, базируется на бокситах [4, 5]. Существование бокситов в природе в виде крупных залежей, высокое содержание в них глинозема и сравнительно легкое извлечение его позволяет считать бокситы важнейшей алюминиевой рудой.

Высококачественные бокситы характеризуются низким содержанием (20–24%) кремнезема. При переработке бокситов производится один продукт – глинозем, а отходы в виде шла-

ка, как правило, не используются. Однако запасы высококачественных бокситов ограничены, в то время как запасы алюмосиликатного сырья практически неисчерпаемы. Поэтому в связи с бурным развитием алюминиевой промышленности это сырье привлекает все большее внимание.

Красные шламы как отходы от переработки высококремнистых бокситов по способу Байера (отмучивание) могут служить источником дополнительного извлечения из них глинозема и щелочи [14].

В шламах глинозем находится преимущественно в виде алюмосиликата натрия – $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Состав красного шлама от переработки боксита с кремневым модулем 3,8. Весовое отношение $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ следующее: 20–22,5% Al_2O_3 ; 19–21,0% SiO_2 ; 11–12% Na_2O ; 25–30% Fe_2O_3 ; 2–5% TiO_2 [4, 5, 14].

Так как красный шлам тонкодисперсный продукт, не требующий дополнительного извлечения, то его можно перерабатывать на месте получения, что исключает транспортные расходы, а возможность одновременного извлечения щелочи (Na_2O) делает их экономически оправданными.

Метод выделения глинозема из растворов карбонизацией применяют в способах переработки высококремнистых бокситов и нефелинов спеканием. В этом случае раствор обрабатывают газами, содержащими углекислоту. Каустическая щелочь растворов при этом связывается в соду, благодаря чему создаются благоприятные условия для быстрого и полного их разложения. Раствор соды служит оборотным продуктом [14].

В качестве сырья для получения глинозема могут представить интерес также лучшие сорта глин, каолинов [4, 5, 14]. Каолин – одна из разновидностей глин. Основным минералом каолинов – каолинит – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ содержит 39,5% Al_2O_3 , серицитовые концентраты 38,5% Al_2O_3 , андалузит, кианит и силлиманитовые концентраты 63,1% Al_2O_3 . В настоящее время их используют в основном в качестве огнеупоров.

Наиболее изученные месторождения нефелиновых сиенитов находятся в Красноярском крае, Армении, на Урале и в Украине. Месторождения нефелиновых сиенитов обнаружены

и в Казахстане, Кыргызстане, Узбекистане, уртиты – в Кемеровской области [1, 4, 5, 15–22].

Для выявления районов и площадей, перспективных на нефелиновые сиениты как возможного источника глиноземного сырья, в 1963–1964 гг., проведено изучение щелочных пород Средней Азии [15].

Нефелиновые сиениты представлены в большей части месторождений Средней Азии биотитовыми разновидностями. Значительная часть массивов нефелиновых сиенитов находится в труднодоступных высокогорных районах Северного и Южного Тянь-Шаня, главным образом на территории Кыргызстана и Таджикистана. Необходимо отметить, что, по данным [15], лишь о 21 массиве имеются необходимые геологические сведения, остальные еще недостаточно изучены.

Среди известных месторождений в Кыргызстане практический интерес представляют только месторождение Сандык в Терской-Джумгалтауской [2, 15–18] и Зардали в Алайской структурно-формационных зонах [2, 15, 19].

На основе предложенной схемы [2] формационной типизации массивов нефелиновых пород месторождение Сандык относится к калий-миаскитовой субформации нефелин-сиенитовой формации, содержит 22% Al_2O_3 , 57% SiO_2 , 14% Na_2O+K_2O , 3,5% $Fe_2O_3+K_2O$, а Зардали – к калиевой субформации щелочно-габброидной формации, содержит 23% Al_2O_3 , 52% SiO_2 , 14,5% Na_2O+K_2O и 3,5% $Fe_2O_3+K_2O$.

Следует подчеркнуть, что щелочные массивы Зардали относятся, как и месторождение Сандык, к неосвоенному и недостаточно изученному массиву.

В работе [18] указывается преждевременность промышленного освоения нефелиновых сиенитов Сандык и Зардали. Причины тому – малоизученность, отсутствие финансов, большие расходы создаваемому предприятию при проведении каких-либо испытаний в полупромышленном и промышленном масштабах.

Говоря о комплексности нефелиновых руд и собственно нефелина, как правило, имеют в виду возможность получения, помимо глинозема и алюминия, и других продуктов: соды, цементного и стекольного сырья, керамики и ряда различных химических соединений в зависимости от выбора технологических схем.

Еще одна немаловажная проблема комплексного использования нефелиновых руд – возможность получения из них некоторых редких металлов. Так, распределение редких элементов-примесей в щелочных породах изучалось многими исследователями [4, 6–13], особенно в Хибинском и Ловозерском массивах, и отмечаются повышенные содержания ниобия, циркония, цериевой группы лантанидов и ряда других литофильных элементов [4, 9–13]. Применительно к лейкократовым нефелинсодержащим породам и рудам важно знать особенности содержания редких металлов непосредственно в нефелинах.

Судя по совокупности материалов, характерными элементами-примесями в нефелинах Сандык можно считать рубидий, цезий и галлий и в Зардали – рубидий [2].

Значительно выше содержание рубидия и цезия в нефелине из нефелиновых сиенитов, собственно, нефелин-сиенитовой формации. Так, для сравнения приводим концентрации элементов-примесей в натриевой субформации нефелин-сиенитовой формации на Урале и Украине. В них установлено в среднем 270 г/т рубидия и до 7 г/т цезия, также повышено и содержание галлия – до 70 г/т. Эти массивы хотя и небольших размеров, но находятся в экономически развитых районах. Однако эти натриевые нефелиновые сиениты для получения глинозема должны подвергаться предварительному обогащению. Можно отметить, что для некоторых из них есть возможность попутного извлечения минералов ниобия и циркония [2].

Гораздо выше можно оценить перспективы попутного извлечения редких элементов из нефелиновых и псевдолейцитовых пород крупных массивов калиевых щелочных пород нефелиновых сиенитов. Так, например, нефелин и псевдолейцит из пород этого массива содержат в среднем 470 г/т рубидия и 21 г/т цезия.

В калиевой субформации миаскитовых массивов в нефелине Сандык установлено высокое содержание рубидия – 430 г/т, цезия – 48 г/т и – 35 г/т галлия. В калиевой субформации нефелина Зардали концентрация рубидия значительно ниже и составляет 180 г/т, тогда как галлий и цезий практически отсутствует [2].

Большие размеры этих массивов, значительные запасы алюминиевых руд, повышен-

ные концентрации в них редких металлов позволяют считать их весьма перспективными объектами для комплексной переработки. Все это указывает на возможность попутного извлечения минералов рубидия и цезия, что в свою очередь улучшает экономическую характеристику нефелинового сырья.

Способы переработки. Предложены десятки способов для переработки алюмосиликатов на глинозем, особенно много – для переработки нефелиновых пород [20–23]. Эти способы по методу разложения породы можно разделить на следующие группы:

- щелочной способ спекания;
- сульфидные и сульфидно-каустические способы;
- кислотные способы;
- комбинированные кислотно-щелочные способы;
- химическое обогащение нефелиновых пород;
- гидрохимический щелочной способ.

Рассмотрим вкратце наиболее известные и распространенные способы переработки нефелиновых руд и концентратов. Среди них наиболее изученным и реализованным в промышленности является щелочной способ спекания. Этот способ универсален и может быть использован для любых алюмосиликатных пород: нефелинов, сиенитов и других, а также для высококремнистых бокситов, красных шламов и зол углей.

Физико-химические и химико-технологические основы способов спекания, технологические режимы переработки различных алюмосиликатных пород разработаны многими исследователями и детально описаны в [4, 5, 19, 20].

Химико-технологическая оценка качества нефелиновых руд и возможности их переработки определяются содержанием глинозема – Al_2O_3 , кремнезема – SiO_2 и щелочей – K_2O , Na_2O , а также Fe_2O_3 и элементов – примесей. Молекулярные отношения основных компонентов обуславливают силикатный $[SiO_2]/Al_2O_3$ и щелочной $[K_2O \text{ и } Na_2O]/Al_2O_3$ модули. Большой силикатный модуль ($SiO_2/Al_2O_3 > 3,8$) свидетельствует о низком качестве руд (III сорт). Щелочной модуль $[K_2O \text{ и } Na_2O]/Al_2O_3$ наиболее качественных нефелиновых руд приблизительно равен 1. При его уменьшении необходима

добавка соды в шихту с нефелиновой рудой. Эти факторы являются решающими при выборе технологической схемы переработки нефелиновой породы – непосредственное спекание или химическое обогащение.

Известно, что алюминат натрия можно получить двумя путями: растворением оксида или гидроксида алюминия в едком натре или высокотемпературным спеканием глиноземсодержащей породы с содой и известняком. Первый положен в основу гидрохимических способов, а второй – в основу метода спекания. Продуктом высокотемпературного спекания глиноземсодержащей породы является спек, состоящий из алюмината натрия и силикатов кальция. Спек в дальнейшем подвергают гидрохимической переработке.

Так, например, способ переработки концентрата, имеет следующий химический состав (масс.%): Al_2O_3 – 29–30; (Na_2O+K_2O) – 20; SiO_2 – 43–44; Fe_2O_3 – 3–4%; CaO – 2–3. Так как в концентрате содержится необходимое количество щелочей для связывания глинозема в алюминаты натрия и калия, то в данном случае шихту составляют только из концентрата и известняка. Известняк дозирует из расчета образования в процессе спекания двухкальциевого силиката $2CaO \cdot SiO_2$.

Используемый в настоящее время способ разложения высококремнистого материала – спекание. При этом способе нефелиновая руда смешивается в определенной пропорции с известняком, шихта спекается во вращающихся печах, а полученный спек выщелачивается содовым раствором. В случае химического обогащения спеканию предшествует процесс обескремнивания породы. При этом удаляется основная часть SiO_2 .

По этому способу из нефелинового сырья получают глинозем, соду и поташ [20]. Нефелиновый шлак используют для получения портландцемента.

Однако этот способ имеет серьезные недостатки. Он включает громоздкий и дорогой процесс высокотемпературного спекания и связанные с ним операции дробления и измельчения спека, а также большой расход известняка, почти в два раза превышающий расход основного сырья нефелинового концентрата.

Необходимо заменить этот неэффективный метод разложения высококремнистого мате-

риала более производительным и менее громоздким. Таким способом, по мнению многих исследователей [4, 5, 14, 20–23] и по нашему мнению, может быть гидрохимический метод.

Как и способ спекания, гидрохимический способ предусматривает комплексную переработку исходного нефелинового сырья с выдачей глинозема, щелочных растворов (или твердых едкого натра и кали) и шлама, пригодного для производства цемента и других строительных материалов. Однако он коренным образом отличается от способа спекания как по физико-химической сущности процессов, так и по аппаратурному оформлению.

Преимущество гидрохимической переработки нефелиновых пород – исключение сложного и трудоемкого высокотемпературного процесса спекания, дробления и измельчения спека пылеулавливания. Весь технологический процесс сводится к выщелачиванию в автоклавах, отделению шламов, разложению растворов щелочного алюмината и выпарке растворов.

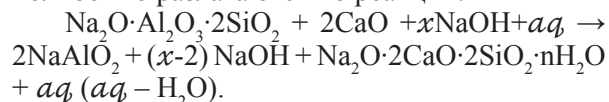
Серьезное преимущество гидрохимического способа перед способом спекания – сокращение в два раза на стадии получения глинозема расхода известняка для связывания кремнезема. Если по способу спекания нефелиновой породы с известняком при переработке, например, расходуется на тонну получаемого глинозема до 9–10 т известняка, то по гидрохимическому способу расход его будет снижен до 5 т; правда в этом случае расходуется уже не известняк, а известь. Это преимущество (в экономии известняка) в известной мере сохраняется и на стадии получения из шлама портланд-цемента, так как на проектируемых заводах большой производительности не весь шлам намечается к использованию.

Основной же технологический недостаток гидрохимического способа – необходимость упаривания значительного количества алюминатных растворов до высокой концентрации Na_2O (500 г/л) и связанный с этим большой расход пара.

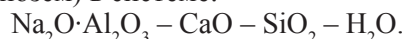
Технико-экономическое сравнение различных способов переработки нефелиновой породы показывает, что гидрохимический способ характеризуется наилучшими показателями.

Гидрохимический способ Пономарева – Сажина [4, 5, 20–23] основан на разложении породы известью высококонцентрированной

щелочью (450–500 г/л NaOH) в присутствии извести в автоклавных условиях при температуре 250–300°C [20–22]. При этом алюмосиликаты полностью разлагаются по реакции:

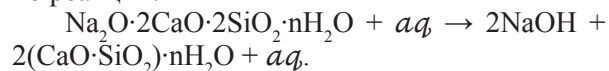


Глинозем переходит в раствор в количестве до 0,1 моля на 1 моль Na_2O , а щелочь входит в состав нерастворимого натриево-кальциевого гидросиликата. Дозировка извести осуществляется из расчета $\text{SiO}_2/\text{CaO} = 1,1$; кремнезем связывается в натриево-кальциевый силикат. Каустический модуль раствора после автоклавной варки должен быть не менее 10, он определяется условиями образования устойчивой формы $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (не содержащей глинозем) в системе:



При снижении каустического модуля глинозем выпадает в осадок в составе кристаллической фазы – гидрограната, из которой при дальнейшей переработке не извлекается. Полученный высокомолекулярный алюминатный раствор разбавляют промводой до 280–300 г/л Na_2O и обескремнивают. Полученный раствор упаривают до 500–530 г/л Na_2O , после чего из него кристаллизуют алюминат натрия. Маточник возвращают на варку, а алюминат растворяют в промводе и выкручивают гидроксид в обычных условиях.

Автоклавный шлам, содержащий натриево-кальциевый гидросиликат, регенерируется по реакции:



Полученную щелочь упаривают до концентрации товарного каустика. Гидрохимический способ позволяет извлечь 95% Al_2O_3 и 90–92% NaOH . Принципиальное преимущество этого способа заключается в том, что кремнезем породы связывается в виде монокальциевого гидросиликата в водной среде. Монокальциевый гидросиликат используется для переработки цемента. Термической обработке подвергается только известняк и притом в количестве, вдвое меньшем, чем при переработке того же сырья спеканием. Это преимущество тем более существенно, чем выше содержание кремнезема в породе. Иначе с увеличением выхода шлама в крупномасштабном производстве глинозема

уменьшается доля его экономного использования в цементном производстве.

Недостатком способа является большой оборот щелочи в гидрохимическом цикле, что предопределяет значительный расход тепла (Гкал/т) на упарку растворов, а также сложность аппаратурного оформления автоклавного узла.

В отличие от способа спекания удельные материальные потоки (и теплопотребление) в гидрохимическом способе мало зависят от содержания твердой фазы, т. е. от кремниевого отношения в сырье. Из этого следует, что преимущества гидрохимического способа должны возрастать при ухудшении качества алюмосиликатного сырья. Можно допустить некоторые комбинации гидрохимического способа с методом спекания, в частности в узле упаривание промвод. С технологической точки зрения гидрохимический способ универсален для переработки любых щелочных алюмосиликатных пород [20–23].

Анкор-процесс. Нефелиновой компанией США был разработан так называемый Анкор-процесс с получением саморассыпающихся спеков [5, 14, 21–23]. Способ предусматривает переработку каолинов и нефелинов на глинозем и характеризуется некоторым изменением процесса спекания. Самопроизвольное рассыпание спеков в порошок является следствием превращения β -формы двухкальциевого силиката в γ -форму. Оно происходит при 675°C и сопровождается увеличением объема \sim на 10%. Отметим, что саморассыпание спека избавляет от дорогостоящих операций дробления и измельчения и способствует повышению извлечения глинозема и щелочей.

Способ Смирнова. Заслуживает внимания предложенный М.Н. Смирновым вариант спекания гранулированной нефелин-известковой шихты с образованием алюминатов и ферритов натрия и связыванием кремнезема породы в $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (в отличие от промышленного способа спекания на основе $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) [4, 21–23].

В результате выщелачивания спека получается алюминатный раствор, перерабатываемый на глинозем по обычной схеме путем карбонизации и выкручивания, и шлам, содержащий полностью неразложенные щелочно-кальциевые гидросиликаты. Регенерация щелочи из шлама осуществляется обработкой его обратными растворами. Шлам после регенерации

служит сырьем для производства высококачественного портландцемента. Основное преимущество данного способа заключается в том, что он позволяет перерабатывать высокожелезистые щелочные алюмосиликаты прямым спеканием с известняком без предварительного обогащения. Лучшая гранулируемость шихты с широкой площадкой спекообразования создает исключительно благоприятные условия для применения печей кипящего слоя. Способ Смирнова обеспечивает извлечение глинозема и щелочи ($< 90\%$); щелочи в каустической форме.

Общим для способов спекания являются: нефелиновая руда смешивается в определенной пропорции с известняком, шихта спекается во вращающихся печах, а полученный спек выщелачивается содовым раствором. В случае химического обогащения спеканию предшествует процесс обескремнивания породы (удаление некоторой части SiO_2).

Способ Манвеляна. Существует несколько способов химического обогащения. Наибольшую известность получил способ, разработанный М.Г. Манвеляном для нефелиновых сиенитов Тажсарского месторождения (Армения) [24, 25].

Сущность его состоит в обработке породы раствором каустической соды при температуре $190\text{--}200^\circ\text{C}$ и давлении 13–15 атм.

При испытании технологических проб нефелиновых сиенитов Сандыка во Всесоюзном алюминиево-магниевом институте (ВАМИ) и ГИПРОАлюминий [18] переработка их вышеуказанным способом оценена как наиболее рентабельная.

Исследованиями ВАМИ минимально допустимого содержания основных компонентов SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O в нефелиновых рудах установлено, что нефелиновые сиениты Сандыкского месторождения по качеству уступает как Тажсарским, так и Зардалинским. Содержание Al_2O_3 в них ниже минимально допустимого содержания компонента на 0,91%. Иначе, содержание Al_2O_3 – 20,09, 22,21 и 21,0% в Сандыкском, Зардалинском и Тажсарском месторождениям соответственно. Содержание SiO_2 находится на границе допустимого – 52–57%. Высокая кремнистость исключает возможность переработки их по методу спекания [18].

Технологическим исследованиям нефелиновых сиенитов участка Чечекты (Сандык) в

лабораторных условиях ВАМИ было показано реальная возможность получения из них глинозема и побочных продуктов по вышеназванному способу [18]. При этом извлечение глинозема из химически обогащенного концентрата составило 82–84%, а щелочей – 90%. Однако эти исследования не могут охватить все аспекты проблемы, в частности экономические факторы и другие. Как показывают экономические расчеты, рентабельность производства алюминия возрастает с увеличением масштабов предприятия. При этом условии разработка низкосортных нефелиновых сиенитов обусловит большой материальный поток.

Все это ставит под сомнение рентабельность и целесообразность производства глинозема из сандыкских нефелиновых сиенитов по схеме М.Г. Манвеляна.

Необходимы изыскания качественно новых технологических схем переработки, применительно именно к сандыкским нефелиновым породам.

Существует ряд других способов и вариантов спекания алюмосиликатных пород на глинозем, однако здесь мы ограничимся лишь вышеописанными способами, так как первые высокого совершенства не достигли.

В кислотных способах [4, 5, 14, 23, 26, 27] в качестве реагентов для разложения алюмосиликатных пород могут быть использованы основные минеральные кислоты: азотная, соляная, серная и сернистая или их ангидриды.

Процесс разложения алюмосиликатов сводится к обработке их нагретыми растворами соответствующей кислоты в баках с мешалками. В результате обработки получают пульпу, состоящую из раствора солей алюминия, натрия, калия, железа и геля кремневой кислоты. При соблюдении определенных условий разложения кремнекислота коагулирует и может быть отделена от раствора известными приемами.

Из крепких азотнокислых растворов обычно кристаллизуют нитрат алюминия, в дальнейшем разлагают термически или гидролизом под давлением.

Из солянокислых растворов глинозем выделяют гидролизом при нагревании или другими способами.

Из сернокислых растворов кристаллизуют натриевые (или калиевую) квасцы, которые по-

сле очистки от примесей железа перерабатывают известными методами на оксид алюминия.

Следует отметить, что основными недостатками кислотных способов являются необходимость дорогостоящего кислотоупорного оборудования, трудность отделения кремнезема, специальная, довольно сложная очистка растворов от солей железа, а также трудность выделения из кислых растворов гидроксида алюминия, удовлетворяющая по дисперсному составу требованиям, предъявляемым к глинозему, используемому для электрического получения алюминия.

Для переработки алюмосиликатов предложено несколько комбинированных кислотно-щелочных способов: сернокисотно-аммиачный, сернистокислотно-щелочной, сернокислотно-аммониевый, азотнокислотно-аммиачный и солянокислотно-щелочной.

В этих способах, за исключением сернокислотно-аммониевого, исходную породу сначала разлагают кислотой, а затем растворы солей алюминия или выделенный оксид алюминия очищают от железа щелочными методами. Существенные недостатки, например, солянокислотно-щелочного способа – необходимость упаривания больших объемов раствора при кристаллизации хлоридов, сложность регенерации кислоты и отмычки хлор – иона «сырой» гидроокиси алюминия.

Разработана схема химического обогащения нефелиновых сиенитов повышенным содержанием SiO_2 (55%) и сравнительно низким содержанием Al_2O_3 (21%) и $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (12,6%) [4, 5, 14, 25].

По этой схеме измельченную сиенитовую породу обрабатывают раствором щелочи концентрацией 250 г/л Na_2O в автоклавах при 200–220°C и Т:Ж=1:3. В результате образуется осадок алюмонатриевого силиката – $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, а избыточная кремнекислота переходит в раствор в виде щелочного силиката Na_2SiO_3 . Пульпу после разбавления направляют на разделение и промывку осадка. Осадок отделяют от раствора фильтрацией. В результате химического обогащения породы получают концентрат, обогащенный Al_2O_3 и Na_2O , обладающий высокой дисперсностью ~ 90% осадка менее 10 мк, а следовательно, большой гигроскопичностью. По хи-

мическому составу он мало чем отличается от концентрата Кольского полуострова.

Концентрат перерабатывают на глинозем и содопродукты изложенным выше способом спекания. При этом условия процесса несколько облегчаются, и получается более качественный спек. Щелочно-кремнеземистый раствор регенерируют, из него получают силикаты (Na, Ca) и чистый кремнезем. Шламы гидрохимической переработки спеков используют для получения портланд-цемента.

Проблема комплексной переработки нефелиновых руд Сандык и Зардали [15–19, 24, 25].

В настоящее время наша страна не имеет собственного производства глинозема – основного сырья для получения алюминия. Отсутствие собственной базы производства глинозема и рыночные условия, в которых находится республика, требуют выработки инновационного подхода к глубокому исследованию и выявлению промышленного освоения местных нефелин-сиенитовых руд.

По геологоразведочным данным, наша республика располагает огромными ресурсами нефелиновых месторождений в южном – Зардали и северном – Сандык регионах, где содержание глинозема составляет 20–24 и 19–22% соответственно.

Эти руды являются пригодными для комплексной переработки по производству глинозема и требуют всесторонних научных исследований, которые могут обеспечивать решение практических задач создаваемого предприятия. На практике аналогичные типы руд используются на Кольском полуострове и Сынныр, Якша в Прибайкалье и считаются второстепенными – Дежневский на Чукотке и Тажсарский в Армении.

Характерной особенностью местных нефелиновых пород является высокое содержание калиевой щелочи по сравнению натриевой. В отличие от нефелиновых месторождений, расположенных на территории Союза независимых государств (СНГ) к вышеуказанным месторождениям относятся нефелин-сиенитовые породы высококремнистого сырья (54–58%).

Так как используемый в настоящее время способ разложения высококремнистого материала – спекание, необходимо заменить этот неэффективный метод разложения руд более эффек-

тивным и менее громоздким. Таким способом может быть служить гидрохимический метод.

В гидрохимическом способе пирометаллургическая операция одна – кальцинация гидроксида алюминия для получения безводного глинозема. Все остальные операции проводятся в водной среде: интенсифицировано и при использовании компактной аппаратуры.

На основе вышеизложенного материала можно подчеркнуть, что многочисленными исследованиями в течение ряда лет было установлено, что нефелиновые породы являются важным сырьем для производства глинозема, вторым после бокситовых руд и требует дальнейшего всестороннего исследования на предмет разработки альтернативных способов взамен существующих. Ценность щелочных нефелиновых пород значительно повысится возможностью комплексной переработки их, при которой, помимо основного продукта – глинозема, производится большое количество цемента, каустических продуктов, калийных микроудобрений и редких металлов.

В связи с этим детальное изучение комплекса физико-химических и химико-технологических свойств местных нефелиновых сиенитов и разработка усовершенствованных, альтернативных способов переработки их, обеспечивающих максимальному извлечению глинозема, редких металлов и получение ценных товарных продуктов приобретает особую значимость и является своевременным.

Востребованное временем новое направление науки нацелено на решение важных проблем – комплексной переработки местных нефелин-сиенитовых месторождений Сандык и Зардали, относится к категориям научно-теоретических и прикладных задач, основанных на методах химических, физических, физико-химических, геохимических, петрохимических и минералогических исследований.

Представленное научно-обоснованное направление полностью соответствует положению государственной программы по обеспечению республики глиноземом, алюминием и другими ценными продуктами, а практическое решение столь важных проблем требует государственной финансовой поддержки для проведения научных исследований.

Таким образом, разработка технологии получения глинозема и других товарных про-

дуктов, несмотря на относительно невысокое содержание глинозема в нефелиновом сырье месторождений Сандык, Зардали и переработка этого сырья при комплексном использовании основных составляющих, является экономически оправданной, а решение этой важной проблемы – актуальным.

Литература

- Щелочные породы Киргизии и Казахстана // Сб. АН Кирг. ССР / Под ред. Ф. Т. Каширина – Фрунзе: Илим, 1968. – С. 159.
- Бородин Л.С., Осокин Е.Д., Ганзеев А.А., Челлищев Н.Ф. Формационная типизация и вопросы комплексного изучения месторождений высококальциевых-высокоглиноземистых пород // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 15–20.
- Свешникова Е.В., Андреева Е.Д., Кононова В.А., Яшина Р.М. Главные генетические типы месторождений нефелиновых руд, их размещение на территории // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, – 1977. – С. 5.
- Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – 192 С.
- Нефелиновые породы – комплексное алюминиевое сырье / С.Я. Дидинг, Е.Д. Андреева, В.В. Пивоваров и др. – М.: Недра, 1988. – С. 190 С.
- Орлова М.П., Жидков А.Я. Закономерности размещения и условия формирования месторождений высококальциевых-высокоглиноземистых пород // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 20–26.
- Дудкин О.Б., Поляков К.И., Кулакова А.Н. Условия формирования, комплексность и качество руд нефелиновых месторождений Кольского полуострова // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 26–32.
- Иванова Т.Н., Козырева Л.В. Закономерности размещения и особенности состава ийолит-уртитов Кольского полуострова // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 32–36.
- Каменев Е.А., Минаков Ф.В., Мельников И.Ф. Закономерности размещения, особенности состава и технологические свойства ийолитов-уртитов Хибинского массива // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 36–40.
- Вировлянский Г.М. Нефелиновое сырье Хибинского щелочного массива и закономерности его размещения // В кн.: АН СССР. – Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 40–44.
- Мелентьев Б.Н., Делицын Л.М., Каменев Е.А., Минаков Ф.В. Вещественный состав апатит-нефелиновых руд и вмещающих пород Хибинских месторождений // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 44–50.
- Терешков В.Г., Осокин Е.Д., Головин Ю.М. Нефелиновые руды Ловозерского массива // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 50–54.
- Сахаров А.С., Буссен И.В. Месторождения нефелина в Ловозерских тундрах // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 54–56.
- Комплексная переработка нефелинового шлама / Под ред. В.И. Корнеева. – М.: Металлургия, 1974. – 200 С.
- Коннов Л.П. Нефелиновое сырье Средней Азии // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 110–115.
- Злобин Б.И. Геохимическое исследование щелочных пород массива Сандык и их генезис (петрография, петрохимия, геохимия редких элементов, петрогenezис): Автореф. ... канд. дисс. – М. – 1963.
- Злобин Б.И. Петрографический очерк и петрохимия щелочной интрузии гор Сандык (Северная Киргизия) // Изв. АН СССР. – Сер. геол. – №2. – 1960.
- Захаров А.Д. Нефелиновые сиениты сандыкского массива и проблема их промышленного освоения // В сб.: Щелочные породы Киргизии и Казахстана / АН Кирг. ССР / Под ред. Ф.Т. Каширина. – Фрунзе: Илим, 1968. – С. 36–47.
- Шинкарев И.Ф., Ильинский Г.А., Перчук Л.Л. О Зардалинском щелочном комплексе (Алайский хребет). – Записки всесоюзн. мин. об-ва. – 1960. – Ч. 89. – Вып.1.
- Смирнов М.И., Сизяков В.М. Комплексная переработка нефелиновых руд с получением глинозема, соды, поташа и цемента // Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 163–167.
- Сычев М.М., Корнеев В.И., Шморгуненко Н.С., Сафонов Н.А. и др. Комплексная переработка нефелинового шлама / Под ред. Корнеева В.И. – М.: Металлургия, 1974. – 200 с.
- Сизяков В.М., Шморгуненко Н.С., Смирнов М.И., Данциг С.Я. Способы комплексной переработки алюмосиликатных пород для производства глинозема и других продуктов. // В кн.: Нефелиновое сырье. – М.: Наука, 1977. – С. 168–170.

23. *Лайнер А.И.* Производство глинозема. – М.: Metallurgizdat, 1961. – 469 с.
24. *Пономарев В.Д., Сажин В.С., Ни Л.П.* Гидрохимический щелочной способ переработки алюмосиликатов. – М.: Metallurgiya, 1964. – 105 с.
25. О комплексном использовании нефелиновых пород Киргизии. // Сб. научн. труд. ИНФХ АН Кирг. ССР. / Отв. ред. Шестаков В.А. – Фрунзе: АН Кирг. ССР. – 118 с.
26. *Манвелян М.Г., Саядян А.Г., Абрамян А.А. и др.* Способ разложения щелочно-кальциевого осадка, получаемого в процессе переработки нефелиновых пород гидрохимическим способом. – Цветные металлы. – 1962. – №2.
27. *Лайнер А.И.* Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья кислотными способами. – М.: Наука, 1982. – С. 66–67.

УДК: 616-002-5.036.22

СОЦИАЛЬНОЗАВИСИМЫЕ И СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫЕ ФАКТОРЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ТУБЕРКУЛЕЗОМ

© 2015 г. Э.М. Молдобекова

Представлено академиком НАН КР Д.К. Кудаяровым
Поступило 23.06.15

Изучение влияния социальных факторов на качество жизни различных групп населения показало, что группа больных туберкулезом отличалась от группы «здоровых» неудовлетворительными жилищно-бытовыми и санитарными условиями, неполноценным питанием (дефицит белков и витаминов в рационе), низкой санитарной грамотностью по вопросам туберкулеза.

Ключевые слова: эпидемиология, туберкулез, факторы риска, бацилловыделительство, заболеваемость, очаговость, иммунопрофилактика, стратегии DOTS, МЛУ.

КУРГАК УЧУК ООРУСУНУН СОЦИАЛДЫК КӨЗ КАРАНДЫЛЫК ЖАНА СОЦИАЛДЫК МААНИДЕГИ ФАКТОРЛОР

Жашоо сапаты ар кандай болгон калктын тобуна жүргүзүлгөн социалдык факторлордун таасирин изилдөө кургак учук менен ооругандар «ден соолугу чың» группасындагылардан айырмаланган: жашоо-турмушу жана санитардык шарты, толук баалуу тамактанбагандыгы (белок жана витаминдердин рациондогу жетишсиздиги), кургак учук боюнча санитардык маалыматтуулуктун төмөн болуусу.

Негизги сөздөр: эпидемиология, кургак учук, тобокелдик факторлору, бацилла бөлүп чыгаруу, оорулар, оорунун чыгуу жерлери, иммунологиялык алдын алуу, DOTS, МЛУ стратегиясы.

SOCIALLY-DETERMINED AND SOCIALLY IMPORTANT FACTORS FOR TUBERCULOSIS INCIDENCE

The study of the impact of social factors on the quality of life of different population groups showed that there was a difference in the TB patient group as compared to the healthy group in unsatisfactory living and housing sanitary conditions, a higher number of dependents per working person, a higher proportion of persons socially vulnerable with difficult living conditions, protein and vitamin deficient diet, poor sanitary knowledge about protection from tuberculosis.

Keywords: epidemiology, tuberculosis, risk factors, elimination of bacilli, incidence, disease focality, vaccinal prevention, DOTS strategy, multiple drug resistance (MDR).

В настоящее время туберкулез является одной из наиболее актуальных социально-экономических и медико-биологических проблем, стоящих перед мировым сообществом. В последнем десятилетии XX века ситуация по туберкулезу в Кыргызстане, как и во всем мире, серьезно осложнилась. В 1993 г. ВОЗ было объявлено, что туберкулез вышел из-под контроля и находится «в критическом положении во всем мире». Туберкулез был объявлен гло-

бальной проблемой, наносящей человечеству колоссальный экономический и биологический ущерб. Рост показателей заболеваемости, смертности взрослого населения ведет к росту показателей инфицированности и заболеваемости детей [1].

Туберкулез всегда относился к социально-зависимым и социальнозначимым заболеваниям.

Многочисленными исследованиями доказано, что существует четкая взаимосвязь между

бедностью и заболеваемостью туберкулезом [3; 9]. Очевидно, что низкий уровень жизни, перенаселенность жилищ способствуют увеличению частоты передачи микобактерий туберкулеза в случае контакта с больным. Вследствие бедности у людей нет возможностей пользоваться услугами учреждений здравоохранения, что приводит к увеличению продолжительности периода контагиозности больных туберкулезом и дальнейшему росту риска инфицирования среди лиц, контактирующих с этими больными. Туберкулез является социальной болезнью, связанной с такими явлениями, как безработица и трудовая миграция. Отсюда высокие показатели заболеваемости туберкулезом среди безработных и трудовых мигрантов [10]. Сегодня доказано, что в ряде стран носителями бацилл туберкулеза являются чаще всего мигранты. В США самый низкий уровень первичного туберкулеза – 3,5 случая на 100000 населения и поддерживается он мигрантами [5]. По убеждению ряда ученых, мигранты являются распространителями мультирезистентных и полирезистентных форм туберкулеза [10].

Наиболее сложная эпидемиологическая ситуация сложилась в местах лишения свободы, где заболеваемость туберкулезом в начале XXI века была выше, чем среди гражданского населения в 60, а смертность – почти в 200 раз. Показатель заболеваемости составил 12 000 на 100 000 населения, а смертность 4100 на 100 000 населения [8].

Каждый больной туберкулезом, выделяющий микобактерии во внешнюю среду, формирует вокруг себя очаг туберкулезной инфекции. «Очаг туберкулезной инфекции» – это условное понятие, которое включает место основного пребывания больного туберкулезом и его окружение – людей, помещение, обстановку [3]. Очаги туберкулеза имеют пространственные и временные границы. В пространственные границы очага входят жилище больного, место его работы, обучения, воспитания, лечения, а также коллективы и группы людей, с которыми он общается постоянно, периодически или временно. Территория очага туберкулеза может распространяться от квартиры, дома больного до небольшого населенного пункта (поселка, деревни). В КР работа по профилактике туберкулеза ограничиваются очагами семейного туберкулеза, хотя

в последнее время стали обращать внимание на высокий уровень экзогенной реинфекции в коллективах закрытых учреждений (тюрьмах). По нашим данным, в очагах семейного контакта 41,4% больных являются бактериовыделителями. Среднее число контактных на одного больного составляло 2,4. При таком раскладе заболеваемость туберкулезом среди контактных лиц составила 5672 на 100 тыс. по сравнению с заболеваемостью остального населения 120 на 100000, т.е. в 47,3 выше.

Работники системы здравоохранения представляют собой важный сегмент популяции повышенного риска развития туберкулеза. Риск заболевания туберкулезом у медицинских работников выше, поскольку работники здравоохранения в среднем чаще контактируют с больными туберкулезом, чем представители других профессий. Существование повышенного риска развития туберкулеза среди медработников можно констатировать в странах, где туберкулез остается распространенным заболеванием среди пациентов, обращающихся в медицинские службы [4].

Влияние качества жизни на риск заболеваемости туберкулезом отражено в исследованиях многих авторов. В основу оценки качества жизни больных легочным туберкулезом легли коэффициенты парной корреляции общей численностью более 23 тысяч, во внимание брались лишь те, достоверность которых была не менее 95,0%. При значении коэффициента корреляции менее 0,3 связь оценивалась как слабая, при значении от 0,3 до 0,7 – связь считалась средней силы, при значении от 0,7 до 1,0 – связь оценивалась как сильная. Как показал корреляционный анализ, оценка жилищно-бытовых условий больных туберкулезом имеет прямую достоверную связь с оценкой материального положения ($r = + 0,57$), оценка качества питания больными туберкулезом имеет прямую достоверную связь с достаточностью продуктов ($r = + 0,64$), оценкой жилищно-бытовых условий ($r = + 0,51$), оценкой материального положения ($r = + 0,54$), принадлежностью к общественно-профессиональной группе ($r = + 0,31$) и достоверную обратную связь с регулярностью питания ($r = - 0,50$). Оценка материального положения больных туберкулезом имеет прямую достоверную связь с оценкой качества питания ($r = + 0,54$), достаточ-

ностью продуктов ($r = + 0,45$), режимом питания (количеством приемов пищи) ($r = + 0,31$). Продолжительность рабочего дня больных туберкулезом органов дыхания имеет прямую достоверную связь с длительностью обострения туберкулезного процесса ($r = + 0,53$). Курение больных туберкулезом органов дыхания имеет прямую достоверную связь с употреблением алкоголя ($r = + 0,55$). Диагноз направившего учреждения больных туберкулезом имеет прямую достоверную связь с наличием лекарственной устойчивости к противотуберкулезным препаратам ($r = + 0,47$), давностью заболевания туберкулезом ($r = + 0,46$). Длительность обострения туберкулезного процесса у больных туберкулезом органов дыхания имеет прямую достоверную связь с продолжительностью рабочего дня ($r = + 0,53$).

Таким образом, изучение влияния социальных факторов на качество жизни различных групп населения показало, что группа больных туберкулезом отличалась от группы «здоровых» неудовлетворительными жилищно-бытовыми и санитарными условиями проживания в 4 раза чаще, высокой скученностью (87% больных проживает менее чем на 9 кв.м), большим числом иждивенцев на одного работающего, большей долей лиц, социально незащищенных, проживающих в тяжелых бытовых условиях, неполноценным питанием (дефицит белков и витаминов в рационе), низкой санитарной грамотностью по вопросам туберкулеза.

Анализ публикаций, описывающих распространенность туберкулеза в зависимости от места проживания (город/село), показал, что в одних регионах уровень заболеваемости туберкулезом городского населения выше, чем сельского, в других – ниже. В этой связи заметим, что в каждой стране с развитием урбанизации численность городского населения возрастает, сельского сокращается. Поскольку плотность населения разная, следовательно, и вероятность контактов с заразными заболеваниями различны, что, по мнению Т.Я. Ильиной и соавт. [2; 7], и определяет уровень инфицированности населения туберкулезом.

Литература

1. Аксенова К.И., Баронова О.Д., Семенова С.А. Характеристика очагов туберкулеза у взрослых // Туберкулез сегодня: Материалы VII Рос. съезда фтизиатров. – М., 2003 – С. 5–6.
2. Аксютин Л.П., Леонов И.В. Туберкулез как госпитальная инфекция // Проблемы туберкулеза. – 1998. – №1. – С.5–7.
3. Богадельникова И.В., Пунга В.В. Медико-санитарное просвещение больных и их родственников. Организация противотуберкулезной помощи на муниципальном этапе // Проблемы туберкулеза. – 2008. – № 5. – С. 54–65.
4. Годинь О.Д., Новатны Т. и др. ВИЧ/СПИД и туберкулез в Центральной Азии. – Всемирный банк, 2003. – 59 с.
5. Закирова К.А. Современная эпидемиологическая ситуация и организационные аспекты совершенствования профилактики туберкулеза в Республике Таджикистан: Дисс. ... докт.мед. наук. – М., 2012. – 273 с.
6. Ильина Т.Я., Жангиреев А.А., Сидоренко О.А. Особенности бактериовыделения и чувствительности микобактерий туберкулеза к химиопрепаратам у больных с рецидивами туберкулеза легких // Проблемы туберкулеза и болезней легких. – М., 2008. – № 5. – С.20– 22.
7. Ильина Т.Я., Муминов Т.А., Кальдибаев С.К. Туберкулез органов дыхания и эффективность его лечения в некоторых группах повышенного риска // Проблемы туберкулеза. – 2000. – №4. – С.9–11;
8. Сидоренко О.А. Рецидивы туберкулеза в период внедрения стратегии ДОТС: Дисс. ... канд. мед. наук. – Алматы, 2011. – 126 с.
9. Erkens C. G. M., Kamphorst M., Abubakar I. et al. Tuberculosis contact investigation in low prevalence countries: a European consensus // Eur. Respir. J. – 2010. – Vol. 36. V 4 – P. 925–949.
10. Lundegardh G., Helmick C., Zack M., Adami H.O. Mortality among patients with partial gastrectomy for benign ulcer disease // Dig. Dis. Sci. – 1994. – Vol. 39, № 2. – P. 340–346.

УДК 574:539.1.04

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БИОСФЕРНОЙ ТЕРРИТОРИИ ИССЫК-КУЛЬ

© 2015 г. *Б.М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, Б.К. Калдыбаев, Т.Э. Токтоева*

Представлено вице-президентом НАН КР, академиком А.А. Алдашевым
Поступило 16.11.2015

В статье представлено современное радиоэкологическое состояние прибрежной зоны биосферной территории Иссык-Куль. Установлено, что уровень радиационного фона и содержание радионуклидов находятся в пределах нормы, за исключением отдельных природных и техногенных участков.

Ключевые слова: радиационный фон, радионуклиды, уран, радон, удельная активность, содержание, хвостохранилище, карта-схема.

ЫСЫК-КӨЛ БИОСФЕРАЛЫК АЙМАГЫНДАГЫ КӨЛДҮН ЖЭЭГИНДЕГИ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨЛӨР

Бул макалада Иссык-Көл биосфералык аймактын жээк жактарындагы азыркы радиоэкологиялык абал көрсөтүлгөн. Изилдөөнүн негизинде радиациялык фон жана радионуклиддердин көлөмдөрү кээ бир табыгый жана техногендик аймактардан сырткары нормадан ашпайт.

Маанилүү сөздөр: радиациялык фон, радионуклиддер, уран, радон, активтүүлүгү, топтолушу, уран калдыктары, схемалык-карта.

RADIOECOLOGICAL RESEARCH OF THE COASTAL ZONE IN THE BIOSPHERE TERRITORY OF ISSYK-KUL

The article presents the current radioecological state of the coastal zone in the biosphere territory of Issyk-Kul. The level of background radiation and radionuclide content are within normal limits, except for some natural and man-made areas.

Keywords: background radiation, radionuclide, uranium, radon, specific activity, content, tailing, schematic map.

Актуальность. В Кыргызстане имеется ряд природно-техногенных территорий, где необходимы комплексные радиоэкологические исследования. Одним из таких регионов является биосферная территория Иссык-Көл, организованная в 2001 г., которая включает котловину озера Иссык-Куль, хребты Терскей и Кунгей Ала-Тоо и сыртовые нагорья. По классификации географов представляет собой среднегорную впадину.

Основным источником урана в Иссык-Кульской котловине являются горные породы с повышенным его содержанием. При выветривании данных пород образуются легко подвижные соединения шестивалентного урана, которые концентрируются в гумусированных

горизонтах почвы (А, В), а также обогащают растительный покров, воды рек котловины и озера Иссык-Куль ураном и другими радионуклидами [1, 4, 6, 7, 10, 11].

Геохимические условия Иссык-Кульской котловины: выходы гранитов ($3,9 \times 10^{-4}\%$), наличие углисто-кремнистых сланцев ($1,07 \times 10^{-3}\%$), обогащенных ураном – определяют повышенное содержание урана в почвенно-растительном комплексе, в реках, впадающих в озеро, и в воде оз. Иссык-Куль. По мнению ученых геохимиков и биогеохимиков, это является основой для выделения Иссык-Кульской котловины как естественной урановой биогеохимической провинции [4, 8].

В данной природной урановой провинции ранее добывали урановые руды – на Каджи-Сайском участке, расположенном на южном берегу оз. Иссык-Куль. Учитывая слабую изученность и возросший интерес к данной проблеме мировой общественности, нами была поставлена цель – изучить радиоэкологические особенности современного состояния прибрежной зоны биосферной территории Иссык-Көл.

Материалы и методика

Замеры радиационного фона проводились в соответствии с инструкциями по наземному обследованию радиационной обстановки. Согласно техническим инструкциям дозиметров, в одной точке проводилось не менее трех измерений, в журнал записывался средний показатель.

Оборудование, использованное в ходе исследований: комплект – дозиметр – радиометр ДКС-96 (Россия), гамма-спектрометр Canberra (США), состоящий из германиевого детектора HPGe и др., спутниковый прибор GPS для определения координат. Математическое моделирование и статистическая обработка результатов были проведены с помощью прикладных программ Microsoft Excel for Windows 2000, Statistics for Windows 6.0 (рис.1).

Результаты исследований

Согласно исследованиям, мощность природного радиационного фона по гамма-излучению в регионе составляет от 10 до 30 мкР/ч. По мере удаления от озера в сторону склонов гор его уровень в отдельных местах возрастает до



Дозиметр ДКС-96



Радиометр УМФ-2000



Гамма-спектрометр Canberra (США)



Радиометр радона PPA-01M-036

Рис. 1. Используемое оборудование



Рис. 2. Ториевые пески пляжа с. Жениш и Ак-Терек

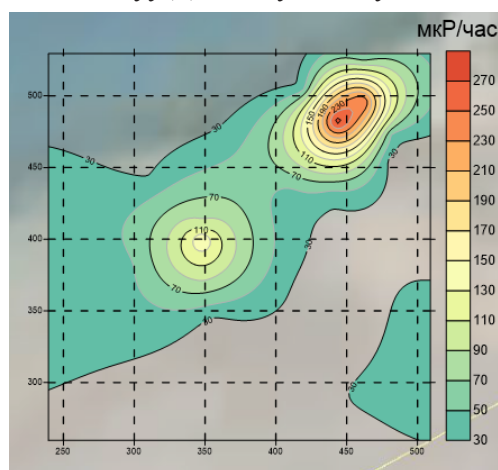
40 мкР/ч, особенно в некоторых горных местностях, ущельях, основу которых составляют горные породы, граниты, мелкие их обломки, красный песок, имеющие слегка повышенную радиоактивность. К малым участкам с повышенным естественным радиационным фоном можно отнести (табл.1):

1. Береговые зоны пляжей с. Жениш и с. Ак-Терек, расположенные на южном берегу озера Иссык-Куль. Их радиоактивность составляет 30 – 60 мкР/час, а в местах с повышенным содержанием в песке черных вкраплений уровень экспозиционной дозы возрастает до 400 мкР/час (рис.2). Результаты гамма-спектрометрического анализа показали наличие в пробах песка с. Жениш естественных радионуклидов, удельная активность которых составила: ^{228}Ra – $4173,3 \pm 72,1$ Бк/кг, ^{228}Th – $4087 \pm 87,9$ Бк/кг, ^{238}U – 425 ± 34 Бк/кг, ^{226}Ra – $296 \pm 16,0$ Бк/кг. В пробах песка с. Ак-Терек: ^{228}Th – 915 ± 57 Бк/кг, ^{228}Ra – 846 ± 70 Бк/кг, ^{238}U – 260 ± 30 Бк/кг, ^{226}Ra – 103 ± 8 Бк/кг, ^{210}Pb – 169 ± 30 Бк/кг.

2. Небольшие участки прибрежной полосы озера Иссык-Куль, чаще всего грязевые отложения с характерным слюдяным блеском, дающие повышенный радиационный фон. К таким участкам можно отнести берег с. Тосор – 40–50 мкР/ч, берег западнее с. Каджи-Сай – 38–40 мкР/ч, берег около с. Тору-Айгыр – 30 мкР/ч, берег около с. Тамчи – 40–50 мкР/ч.

3. Горные местности, ущелья, основу которых составляет гранит, скальный грунт, красный песок, дающие повышенный естественный ра-

диационный фон 25–40 мкР/ч. Ущелья: Чычкан, Курган-Сай, Курга, Ак-Терек, Чон-Жаргылчак, Сутту-Булак, Тосор, Жон-Булак, Кекелик, Тон, Чок-Тал, Бактуу-Долоноту, Сегету.

Рис.2.1. Карта-схема пространственного распределения мощности дозы γ -излучения на участках с. Жениш и с. Ак-Терек

Наблюдаются также незначительные вариации природного радиационного фона по различным типам почв Прииссыккуля, вероятно, это связано с неоднородным распределением естественных радионуклидов, рассеянных в почвах, горных породах, поверхностных и подземных водах и других объектах природной среды. На основании полученных данных нами составлена карта-схема уровня экспозиционной дозы γ -излучения прибрежной зоны оз. Иссык-Куль (рис. 3).

Таблица 1. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения прибрежных участков оз. Иссык-Куль

| № | Место измерения | | Экспозиционная доза (мкР/ч) |
|----|------------------------------|---|-----------------------------|
| 1 | г. Балыкчы северо- восток | 10-30 м от озера | 13-27 |
| 2 | г. Чолпон-Ата | Биостанция 20 от озера 50 от озера | 21-27 23-32 |
| 3 | с. Орто-Орукту | 300 от озера Горячий источник 500 м от озера | 35-41 33-35 |
| 4 | Тюпский залив | 10-20 м от р.Тюп | 17-22 |
| 5 | с. Михайловка около моста | 5-20 м от р.Джыргалан | 23-30 |
| 6 | с. Джети-Огуз 800 м от озера | р.Джети-Огуз 10-20 от реки | 27-36 |
| 7 | с. Ак-Терек | 40-50-м от трассы 10-30 от озера | 29-40 52-96 |
| 8 | с. Жениш | 20-30 м от трассы 10-30 м от озера 10-30 м от озера | 25 -52 58-102 230-390 |
| 9 | п. Каджы-Сай | 10-25 м от озера 20-40 м от озера | 28-36 21-40 |
| 10 | Бухта Кольцовка | 20-30 м от озера | 21-32 |
| 11 | с. Бар-Булак (гор.источник) | 1200 м от озера | 20-42 |

Таблица 2. Почвенно-агрохимические показатели почв Прииссыккулья

| Место отбора | Тип почвы | Гумус, % | CO ₂ , % | рН | Емкость поглощ. мг-экв. | Валовой % | | |
|----------------|-------------|-------------|---------------------|------|-------------------------------|-----------|-------|-----|
| | | | | | | N | P | K |
| с. Григорьевка | Св-каштан. | 4,32 | 1,1 | 8,25 | 24 | 0,181 | 0,170 | 2,0 |
| с. Тюп | Св-каштан. | 3,85 | 0,22 | 8,0 | 22,6 | 0,156 | 0,147 | 2,4 |
| с. Маман | Тем-каштан. | 3,28 | 0,13 | 8,30 | 19,6 | 0,170 | 0,170 | 2,3 |
| с. Барскоон | Св-каштан. | 2,29 | 1,76 | 8,40 | 14,0 | 0,112 | 0,195 | 2,0 |
| с. Тон | Св-бурые | 2,39 | 0,92 | 8,40 | 14,2 | 0,106 | 0,161 | 2,4 |

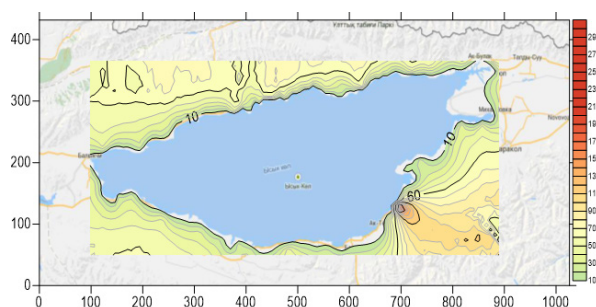


Рис. 3. Карта-схема мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения в прибрежных зонах оз. Иссык-Куль

Контрольные участки исследуемого региона были представлены горно-долинными светло-каштановыми, темно-каштановыми, светло-

бурыми почвами, по механическому составу в основном среднесуглинистые. Содержание гумуса варьирует в пределах 2,3-4,3%, что характерно значениям типов исследуемого региона. Почвы в достаточной степени обеспечены элементами минерального питания, содержание общего азота варьирует в пределах 0,106-0,181%, фосфора 0,147-0,195%, калия 2,0-2,4. Описываемые почвы в основном слабо карбонатные 0,22-1,76%. Реакция почвенного раствора щелочная 8,0-8,4. Емкость поглощения составляет 14-24 мг. экв на 100 г. почвы и тесно коррелирует с содержанием гумуса в почве ($r=0,99$, $p<0,05$). Содержание подвижных форм фосфора варьирует в пределах 1,12-9,73 мг/100 г., обменного калия 27,8-37,2 мг/100г (табл. 2).

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ...

Таблица 3. Удельная активность радионуклидов в почвах Прииссыккуля (Бк/кг)

| Место отбора | Тип почвы | ²³⁸ U | ²²⁶ Ra | ²²⁸ Ac | ²³⁵ U | ⁴⁰ K | ¹³⁷ Cs |
|----------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| с. Григорьевка | Светло-каштановые | 49,1 ± 2,6 | 59,4 ± 3,6 | 61,6 ± 1,3 | 2,3 ± 0,2 | 879 ± 12 | 4,1 ± 0,2 |
| с. Тюп | Каштановые | 106,6 ± 1,7 | 68,7 ± 2,1 | 61,0 ± 0,7 | 4,9 ± 0,1 | 984 ± 6 | 9,5 ± 0,1 |
| с. Маман | Темно-каштановые | 42,3 ± 2,5 | 66,8 ± 3,6 | 62,2 ± 1,3 | 2,0 ± 0,2 | 861 ± 10 | 9,0 ± 0,3 |
| с. Барскоон | Светло-каштановые | 57,8 ± 2,7 | 71,5 ± 3,7 | 67,5 ± 1,3 | 2,7 ± 0,2 | 911 ± 10 | 6,2 ± 0,2 |
| с. Тон | Светло-бурые | 97,3 ± 3,2 | 111,7 ± 4,2 | 112,2 ± 1,5 | 4,5 ± 0,2 | 1012 ± 10 | 7,4 ± 0,3 |

Таблица 4. Удельная активность радионуклидов в почвенных слоях (Бк/кг)

| Место отбора | Слой см | Активность почв по изотопам, Бк/кг | | | | |
|--------------|---------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | ²³⁸ U | ²²⁶ Ra | ²¹⁰ Pb | ²²⁸ Th | ²²⁸ Ra |
| с. Кара-Ой | 0-5 | 71,8±12,7 | 46,1±3,5 | 147,4±13,0 | 49,9±1,9 | 35,2±8,8 |
| | 5-10 | 50,8±7,3 | 37,7±3,4 | 64,6±11,4 | 49,0±1,9 | 60,1±7,5 |
| | 10-15 | 44,0±1,7 | 35,1±3,2 | 50,1±7,2 | 45,6±1,8 | 52,3±3,5 |
| | 15-20 | 51,7±7,4 | 35,1±3,9 | 50,2±7,7 | 39,5±2,2 | 53,6±7,7 |

Таблица 5. Уровень ²²²Rn в почвенном покрове в береговых зонах оз. Иссык-Куль

| № | Место отбора | мБк/(м ² ×с) |
|----|---|-------------------------|
| 1 | г. Балыкчи (северо-восток от берега 20 м) | 17,60 |
| 2 | г. ЧолпонАта (Биостанция) | 30,61 |
| 3 | с. Орукту (200 м от берега) | 15,80 |
| 4 | с. Орукту (Кирпичный, горячий источник) | 24,24 |
| 5 | Тюпский залив | 11,50 |
| 6 | с. Михайловка, около моста | 14,35 |
| 7 | с. Ак-Терек | 19,20 |
| 8 | с. Жениш (от трассы 60 м) | 18,37 |
| 9 | с. Каджы-Сай (от берега 100 м берег ниже хвостохранилища) | 19,86 |
| 10 | с. Бар-Булак (горячий источник) | 28,48 |

Результаты гамма-спектрометрического анализа по определению содержаний радионуклидов в почвах Прииссыккуля представлены в таблице 3. Согласно биогеохимической классификации кларков химических элементов в почве, предложенной А.П. Виноградовым (1957), для (²³⁸U, ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) характерно слабое накопление в почве (от 2 до 10 кларков). Содержание искусственного радионуклида (¹³⁷Cs) в почве не превышает допустимых уровней вмешательства (НРБ-99).

²³⁸U. Кларк ²³⁸U в почве составляет 12,4 Бк/кг, для осадочных пород – 39,7 Бк/кг, в почвах Прииссыккуля удельная активность ²³⁸U варьирует в пределах 42,3–106,6 Бк/кг, при среднем 70,6 Бк/кг. К_к составил (3,9–8,6), в среднем – 5,7.

²²⁶Ra. В почвах Прииссыккуля удельная активность ²²⁶Ra варьирует в пределах 59,4–111,7 Бк/кг, при среднем 75,6 Бк/кг. К_к составил (4,8–9), в среднем 6,1. Радиоактивное равновесие между ²³⁴Th/²²⁶Ra в почвах сдвинуто немного в сторону радия (0,94), однако для каштановых почв района с. Тюп оно составило (1,55), что свидетельствует о преобладающих концентрациях в почве урана.

²³²Th. Кларк ²³²Th в почве составляет 24,6 Бк/кг, для осадочных пород – 45 Бк/кг, в почвах Прииссыккуля удельная активность ²³²Th варьирует в пределах 61–112,2 Бк/кг, при среднем 72,9 Бк/кг. К_к составил (2,5–4,6), в среднем 2,9.

⁴⁰K. Кларковое содержание ⁴⁰K в земной коре составляет 655 Бк/кг, в почве – 370 Бк/кг. В по-

Таблица 7. Естественные радионуклиды в воде рек притоков и оз. Иссык-Куль

| Место отбора пробы | U (общий) Бк/л | Сумм. альфа-актив. Бк/л | ²²⁶ Ra Бк/л |
|-------------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|
| Оз. Иссык-Куль, пос. Кара-Ой | 1,79±0,18 | 1,80 | 0,013 |
| р. Булан-Сегету | 0,09±0,01 | 0,10 | 0,002 |
| р. Кичи-Ак-Суу | 0,17±0,02 | 0,20 | 0,009 |
| р. Туп | 0,23±0,02 | 0,23 | 0,016 |
| р. Каракол | 0,21±0,02 | 0,25 | 0,005 |
| Оз. Иссык-Куль, пос. Ак-Терек | 0,56±0,06 | 0,60 | 0,02 |

Таблица 8. Уровень концентрации радона в воде озера и некоторых горячих источниках

| № | Место отбора | Бк/л |
|----|--|------|
| 1 | г. Балыкчи северо-восток до 10 м от берега | 1,35 |
| 2 | г. Чолпон-Ата (Биостанция) артиз. вода | 2,06 |
| 3 | г. Чолпон-Ата до 5 м от берега | 1,66 |
| 4 | с. Григорьевка до 10 м от берега | 1,82 |
| 5 | с. Орукту до 10 м от берега | 2,52 |
| 6 | с. Орукту (горячий источник) | 3,31 |
| 7 | с. Тупский залив устья реки до 2 м от берега | 1,62 |
| 8 | с. Ак-Терек до 10 от берега | 1,88 |
| 9 | с. Жениш до 10 м от берега | 1,80 |
| 10 | с. Барскоон до 5 м от берега | 1,87 |
| 11 | с. Каджы-Сай до 5 м от берега (ниже хвоста) | 1,34 |
| 12 | с. Бар-Булак (горячий источник) | 2,57 |

чвах Прииссыккуля удельная активность ⁴⁰K варьирует в пределе 861–1012 Бк/кг, при среднем 929,4 Бк/кг. К_к составил (2,4–2,7), в среднем 2,5.

¹³⁷Cs. Уровень вмешательства (ПДУ) ¹³⁷Cs в почве составляет 15 Бк/кг, в почвах Прииссыккуля удельная активность ¹³⁷Cs варьирует в пределе 4,1–9,5 Бк/кг, при среднем 7,2 Бк/кг, что составляет (0,27–0,63), в среднем 0,48 ПДУ.

Удельная активность радионуклидов выше в верхних слоях почвы (0–5 см), чем в нижних, но не по всем изученным радионуклидам (табл. 4).



Рис. 4. Процесс измерения радона в почвенном покрове

Нами было исследовано содержание радиоактивного газа радона (²²²Rn) в почвенном покрове и прибрежных участках оз. Иссык-Куль (табл. 5).

В верхнем слое почвенного покрова уровень радона ниже и варьирует в пределах фоновых значений (7,4–74 мБк/м²×с), но на отдельных участках его концентрация увеличивается, так, например, в районе термальных источников – с. Орукту – 24,24 мБк/(м²×с), с. Бар-Булак – 28,48 мБк/(м²×с), Биологической станции – 30,61 мБк/(м²×с) (рис. 4).

Содержание радионуклидов в воде. Согласно исследованиям В.В. Ковальского (1968), воды рек Иссык-Кульской котловины в значительно большей степени обогащены ураном. Количество урана в водах рек Тон, Ак-Суу составляет 5,6·10⁻⁶ г/л. По данным И.С. Старика (1968), содержание элемента в реке Джергалан колеблется в зависимости от времени года и места отбора, от 2,8·10⁻⁶ до 1·10⁻⁵ г/л. Среднее содержание ²³⁸U в морской воде составляет 3·10⁻⁶г/л (0,1 Бк/кг).

В таблице 7 показаны результаты анализов естественных радионуклидов в воде рек прито-



Рис. 5. Измерение концентрации радона в воде озера (с. Орукту)

ков и озера Иссык-Куль (рис.5). Как видно из данных, содержание общего урана в озерной воде на порядок выше, чем в речной и среднего содержания в морской воде.

По нормам радиационной безопасности (НРБ-99) уровни вмешательства (УВ) радионуклидов в питьевой воде по ^{238}U составляют 3,1 Бк/кг, по ^{234}U – 2,9 Бк/кг.

Содержание радона в озере в среднем на одном уровне и колеблется от 1,34 до 3,31 Бк/л, при этом в районе термальных источников прибрежной зоны его уровень в среднем в два раза больше по сравнению с другими участками озера. Например, с. Орукту (горячий источник) – 3,31 Бк/л; с. Бар-Булак (горячий источник) – 2,57 Бк/л (табл. 8). В целом содержание радона в воде варьирует в пределах фоновых значений и ниже установленных норм.

В недалеком прошлом (конец 40-х годов XX века) Кыргызстан являлся крупнейшим производителем окиси урана для оборонной промышленности СССР. В республике работали ряд предприятий по добыче и переработке уранового сырья: Майлуу-Суу, Шакафтар, Мин-Куш, Ак-Тюз и Каджи-Сай. Накопление в окружающей среде отходов горнодобывающей промышленности привело к образованию техногенных биогеохимических провинций с избытком и новыми ассоциациями радиоактивных и химических элементов, одной из которых яв-

ляется техногенный урановый участок «Каджи-Сай», расположенный на южном побережье озера Иссык-Куль. Горнорудный комбинат Министерства среднего машиностроения СССР по переработке урановой руды функционировал с 1948 по 1969 г., впоследствии он был преобразован в электротехнический завод [2, 4, 5, 6, 8].

Окись урана извлекалась из золы бурых ураносодержащих углей. Отходы производства были захоронены, образовав хвостохранилище с общим объемом 400 тыс. м³ [7]. На территории хвостохранилища уровень экспозиционной дозы гамма-излучения варьирует в пределах 100–300 мкР/ч, на отдельных открытых участках до 1000 мкР/ч (рис. 6).

Результаты гамма-спектрометрического анализа по определению удельной активности радионуклидов в пробах поверхностного слоя грунта (0-10 см) Каджи-Сайского хвостохранилища представлены в таблице 9. Как видно из данных, высокое содержание урана (851,6 Бк/кг), очень много ^{226}Ra (3800 Бк/кг). Повышено содержание тория ^{228}Ac (97,7 Бк/кг), кларк в почве – 24,6 Бк/кг, для осадочных пород – 45 Бк/кг, кларк концентрации тория в пробах составил (Кк-3,97).

Повышено содержание ^{40}K (890 Бк/кг), кларк для почвы – 370 Бк/кг, кларк концентрации ^{40}K составил (Кк-2,4). Низкая активность искусственного радионуклида ^{137}Cs (2,1 Бк/кг), что является обычным для горной местности.

В рамках межгосударственной целевой программы «Рекультивация территорий государств – членов ЕврАзЭС, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств», разработана программа по реабилитации урановых хвостохранилищ Кыргызстана. Стоимость программы – 38,5 млн. долл. Срок реализации 2013 – 2018 годы. В том числе Кыргызской Республике – 16 млн. долл. США.

Выводы

- Мощность экспозиционной дозы радиационного фона по гамма-излучению на

Таблица 9. Удельная активность радионуклидов в поверхностном слое грунта хвостохранилища (Бк/кг)

| | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ^{234}Th | ^{226}Ra | ^{214}Pb | ^{214}Bi | ^{210}Pb | ^{228}Ac | ^{224}Ra |
| 851,6±9,2 | 3789,6±2 | 2946,1±7 | 2675,8±6 | 3337,2±16 | 97,7 ± 2,0 | 146,2 ± 12,1 |
| ^{212}Pb | ^{212}Bi | ^{208}Tl | ^{235}U | ^{227}Th | ^{40}K | ^{137}Cs |
| 109,4 ± 1,0 | 87,4 ± 5,5 | 97,9 ± 1,9 | 39,5 ± 0,9 | 162,9 ± 2,9 | 890 ± 11 | 2,1 ± 0,4 |



Хвостохранилище с радиоактивными отходами



Измерение радиационного фона на территории хвостохранилища



Защитная дамба, предотвращающая попадание радиоактивных отходов в оз. Иссык-Куль



Измерение радиационного фона на хвостохранилища после разрушения

Рис. 6. Общий вид техногенно уранового участка «Каджи-Сай»

территории Прииссыккуля не превышает предельно допустимых уровней, за исключением локальных участков, имеющих природный и техногенный характер:

- К малым участкам с повышенным естественным радиационным фоном относятся: береговые зоны пляжей с. Жениш и с. Ак-Терек, расположенные на южном берегу озера Иссык-Куль.
- К техногенным участкам - хвостохранилище с радиоактивными отходами в районе с. Каджи-Сай.

1. В пробах поверхностного слоя грунта (0-10 см) Каджи-Сайского хвостохранилища обнаружено высокое содержание урана (851,6 Бк/кг) и ^{226}Ra (3800 Бк/кг).

2. Содержание урана и радона в воде оз. Иссык-Куль варьирует в пределах фоновых значений и ниже установленных норм. В районе тер-

мальных источников прибрежной зоны содержание радионуклидов в среднем в два раза больше по сравнению с другими участками озера.

Список литературы

1. Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана // Наука и новые технологии. –1997. – № 1. – С.81–95.
2. Алексахин Р. М. Проблемы радиозологии: Эволюция идей. Итоги. – М: Россельхозакадемия, 2006. – С.880.
3. Быковченко Ю.Г., Быкова Э.И., Белеков Т.Б. и др. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана. – Бишкек, 2005. – 169 с.
4. Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземных организмов. – Бишкек, 2009. – 240 с.
5. Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б. К., Жолболдиев Б.Т. Радиобиогеохимическая оценка современного состояния биосферной терри-

- тории Иссык-Куль // Мат. межд. конф. «Сов. проблемы геоэкологии и сохранения биоразнообразия». – Бишкек, 2009. – С.77–81.
6. *Ковальский В.В., Воротницкая И.Е., Лекарев В.С. и др.* Урановые биогеохимические пищевые цепи в условиях Иссык-Кульской котловины // Труды Биогеохимической лаборатории. – М.: Наука, 1968. – Т. XII. – С.25–53.
 7. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
 8. *Мамытов А.М.* Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской Республики. – Бишкек: Кыргызстан, 1996. – 240 с.
 9. *Матыченков В.Е., Тузова Е.В.* Устойчивость изотопного состава урана в водах Иссык-кульского бассейна // Изучение гидродинамики оз. Иссык-Куль с использованием изотопных методов. – Ч.1. – Бишкек, 2005. – С.133–137.
 10. *Султанбаев А.С.* Сельскохозяйственные аспекты биогеохимии и радиоэкологии урана в горных ландшафтах Кыргызской ССР: Автореф. дис. ... д. биол. наук. – Обнинск, 1982. – 43 с.
 11. *Торгоев И.А, Алешин Ю.Г.* Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. – Бишкек: Илим, 2009. – 240 с.
 12. *Карпачев Б.М., Менг С.В.* Радиационно-экологические исследования в Кыргызстане. – Бишкек, 2000. – 56 с.
 13. *Djenbaev V.M., Shamshiev A.B., Jolboldiev B.T. et al.* The biogeochemistry of uranium in natural-technogenic provinces of the Issik-Kul // Uranium, Mining and Hydrogeology. German, Freiberg, 2008. P.673–680.

УДК 947.1 (575.2) (04)

КРАХ ВЕСТФАЛЬСКОГО МИРОУСТРОЙСТВА И «НОВЫЙ МИРОВОЙ ПОРЯДОК»

© 2015 г. Т.А. Абдырахманов

Представлено академиком А.Ч. Какеевым
Поступило 21.11.2015

Умирающий Вестфальский мировой порядок был заложен в 1648 году, когда был официально провозглашен конец Священной Римской империи. С тех пор, на протяжении 350 лет, Вестфальская система совершила полный цикл развития. От первоначального состояния многополярности она перешла в биполярность и в начале XXI столетия вступила в униполярный свой конец. В итоге мир оказался на пороге мондиалистского мироустройства под названием «новый порядок». И, кажется, что это есть не что иное, как реализация идей Трехсторонней комиссии, Бильдербергского клуба и др. проектов об установлении всемирного правительства или, как выражается французский политолог Жак Аттали, «планетарной политической власти». Однако в связи с деструкцией Вестфальского мироустройства все больше обостряется кризис цивилизации, усиливается глобальный хаос, неопределенность и требуется безотлагательный поиск оптимального мироустройства, отвечающий интересам всего мирового сообщества.

Ключевые слова: Вестфальский мир, Трехсторонняя комиссия, Бильдербергский клуб, Веннский конгресс, Версальский мир, Подсдамская система, гибридная война, новый мировой порядок, управляемый хаос, ИГИЛ, «Талибан», Мустафа Кемаль Ататюрк, Х.Асад

ВЕСТФАЛЬ ДҮЙНӨЛҮК ТАРТИБИНИН КЫЙРАШЫ ЖАНА «ЖАҢЫ ДҮЙНӨЛҮК ТАРТИП»

Кыйроого учурап бара жаткан Вестфаль дүйнөлүк тартиби, Улуу Рим империясынын кыйрашын расмий түрдө жарыялаган учурда, 1648-жылы түптөлгөн. Ошондон берки 350 жылдын аралыгында Вестфаль системасы өнүгүүнүн толук циклин басып өттү. Баштапкы көп полярдуу абалдан биполярдуу абалга өттү жана XXI кылымдын башында униполярдуу аякталышына кирди. Натыйжада, дүйнө «жаңы тартип» деген аталыштагы мондиалисттик түзүлүштүн босогосуна келип такалды. Ушунун өзү Бильдербергдик клуб идеяларын жана башка бүткүл дүйнөлүк өкмөттү же француз саясат таануучусу Жак Аттали айткандай, «планетардык саясий бийликти» орнотуу тууралуу Үч тараптуу комиссиянын долбоорун жүзөгө ашыруу эмеспи. А бирок, Вестфаль дүйнө түзүлүшүнүн деструкциясына байланыштуу цивилизациянын кризиси өзгөчө курчуп, глобалдык башаламандык, айкынсыздык күч алууда жана бүткүл дүйнөлүк коомчулуктун кызыкчылыктарына жооп берген оптималдуу дүйнө түзүлүштү милдеттүү түрдө табуу талап кылынууда.

Түйүндүү сөздөр: Вестфаль дүйнөсү, Үч тараптуу комиссия, Бильдербергдик клуб, Вена конгресси, Версаль дүйнөсү, Подсдам системасы, гибридик согуш, жаңы дүйнөлүк тартип, башкарылма башаламандык, ИГИЛ, Талибан, Мустафа Кемаль Ататюрк, Х.Асад.

THE COLLAPSE OF THE WESTPHALIAN WORLD ORDER, AND THE «NEW WORLD ORDER»

Dying Westphalian world order was founded in 1648, when the end of the Holy Roman Empire was officially proclaimed. Since then, over 350 years old Westphalian system overcame a full cycle of development. From the initial state of multi-polarity, it has passed into the bipolarity and at the beginning of the twenty-first century has entered a unipolar end. As a result, the world is on the verge of mondialist world order called «new order». And it seems that this is nothing else but the realization of the Trilateral Commission, Bilderberg and others ideas, projects on the establishment of a world government or as French political scientist Jacques Attali said, «planetary political power.» However, due to the destruction of the Westphalian, world order increasingly acutes crisis of civilization, growing global chaos, uncertainty and require urgent search for an optimal world order, for the interest of the world community.

Keywords: Westphalian world, Trilateral Commission, Bilderbergsky club, Wenski Congress, Treaty of Versailles, Potsdam system, growing global chaos, Hybridwar, Newworldolder, Controlledchaos, ISIS, Taliban, Mustafa Kemal Ataturk, H. Assad.

Общеизвестно, что человеческая история развивалась и развивается в рамках определенных мировых порядков. Например, до Вестфальского мирового порядка господствовало имперское мироустройство. Империи как гораздо более устойчивые государственные образования долгое время создавали необходимые условия для нормального развития ойкумены. И, наоборот, упадок империй сопровождал политико-правовой смутой, экономическими кризисами и морально-нравственными деградациями. Например, крах Священной Римской империи, Тридцатилетняя война (1618–1648 гг.) и хаос в Европе, поражение Османской империи в 1683 году под Веной и начало ее заката показали, что наступил конец имперской системы в мировой истории. А Вестфальский мир, подводящий итоги Тридцатилетней войны, стал Рубиконом между имперским мироустройством и мироустройством национальных государств. Следовательно, Вестфальский мир (1648г.) заложил основы нового мирового порядка на совершенно других принципах, доминантными субъектами которой стали выступать суверенные национальные государства. То есть новый мировой порядок был построен на государственно-центристских принципах, и именно национальное государство стало основополагающим условием для создания нового мирового порядка. Тем самым Вестфальский мир сокрушил папство и Священную Римскую империю, на руинах которых образовалось 355 национальных государственных единиц. Опрокинув Османскую империю, он косвенно или напрямую предоставил возможность становлению многим суверенным государствам.

Эпохи Вестфальской системы

В целом Вестфальская система просуществовала более 350 лет (1648–1991гг.), и в процессе своей эволюции прошла различные три эпохи с характерными особенностями.

Первая, евроцентрическая эпоха Вестфальской системы, берет свое начало с самого Вестфальского мира 1648 года и функционировала до начала Венской эпохи (1814г.). Фундаментальной основой данной эпохи Вестфальской системы стали идеи и принципы строительства суверенных национальных государств. Суверенитет стал важнейшим признаком националь-

ного государства в виде его самостоятельности во внутренней политике и независимой внешней политике. Благодаря этому национальные государства Европы стали независимы в осуществлении внутренней политики в рамках своих национальных границ, и все оказались на равных условиях, пользовались равными правами и возможностями. Суверенитет фундаментально и надолго закрепил невмешательство европейских государств во внутренние дела друг друга. Позже распространилось понятие суверенитета нации. В XX веке эти понятия были закреплены в Уставе ООН и других международных актах в виде основополагающих принципов о суверенном равенстве государств и праве наций на самоопределение.

Начало второй – Венской эпохи Вестфальского мироустройства было официально провозглашено Венским конгрессом (1814–1815гг.), подводящим итоги буржуазных революций в Европе и наполеоновских войн. Венским конгрессом впервые было введено понятие «Великие державы». К сожалению, именно эти «Великие державы» стали разрушать фундаментальные принципы Вестфальской системы, методически ущемляя и ограничивая суверенитет других государств. Принципиальная особенность Венской системы заключалась и в том, что она создала новую расстановку политических сил и геополитических сфер влияния в постреволюционной Европе. Она закрепила легитимность постреволюционных реставраций монархических династий и образовала «Священный союз» как коллективный орган безопасности новообразованных монархических империй. Таким образом, в основу Венской эпохи был вновь возвращен имперский принцип. Хотя имперский принцип мирового порядка на этот раз носил многополюсный характер. Ибо в эпоху Венской системы главную роль в мировой политике стали играть Британская, Французская, Германская, Австро-венгерская, Российская, Османская и Японская империи. Поэтому в последние годы Венской эпохи, то есть в 1910 году, в мире существовало всего лишь 15 суверенных государств. До 1910 года было 3 из нынешних 65 стран Ближнего Востока и Северной Африки. В Центральной Азии не было ни одного суверенного государства. Еще одной особенностью Венской

системы является постепенное ее превращение из европейской в глобальную систему. Хотя Венская система вначале имела евроцентрический характер, впоследствии стала началом установления глобальных мировых порядков. Постепенно Венская система включала в себя вопросы колоний, Восточной Европы, Средиземноморья, Северной Америки, и европейские порядки стали распространяться по всему миру. Венская эпоха была разрушена Первой мировой войной (1914–1918гг.).

Подводя итог двух мировых войн XX века Версальско-Потсдамская (1918–1991гг.) эпоха является третьей и последней эпохой Вестфальского мироустройства. Мировые порядки Версальско-Потсдамской эпохи вновь были построены на развалинах империй и представляли собой очередную глобальную постимперскую систему. По итогам первой мировой войны в результате социалистических революций и национально-освободительных движений перестали существовать фактически все империи. На их обломках образовались десятки суверенных национальных государств. Появились такие глобальные международные организации, как Лига наций, ООН, «Движение неприсоединения» и другие. И, казалось, что либерально-демократический мир стал бесповоротно поливариантным и окончательно многовекторным. Но мировые порядки Версальско-Потсдамской эпохи, эволюционируя из многополюсного Версальского проекта (1919гг.), сформированного по итогам первой мировой войны, после второй мировой войны трансформировались в биполярный Потсдамский (1945гг.) мировой порядок. В результате этого, несмотря на наличие глобальных международных организаций (Лига наций, ООН), несмотря на появление новых крупных государств третьего мира, вторая половина XX века прошла в борьбе узкого круга государств. В процессе этой борьбы и в ходе глобализации все больше сокращались ряды истинно суверенных государств, и мир превратился в арену борьбы только двух государств и двух систем.

Вестфальская система на пути своего краха

В целом история Вестфальской системы характеризуется всевозрастающей стремительностью перемен и ускоряющейся динамичностью

изменений принципов распределения глобальной власти. Соответственно, 350-летняя эволюция Вестфальского мироустройства прошла ряд характерных этапов развития. При этом самой главной тенденцией стала постепенная утрата национальными государствами своего суверенитета. То есть нация-государство как главный элемент и субъект глобального мироустройства постепенно стало уступать свое место международным наднациональным организациям или более сильным государствам. И это привело к глобальной десоверенизации фактических всех государств мира, что стало причиной возвращения имперских порядков. В этом можно убедиться, рассматривая следующие моменты.

Во-первых, эпохи Вестфальского мироустройства, теряя свою устойчивость стали меняться все быстрее и быстрее. Следовательно, мировые порядки различных эпох Вестфальской системы менялись все чаще и чаще. В итоге систематически девальвируя и деформируя основы Вестфальской системы, эти тенденции ускорили ее крах. Например, если фундаментальные основы первой, постимперской эпохи Вестфальского мира (1648–1811гг.) функционировали 166 лет, то порядки второй, Венской эпохи (1814–1914гг.), служили основой жизнедеятельности мира только 100 лет, а третья, Версальско-потсдамская эпоха (1919–1991гг.), перестала существовать в течение всего лишь 72 лет. Тем самым в начале XXI века Вестфальская система была окончательно демонтирована, и установлен «новый мировой порядок».

Во-вторых, в течение 350 лет Вестфальского мироустройства шла систематическая деструкция многополюсной политической конфигурации мира. И систематически сокращалось количество суверенных государств-участников международных процессов, что было прямым нарушением принципиальных основ Вестфальского мира. Более того, большинство государств мира не стали бороться за собственный суверенитет, а сознательно передавали его другим государствам или наднациональным международным организациям (ООН, Евросоюз и др.). Добровольно отказываясь от своего суверенитета, делегируя свое суверенное право другим, более крупным государствам и наднациональным международным организациям,

все больше государств мира превращались в полусуверенные государства. Самое главное – все больше и больше государств мира добровольно стали принимать свое подчиненное состояние как положенное, как закономерная данность современного мира. В этом смысле Э. Фромм оказался правым: «Человечество, получив свободу в конце средневековья и в период капитализма, в последующем стало склоняться к добровольному «бегству от свободы». В общем, все это привело к окончательному размыванию истинного суверенитета фактически всех государств мира, за исключением 2–3 государств. Например, если под Вестфальским договором поставили подпись представители 145 суверенных государственных образований Европы, то документы не менее судьбоносного Венского мира подписали руководители всего 62 суверенных государств Европы, а судьбу мира во время Потсдамской конференции решили лидеры только трех держав мира. А во второй половине XX века вершителями судьбы мира стали две так называемые «сверхдержавы» – СССР и США. И, наконец, в начале XXI века судьба поствестфальского мира оказалась в руках только одного государства – США. Таким образом, в поствестфальском мире все меньше мест остается для суверенных национальных государств и сбываются пессимистические предсказания И. Валлерстайна о печальной судьбе нации-государств. И, вероятно, их места займут такие формы государственности, как мировое правительство, корпорация-государство, регион-государство и другие. Следовательно, девальвация и ликвидация суверенитета национальных государств, их возрастающая недееспособность управлять политическими, экономическими, международными и другими процессами в пределах своих государств являются важнейшим фактором становления новой империи, о которой говорили американский литератор М. Хардти и итальянский философ А. Негри.

В-третьих, в процессе эволюции Вестфальской системы, особенно в динамичном XX веке, произошла колоссальная концентрация экономических богатств, военной мощи и властных полномочий в руках одного государства, занимающего всего 6,15% суши планеты и в котором проживают 4,5% населения мира.

Например, по некоторым экспертным оценкам, 97% вопросов современной мировой политики решается непосредственным участием США и из них около 90% решаются по его усмотрению. В руках США сосредоточена основная масса «пятой власти». Так, в списке 50 корпораций–лидеров мирового информационного бизнеса, опубликованном в журнале «Vanity Fair» (США), были упомянуты всего лишь четыре неамериканские компании. Или же, если в начале XXI века на мировом рынке информации доминировали всего шесть концернов-гигантов («большая шестерка»), то пять из них имели штаб-квартиру в США. На долю США приходится 25% мировой экономики. По данным Всемирного золотого совета, процентный коэффициент США в мировом золотом запасе составляет 74,5%. Около 60% валютных резервов мира переведены в доллары США и только 24% в евро. В США расположены штаб-квартиры 139 из 500 крупнейших мировых компаний. И что особенно важно в современных условиях – в структуре общемировых расходов на развитие новых технологий вклад США составляет 40%, России – меньше 1%. Современные США – мировой центр массовой культуры и образования. И, наконец, США – военная держава №1.

В-четвертых, если подойти системно, то нетрудно обнаружить, что эпохи Вестфальского мира развивались по «кондратьевскому» алгоритму. То есть они развивались по циклическому принципу от имперского (Священная Римская империя) прошлого к постимперской новой эпохе (Вестфальский мир 1648г.), а потом от постимперских принципов мироустройства возвращается к имперским мировым порядкам (Венский мир 1814г.), и обратно мир идет к постимперской (Версальско-потсдамский мир 1919-1991гг.) эпохе. Если следовать по данному циклическому порядку, то логическим продолжением «кондратьевского» алгоритма и логическим результатом краха Вестфальской системы является установление Неимперского «нового порядка» XXI века.

«Новый мировой порядок» и его контуры

Итак, в поствестфальский период складывается униполярный, но дезорганизованный и запутанный «новый мировой порядок» с геге-

монством США. В этой связи в 1991 году президент США Джордж Буш официально провозгласил, что «лишь Соединенные Штаты обладают необходимой моральной убежденностью и реальными средствами для поддержания «нового мирового порядка». А в 2015 году госсекретарь США по безопасности и глава Пентагона Эштон Картер заявил, что США будут защищать ... принципиальный международный порядок от попыток России и Китая изменить его. Словом, хотя характерной чертой поствестфальского мира является фрагментарность, хаотичность, высокий уровень конфликтности и некая неопределенность, стратегической задачей гегемона нынешней размытой и лабильной международной системы является установление «нового мирового порядка» с помощью тактики «управляемого хаоса».

В условиях «управляемого хаоса» идет открытое и латентное игнорирование ряда международных политико-правовых условий, девальвируется роль и статус международных организаций во главе с ООН, игнорируются их требования. Из-за чего ООН становится такой же недееспособной и неэффективной, как Лига наций накануне второй мировой войны. Ибо ООН тоже, как Лига наций, тщетно заседает, принимает какие-то решения, объявляет санкции, и совершает бутафорские акции. Но все они становятся менее эффективными. Поэтому, как образно выразил З. Бжезинский, «мир, как самолет на автопилоте, устремляется с возрастающей скоростью в неизвестном направлении». Тем самым мир незаметно и постепенно погружается в мрачную систему бессистемных процессов «управляемого хаоса».

«Управляемый хаос» как тактическое средство породило совершенно новую ситуацию в мировой политике – при кажущейся стабильности глобальной стратегической обстановки нарастает волна локальных конфликтов внешнего и внутреннего характера. Стремительно распространяются такие новые виды войн, как «гибридная война», «сетевая война», «асимметричная война», «бесконтактная война», «цветные революции», терроризм, экстремизм, джихадизм, такфиризм и т.д. Как показывает практика, в условиях войн «управляемого хаоса» ни экономическая мощь, ни наличие многочисленной армии, первоклассного тактического и

ядерного оружия не могут гарантировать безопасности практически всем континентам, регионам и государствам мира. Поэтому объектами этих войн стала бывшая Югославия, огромная территория «Большого Ближнего Востока», Украина, Кавказ и даже Европа. Несколько регионов, в том числе и Центральная Азия, находятся под реальной угрозой оказаться ареной следующего этапа «гибридной войны».

Фактически «гибридные войны» становятся новой формой третьей мировой войны. Соответственно, меняется характер современных войн. Если до середины XX века 80% всех войн в мире носили межгосударственный характер, то во второй половине XX – в начале XXI века 80% военных действий носят внутрисубъективный характер. В том числе не менее 20% из них можно охарактеризовать как гражданские войны, более 20% как террористические и более 45% как сепаратистские. В результате этих войн происходят потеря суверенитета, распад и полураспад национальных государств. В результате таких войн за последние 40 лет погибли более 16 млн. человек. Это намного больше, чем потери на фронтах первой мировой войны (более 10 млн. чел.). Только в 2014 году в 162 государствах мира, в которых проживают 99,6% населения планеты, жертвами террористов стали 32, 658 тыс. человек. Это в 9 раз больше, чем в начале XXI века (в 2000 году от терроризма в мире погибли 3, 329 человек). Экономический ущерб от терроризма в 2014 г. достиг 52,9 млрд. долл. США. Тревожно то, что экономические потери от терроризма увеличиваются с каждым годом, и потери за 2014 год превысили статистику 2000 года тоже в 10 раз. За 9 последних лет только экономические потери Ирака от терроризма составили 159 млрд. долларов США. А прогнозируемые экономические потери Египта, Ливии и Туниса из-за событий «арабской весны» и внутренних войн с 2011 года по 2015 год составили 225 млрд. долларов. Для сравнения скажем, экономические издержки первой мировой войны оцениваются от 180 до 230 млрд. долларов США.

На этом фоне все отчетливее формируется новая, поствестфальская глобальная политика, которая оказывает отрицательное влияние не только на суверенитет национальных государств. По всему миру идет грандиозная ликви-

дация суверенитета стран мира, уничтожение национальных государств и расчистка глобальной площадки для переформатирования всемирной империи. Ликвидация суверенных государств осуществляется с помощью слияния государств (Евросоюз), насаждения зависимого марионеточного режима (в результате «цветных революций») и путем прямой интервенции и оккупации (Ирак, Ливия, Сирия, Йемен).

Распад национальных государств в первую очередь касается исламского мира, где идет систематическое разрушение национальных государств. Например, фактически перестали существовать Ирак, Ливия, Сирия, Йемен с общим населением около 100 млн. человек. В результате ликвидации национальных государств, стирания их государственных границ появляются такие квазигосударственные объединения, как «Талибан», ИГИЛ, «Бока харам» и другие. В данное время на территории почти 60 стран мира существуют 120 непризнанных государств, и большинство из них относятся к исламскому миру.

Из-за слабости государственной власти почти в 50% стран исламского мира наблюдается перманентный политический кризис, а в 33% государств исламского мира национальные правительства фактически не контролируют ситуацию в своих странах. Например, в Афганистане, Ираке, Ливии, Сирии, Сомали, Судане, Чаде, Нигере, Нигерии, Западной Сахаре, Палестине и т. д. В около 20 странах исламского мира, где проживают примерно 50% мусульман планеты, произошли или продолжаются вооруженные конфликты. Есть реальная опасность, что волна распада национальных государств исламского мира, начавшаяся с Ближнего Востока, а потом охватившая страны Среднего Востока, перекинется на постсоветские мусульманские страны и дойдет до СУАР КНР, Восточной части России, в двадцати самых исламизированных регионах которой проживают около 20 млн. мусульман. И тогда создается реальная возможность для создания четвертого халифата (после Омеядского, Аббасидского и Османского) от Марокко до Урала, как вассальная часть всемирной Неоимперии XXI века.

Кризис национальных государств и пессимистическая перспектива исламского мира во

многом объясняются следующими моментами. Во-первых, это связано с продолжающимся распадом социалистического проекта и деструктивной стратегией «управляемого хаоса». По всему видно, что в данное время идет третья волна распада социалистического прошлого. Первой волной была ликвидация мировой социалистической системы, вторая волна – распад СССР. В последние годы идет распад государств «третьего мира», особенно распад некогда социалистически ориентированных мусульманских государств. Как известно, мусульманские страны, включая советские мусульманские республики СССР и 31 зарубежную страну исламского мира, получили различные формы государственности благодаря социалистическому проекту. И без военно-политической, экономической, идеологической, гуманитарной и моральной поддержки социалистической системы молодые национальные государства исламского мира оказались в очень сложном положении. Прошло время таких националистически и социалистически ориентированных лидеров, как М. К. Атаюрк, Г. А. Насер, Х. Асад, Я. Арафат, Б. Белла, Х. Бургиба, С. Хусейн, М. Каддафи, З. А. Бхутто, Б. Раббани, А. Ш. Масуд, Г. Хекматъяр и др., хотя многие из них дискредитировали себя. В общем, без крепких корней, соответствующих традиций, харизматичных лидеров и необходимых всенародных поддержек во многих странах мусульманского мира национальное государство оказалось несостоятельным. Во-вторых, во многих исламских странах распад национального государства происходит на фоне дискредитации идеологии позитивного национализма и роста популярности ислама. А ислам, как известно, по большому счету не приемлет национальность и национальную государственность. Более того, усиливающиеся исламские радикалы считают национальное государство чуждым для ислама и препятствием на пути осуществления основных догматов ислама, то есть создания всемирного халифата. Они считают единственно возможной формой правления мировой исламской уммой всемирный халифат и считают национальное государство куда более опасным злом, чем массовые убийства, хаос, голод, бедность, безграмотность. В-третьих, с одной стороны, поствестфальский исламский мир оказался расколотым

на проамериканские и пророссийские группы государств, а с другой стороны, исламский мир подвергается чудовищному сепаратизму и бессмысленной конфронтации по внутриисламским течениям.

В результате, как ни прискорбно, основными очагами «гибридных войн» становятся исламские государства. Тем самым «Дар уль-Ислам» (Земля ислама) из «Дар ус-Сульх» (Земля мирного существования) превращается в «Дар уль-Харб» (Земля войны). Ибо, как подчеркивается в «Глобальном рейтинге терроризма» (2014г.), высочайшая террористическая активность сконцентрирована в исламских государствах. В общей сложности в 5 исламских странах (Ирак, Нигерия, Афганистан, Пакистан, Сирия) погибли 78% всех человеческих жертв в 2014 году. Если сюда включить Йемен, Сомали, Ливия, Египет, Ливан и другие исламские государства, то получится внушительная сумма. Напротив, на страны Евроатлантического ареала приходится менее 2% всех мировых террористических акций. За последнее 15 лет в Европе, за исключением России, произошло всего 4 теракта, которые унесли жизни более 10 тыс. человек. Тогда как только в 2014 году жертвами террористов в мире стали 32,6 тыс. человек. В общем, ислам постепенно стал ассоциироваться с терроризмом. Например, итоги опроса Социологического института Алленбахе (Германия) показали, что в восприятии немцев от ислама исходит угроза. На вопрос об ассоциациях, которые у них вызывает слово «ислам», 83% опрошенных назвали «терроризм», 82% – «фанатизм и радикализм».

Таким образом, к сожалению, деструктивной ударной силой «управляемого хаоса», расчищающей планетарную платформу для глобального «нового мирового порядка» и для его глобальной религии, становится «Дар уль-Ислам». Точнее, его псевдоисламские силы, своими деяниями

дискредитирующие и деградирующие ислам и исламскую цивилизацию. Именно с их помощью некий планетарный злой гений осуществляет братоубийственные исламо-исламские войны, чудовищную демонизацию ислама, распространяет исламофобию и готовит апокалипсическое «столкновение цивилизаций».

Литература

1. *Балуевский Ю.* Стратегическая стабильность в эпоху глобализации / Ю. Балуевский // *Международная жизнь*. – 2009. – №8 – С.47–58.
2. *Бабурин С.П.* Мир империй: Территория государства и мировой порядок/ С.П. Бабурин. – СПб.: Изд. Р. Р. Асланова и «Юридический центр Пресс», 2009. – С.132
3. *Богатуров А.С.* С устареванием суверинитета не все просто / А.С. Богатуров // *Международная жизнь*. – 2010. – №2. – С.22–26.
4. *Косолапов Н.* Формирование глобального миропорядка / Н. Косолапов // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2008. – №11. – С.3–18.
5. *Наклеева А.* Управляемый хаос: движение к нестандартной системе международных отношений / А. Наклеева // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2008. – №9. – С.107–108.
6. «Экономисты оценили «потери глобальной экономики от терроризма. Planet today.ru
7. «Войны». <http://bookap.info/okolopsy|ponomarenko/g115.shtml>.
8. *Сажин В.И.* «О некоторых особенностях современного международного терроризма. <http://www.iimes.ru/rus/stat/2004/04-10-04.htm>
9. *Фурсов А.* «Управляемый хаос» RuTchacKer.org.>forum.
10. Ислам – не глобальный враг, мы не варвары. Krugozormagazin.com
11. *Исрапилов С.* «Гибель национального государства в мире ислама». arj.ru/publications/article22892.htm.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдырахманов Т.А., д.и.н., ректор КГУ им. И. Арабаева.

Алыбаев К.С., д.ф.-м.н., проректор Жалал-Абадского государственного университета.

Балбаев М.К., д.х.н., проф., вед. научн. сотр. лаборатории «Переработка минерального и органического сырья» Института химии и химической технологии НАН КР.

Болжиев Б.А., д.ф.-м.н., ст. научн. сотр. Института теоретической и прикладной математики НАН КР.

Борубаев А.А., академик НАН КР.

Дженбаев Б.М., д.б.н., директор Биолого-почвенного института НАН КР.

Жолболдиев Б.Т., научн. сотр. Биолого-почвенного института НАН КР.

Калдыбаев Б.К., научн. сотр. Иссык-Кульского государственного университета МОиН КР

Каримов К.А., д.ф.-м.н., Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР.

Кутанов А.А., академик НАН КР.

Молдобекова Э.М., к.м.н., Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева.

Мурзубраимов Б., академик НАН КР

Панков П.С., член-корр. НАН КР.

Самохвалова Т.П., к.ф.-м. н., Институт автоматизации и информационных технологий НАН КР

Снимщиков И., научн. сотр. Лаборатории лазерной технологии НАН КР.

Н. Сыдык уулу, научн. сотр. Лаборатории лазерной технологии НАН КР.

Тампагаров К.Б., к.ф.-м.н., директор Кочкор-Атинского колледжа.

Ташбаева Э.А., аспирант Института теоретической и прикладной математики НАН КР.

Токтоева Т.Э., научн. сотр. Иссык-Кульского государственного университета МОиН КР.

Шаршеналиев Ж., академик НАН КР.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Abdyrakhmanov T.A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Prof. rector of KSU Arabaev.

Alybaev K.S., Prof., Vice-Rector of Jalalabad State University.

Balbaev M.K., Dr.ch.s., prof., the Vedas. Scien. et al. laboratory "processing of mineral and organic raw materials" of the Institute of Chemistry and Chemical Technology, NAS KR.

Boljiev B.A., Institute of Mathematics and CS, University of Latvia, Institute of Theoretical and Applied Mathematics NAS KR.

Borubaev A.A., Academician NAS KR, Doctor of Physical and Mathematical Sciences NAS KR.

Djenbaev B.M., Dr. Prof. Biology and Pedology Institute of National Academy of NAS KR.

Zholbolduev B.T., Biology and Pedology Institute of National Academy of NAS KR.

Kaldybaev B.K., Issyk-Kul state university K. Tynystanov, Ministry of Education and Science of the Kyrgyz Republic.

Karimov K.A., Prof. Dr. Institute of Physicotechnical Problems and Materials Science of NAS KR.

Kutanov A.A., academician, Head of the Laboratory of Laser Technology, Institute of Physical and Technical Problems and Material Science, NAS KR.

Moldobekova E.M., Candidate of medical sciences, I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy.

Murzubraimov B., academician NAS KR.

Pankov P.S., corresponding member NAS KR.

Samokhvalova T.P., Cand n., Institute of Automation and Information Technology NAS KR.

Snimshikov I., scientific co-worker, Laboratory of Laser Technology, Institute of Physical and Technical Problems and Material Science, NAS KR.

N. Sydyk uulu, scientific co-worker, Laboratory of Laser Technology, Institute of Physical and Technical Problems and Material Science, NAS KR.

Tampagarov K.B., graduate student of the Institute of Theoretical and Applied Mathematics, NAS KR.

Tashbaeva E.A., graduate student of the Institute of Theoretical and Applied Mathematics NAS KR.

Toktoeva E.T., Issyk-Kul state university K. Tynystanov, Ministry of Education and Science of the Kyrgyz Republic.

Sharshenaliev J., academician NAS KR.

Оригинал-макет подготовлен в издательстве «Илим» НАН КР
Сверстано и отпечатано в издательстве «Илим» НАН КР

Редакторы: *Р.Д. Мукамбетова, Е.В. Комарова*
Компьютерная верстка *А.Ж. Малдыбаева*
Дизайн обложки *А.Ж. Малдыбаева*

Подписано к печати 29.12.15.
Формат 60×84 ¹/₈.
Печать офсетная.
Объем 9,0 п. л., 8,64 уч.-изд. л. Тираж 200 экз.

Учредитель: НАН КР

Издатель: НАН КР,
Издательство «Илим»,
720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265а