

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



SERIES

OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL

3 (289)

МАМЫР – МАУСЫМ 2013 ж.

МАЙ – ИЮНЬ 2013 г.

MAY – JUNE 2013

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Бас редактор
ҚР ҰҒА академигі
Б. Т. Жұмағұлов

Редакция алқасы:

физика-математика ғылымдарының докторы **Н. М. Темірбеков** (бас редактордың орынбасары), ҚР ҰҒА-ның академиктері **Н. Ж. Тәкібаев, С. Н. Харин, Т. Ш. Калменов, Н. Қ. Блиев, Б. Н. Мұқашев, М. Ө. Өтелбаев**, физика-математика ғылымдарының докторы **Қ. Қ. Қадыржанов**, физика-математика ғылымдарының докторы **Н. Т. Данаев**, физика-математика ғылымдарының докторы **Т. С. Рамазанов**, физика-математика ғылымдарының докторы **Ө. Ө. Өмірбаев**, химия ғылымдарының докторы **Н. Бейсен** (жауапты хатшы)

Главный редактор
академик НАН РК
Б. Т. Жумагулов

Редакционная коллегия:

доктор физико-математических наук **Н. М. Темирбеков** (заместитель главного редактора), академики НАН РК **Н. Ж. Такибаев, С. Н. Харин, Т. Ш. Кальменов, Н. К. Блиев, Б. Н. Мукашев, М. О. Отелбаев**, доктор физико-математических наук **К. К. Кадыржанов**, доктор физико-математических наук **Н. Т. Данаев**, доктор физико-математических наук **Т. С. Рамазанов**, доктор физико-математических наук **У. У. Умирбаев**, доктор химических наук **Н. Бейсен** (ответственный секретарь)

Editor-in-chief
academician of the NAS of the RK
B. T. Zhumagulov

Editorial staff:

doctor of physical and mathematical sciences **N.M. Temirbekov** (deputy editor-in-chief), academicians of the NAS of the RK **N. Zh. Takibayev, S. N. Harin, T. Sh. Kalmenov, N. K. Bliiev, B. N. Mukashev, M. O. Otelbaev**, doctor of physical and mathematical sciences **K. K. Kadirzhanov**, doctor of physical and mathematical sciences **N. T. Danaev**, doctor of physical and mathematical sciences **T. S. Ramazanov**, doctor of physical and mathematical sciences **U. U. Umirbaev**, doctor of chemical sciences **N. Beysen** (secretary)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая» I ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 3000 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18 www:akademianauk.kz
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

УДК 530.19

В. ДЖУНУШАЛИЕВ

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы)

НЕПЕРТУРБАТИВНОЕ КВАНТОВАНИЕ И ТУРБУЛЕНТНОСТЬ: СРАВНЕНИЕ

Аннотация

Производится сравнение вычислительных методов в непертурбативной квантовой теории поля и теории турбулентности. Главный результат заключается в том, что в обоих случаях имеется некоторая бесконечная система уравнений для функций Грина в 1-ом случае и для кумулянтов во 2-ом случае. Это позволяет использовать подобные математические методы для решения проблем в непертурбативной квантовой теории поля и при моделировании турбулентности. Обсуждается проблема замыкания бесконечной системы дифференциальных уравнений для функций Грина и кумулянтов.

Ключевые слова: непертурбативное квантование, турбулентность.

Кілт сөздер: пертурбативті емес кванттау, турбуленттік.

Keywords: nonperturbative quantization, turbulence.

Введение. Как известно, вплоть до настоящего времени проблемы квантования сильно взаимодействующих полей и возникновения турбулентности остаются нерешенными. Например, в квантовых хромодинамике и гравитации проблемой является то, что в обоих случаях нельзя применить фейнмановскую диаграммную технику. Это происходит из-за того, что диаграммная техника является пертурбативной техникой и не может применяться для квантования сильно взаимодействующих полей. Это происходит вследствие того, что диаграммная техника основывается на том, что слабовзаимодействующие поля можно описать как движение свободных частиц, взаимодействующих только в вершинах, но такая модель неприменима в случае сильно взаимодействующих полей. Проблема моделирования турбулентности заключается в том, что до сих пор не удается показать, каким образом появляется турбулентное (случайное) движение в жидкости, описываемой уравнениями Навье-Стокса.

По всей видимости, впервые методы непертурбативного квантования были использованы В. Гейзенбергом для квантования нелинейного спинорного поля [1]. Эта теория была им развита для построения модели электрона. Очевидно, что процедура непертурбативного квантования является намного более сложной задачей, чем процедура пертурбативного квантования. Это хорошо уже видно при сравнении с соответствующей классической физикой: линейные полевые уравнения (например, уравнения Максвелла) являются существенно более простыми объектами для исследования, чем нелинейные полевые уравнения (уравнения Янга-Миллса и уравнения Эйнштейна). В первом случае известны общие решения соответствующих уравнений, тогда как во втором случае нам известны только некоторые специальные решения (неабелевы монополи, инстантоны, решения в общей теории относительности).

В этой статье мы хотим показать, что между указанными выше проблемами непертурбативного квантования и моделирования турбулентности имеется вполне определенная математическая аналогия, заключающаяся в том, что в обоих случаях имеется бесконечная система зацепленных дифференциальных уравнений. В первом случае эта система описывает все функции Грина, во втором случае система описывает все кумулянты.

1. Уравнения непертурбативной квантовой теории поля и турбулентность: сравнение. В этом параграфе мы хотим показать, что техника непертурбативного квантования в квантовой теории поля (основанная либо на операторном уравнении (решение которого представляет огромные математические проблемы), либо на бесконечной системе уравнений для функций Грина) и моделирование турбулентного потока в

математическом смысле являются одной и той же проблемой: проблема решения бесконечной системы зацепленных дифференциальных уравнений. В теории турбулентности такая бесконечная система дифференциальных для кумулянтов всех порядков хорошо известна (детальное описание можно найти, например, в [2]).

1.1. Уравнения. В этом параграфе будут представлены исходные уравнения для функций Грина в непертурбативной квантовой теории поля и уравнения для кумулянтов в теории турбулентности. Для удобства читателя мы представим соответствующий текст в виде двух колонок: в левой колонке содержится информация, касающаяся квантования, а в правой колонке – информация, касающаяся турбулентности.

Квантовая хромодинамика	Турбулентность
<p>Классические $SU(N)$ ($N = 1, 2, \dots, N$) уравнения Янга-Миллса записываются следующим образом</p> $\partial_\nu F^{B\mu\nu} = 0 \quad (1)$ <p>где $F_{\mu\nu}^B = \partial_\mu A_\nu^B - \partial_\nu A_\mu^B + gf^{BCD} A_\mu^C A_\nu^D$ – тензор напряженности поля; $B, C, D = 1, \dots, N$ – цветные $SU(N)$ индексы; g – константа взаимодействия; f^{BCD} – структурные константы $SU(N)$ калибровочной группы. Согласно основной парадигме квантования все физические переменные (в данном случае поля A_μ^B) заменяются на полевые операторы $A_\mu^B \rightarrow \hat{A}_\mu^B$. Это приводит к следующему дифференциальному уравнению для операторов поля</p> $\partial_\nu \hat{F}^{B\mu\nu} = 0. \quad (2)$ <p>Уравнение (2) должно рассматриваться как основное уравнение при квантовании сильно взаимодействующего $SU(3)$ калибровочного поля.</p>	<p>В теории турбулентности предполагается, что уравнения Навье-Стокса содержат всю физику турбулентного потока (в правой колонке мы следуем [2])</p> $\rho \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \cdot \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial t_{ij}}{\partial x_j} \quad (3)$ <p>где v_i – скорость жидкости; ρ – ее плотность; p – давление; $t_{ij} = 2\mu s_{ij}$ тензор вязких напряжений; $s_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right)$ и μ – молекулярная вязкость.</p>

Таким образом исходными уравнениями для непертурбативного квантования и моделирования турбулентности являются уравнения (2) и (3), которые после усреднения приводят к бесконечным системам дифференциальных уравнений либо для функций Грина (в квантовой теории поля), либо для кумулянтов (при моделировании турбулентности).

1.2. Методика проведения вычислений. В этом параграфе мы хотим показать, что вычисления в непертурбативной квантовой теории поля и при моделировании турбулентности имеют схожие математические проблемы. Мы будем использовать $\langle \dots \rangle$ для квантового усреднения и $\overline{(\dots)}$ для статистического усреднения.

Квантовая хромодинамика	Турбулентность
<p>Нелинейное операторное уравнение (2) для оператора нелинейного квантового поля можно применить для определения среднего значения $\langle \hat{A}_\mu^B \rangle$ полевого оператора A_μ^B где $\langle \dots \rangle = \langle Q \dots Q \rangle$ и $Q\rangle$ является некоторым квантовым состоянием. Среднее значение $\langle A_\mu(x) \rangle$ получается при усреднении уравнения (2) по квантовому состоянию $Q\rangle$</p> $\langle Q \partial_\nu \hat{F}^{B\mu\nu} Q \rangle = 0. \quad (4)$ <p>Так как уравнение (2) содержит члены типа $G_{\mu\nu}^{BC} = \langle A_\mu^B A_\nu^C \rangle$, то используя эту процедуру, мы получаем в уравнении (4) функции Грина не только первого, но и следующих порядков также. Используя уравнение (2), можно получить уравнение и для этих функций Грина, умножая его на соответствующий оператор</p> $\langle Q \hat{A}^B(x) \partial_{\nu\gamma} \hat{F}^{B\mu\nu}(y) Q \rangle = 0. \quad (5)$	<p>Так как в турбулентном течении присутствуют случайные флуктуации всех физических величин, то для описания турбулентности используется статистический подход. Для полного статистического описания гидродинамических полей в турбулентном потоке необходимо иметь все многомерные совместные распределения вероятностей для этих полей в пространстве и времени. Но определение этих распределений является очень сложной проблемой, к тому же эти распределения сами по себе часто неудобны для применения из-за своей неуклюжести. Вследствие этого на практике часто используется временное усреднение для турбулентных полей. Нелинейность уравнений Навье-Стокса приводит к появлению потоков импульса, которые действуют</p>

Но это уравнение содержит функции Грина следующих порядков и так далее до бесконечности. Таким образом, повторяя эти шаги бесконечное число раз мы получаем бесконечную систему уравнений для всех функций Грина

$$\begin{aligned} \langle Q | \hat{A}^B(x_1) \text{Eq.} | Q \rangle &= 0, \\ \langle Q | \hat{A}^B(x_1) A^B(x_2) \text{Eq.} | Q \rangle &= 0, \\ \dots \\ \langle Q | \hat{A}^B(x_1) \dots A^B(x_n) \text{Eq.} | Q \rangle &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

Эти уравнения являются основными уравнениями в непертурбативной квантовой теории поля.

Такая система бесконечных дифференциальных уравнений не может быть решена аналитически и поэтому необходимо использовать какие-либо приближенные способы для того, чтобы обрезать бесконечную систему до конечной.

Один из возможных путей решения уравнений (6)-(8) следующий. Необходимо разложить n-ую функцию Грина

$$G_{\mu_1, \dots, \mu_n}^{B_1, \dots, B_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \langle A_{\mu_1}^{B_1}(x_1) \dots A_{\mu_n}^{B_n}(x_n) \rangle$$

как полилинейную комбинацию функций Грина меньших порядков

$$\begin{aligned} G_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &\approx \\ G_{n-2}(x_3, x_4, \dots, x_n) [G_2(x_1, x_2) - C_2] &+ \\ (\text{permutations of } x_1, x_2 \text{ with } x_3, x_n) &+ \\ G_{n-3} [G_3 - C_3] &+ \dots \end{aligned} \quad (13)$$

где $C_{2,3,\dots}$ – константы. Таким образом можно обрезать бесконечную систему уравнений (6)-(8).

Другим путем решения бесконечной системы уравнений (6)-(8) может являться выбор некоторого функционала (например, действия или глюонного конденсата в квантовой хромодинамике [8]), в котором все физические величины выражаются через функции Грина соответствующих порядков. После чего необходимо использовать некоторое физическое предположение для того, чтобы выразить более высокие функции Грина через функции Грина более низких порядков (например (13)). В результате мы будем иметь некоторый функционал, который можно использовать для получения соответствующих уравнений Эйлера-Лагранжа.

как напряжения во всем потоке. После чего необходимо получить уравнения для этих напряжений, но эти уравнения содержат дополнительные неизвестные величины и т.д. до бесконечности. Это замечание иллюстрирует проблему замыкания: т.е. установление достаточного количества уравнений для всех неизвестных кумулянтов (моментов).

Усреднение Рейнольдса

Введем мгновенную скорость $v_i(\vec{x}, t)$ как сумму средней скорости $V_i(\vec{x}, t)$ и флуктуирующей $v'_i(\vec{x}, t)$, так что

$$v_i(\vec{x}, t) = V_i(\vec{x}, t) + v'_i(\vec{x}, t) \quad (9)$$

После усреднения уравнения (3) получаем

$$\rho \frac{\partial V_i}{\partial t} + \rho V_j \frac{\partial V_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (2\mu S_{ji} - \overline{\rho v'_j v'_i}) \quad (10)$$

Уравнение (10) называется Рейнольдс-усредненное уравнение Навье-Стокса.

Величина $\overline{\rho v'_j v'_i}$ называется тензором напряжений Рейнольдса и обозначается как

$$\tau_{ij} = -\overline{\rho v'_i v'_j}. \quad (11)$$

Мы видим, что в этом случае появляются дополнительные 6 неизвестных величин τ_{ij} вследствие усреднения Рейнольдса. Необходимо отметить, что мы не получили дополнительных уравнений для этих величин. Эти неизвестные величины появляются дополнительно к первоначальному неизвестным: усредненные давление p и компоненты скорости v_i .

Сравнивая левую и правую колонки, мы видим, что процедура получения случаев бесконечных систем уравнений в обоих случаях практически одна и та же. Разница состоит только в том, что в первом случае мы усредняем квантовые поля, а во втором случае – статистические турбулентные поля.

2. Константа связи в квантовой теории поля и число Рейнольдса

Выше мы показали, что процедуры непертурбативного квантования и моделирования турбулентности имеют много общего. В этом параграфе мы хотим показать, что имеется нечто общее между планковской константой, числом Рейнольдса и константой связи в квантовой теории поля (здесь мы следуем [3]).

В статье [3] найдено интересное переплетение между константой связи в квантовой теории поля и числом Рейнольдса в гидродинамике.

Квантовая хромодинамика	Гидродинамика
<p>В квантовой теории поля имеется пертурбативный режим, в котором безразмерная константа связи</p> $\alpha^2 = \frac{1/\tilde{g}^2}{\hbar c} \quad (15)$ <p>достаточно мала $\alpha^2 < 1$, тогда как в непертурбативном режиме $\alpha^2 \geq 1$ (здесь \tilde{g} – размерная константа связи, \hbar планковская константа, c – скорость света). Например, постоянная тонкой структуры в квантовой электродинамике $\alpha^2 = e^2/\hbar c \approx 1/137$ (e – заряд электрона); $\alpha^2 \approx 0.1$ для слабого взаимодействия и $\alpha^2 \geq 1$ для сильного взаимодействия. В квантовой теории поля открытой проблемой является проблема непертурбативного квантования для $\alpha^2 \geq 1$.</p>	<p>Как известно, поведение потока жидкости зависит от числа Рейнольдса Re</p> $Re = \frac{\rho v l}{\mu} \quad (16)$ <p>где l – характеристическая длина данного потока. Если $Re < Re_{cr}$, то движение ламинарное, если $Re > Re_{cr}$, то движение турбулентное.</p>

Если переписать уравнение (16) как

$$Re = \frac{\rho v^2 l^4}{\mu l^3 v}, \quad (17)$$

то можно записать следующие размерные равенства: $[\rho v^2 l^4] = [1/\tilde{g}^2] = g \cdot cm^3/s^2$, $[\hbar] = [\mu l^3] = g \cdot cm^3/s$. Это позволяет предложить следующие соотношения

$$\begin{aligned} 1/\tilde{g}^2 &\leftrightarrow \rho v^2 l^4, \\ \hbar &\leftrightarrow \mu l^3, \end{aligned} \quad (18)$$

что в свою очередь позволяет сделать следующие аналогии:

- $\alpha^2 \leftrightarrow Re$.
- $\hbar = 0 \leftrightarrow \mu = 0$. В этом случае классическая теория соответствует идеальной жидкости.
- $\hbar \neq 0$ and $\alpha^2 < 1 \leftrightarrow \mu \neq 0$ and $Re < Re_{cr}$. В этом случае ламинарное течение соответствует пертурбативному режиму в квантовой теории поля.
- $\hbar \neq 0$ and $\alpha^2 \geq 1 \leftrightarrow \mu \neq 0$ and $Re > Re_{cr}$. В этом случае турбулентное течение соответствует непертурбативному режиму в квантовой теории поля.

3. Обсуждение. Таким образом, мы показали, что бесконечная система дифференциальных уравнений (либо для функций Грина (6)-(8), либо для кумулянтов (10)-(14)) является общей математической основой для непертурбативного квантования и моделирования турбулентности. Главная проблема при решении этих уравнений является проблема замыкания: обрезание бесконечной системы уравнений. Для такого обрезания необходимы какие-либо физические аргументы. Например, приближение 2-х скалярных полей в квантовой хромодинимике [4] или алгебраические модели, модель одного/двух уравнений, модель замыкания 2-ого порядка при моделировании турбулентности.

Существенным отличием непертурбативного квантования от турбулентности является то, что уравнения (6)-(8) являются эквивалентными операторному уравнению (2), тогда как для турбулентности это не так.

Необходимо отметить, что такого рода обрезание может приводить к физически некорректным результатам (отрицательные значения положительно определенных величин: плотности вероятности, дисперсии, рассеяние энергии и т.д.). Это происходит из-за того, что при ограничении конечным числом кумулянтов, строго говоря, плотность вероятности может и не существовать. Это тесно связано с недопустимостью произвольного обрезания ряда Тэйлора характеристической функции.

Отметим также, что в некоторых случаях квантовая хромодинамика ведет себя подобно идеальной жидкости [5, 6].

В заключение я хочу выразить благодарность финансовой поддержке гранту №1626/ГФЗ МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Heisenberg W. Introduction to the unified field theory of elementary particles. – Max-Planck-Institut fuer Physik und Astrophysik, Interscience Publishers London. – New York: Sydney, 1966.
- 2 Wilcox David C., Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries. – Inc. La Canada. – California, 1994.
- 3 Dzhunushaliev V. Flux tube in turbulent flow and quantum chromodynamics // AMCOS. – Vol. 1. – Issue 1, 2010. – arXiv:0907.3624 [physics.flu-dyn].
- 4 Dzhunushaliev V. SU(3) glueball gluon condensate // [arXiv:1110.1427 [hep-ph]].

5 Zakharov V.I. Gluon condensate and beyond // Int. J. Mod. Phys. A 14, 4865 (1999).

6 Torrieri G. Viscosity of An Ideal Relativistic Quantum Fluid: A Perturbative study // Phys. Rev. D 85, 065006 (2012).

REFERENCES

1 Heisenberg W. Introduction to the unified field theory of elementary particles. – Max-Planck-Institut fuer Physik und Astrophysik, Interscience Publishers London. – New York: Sydney, 1966.

2 Wilcox David C., Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries. – Inc. La Canada. –California, 1994.

3 Dzhunushaliev V. Flux tube in turbulent flow and quantum chromodynamics // AMCOS. – Vol. 1. – Issue 1, 2010. – arXiv:0907.3624 [physics.flu-dyn].

4 Dzhunushaliev V. SU(3) glueball gluon condensate // [arXiv:1110.1427 [hep-ph]].

5 Zakharov V.I. Gluon condensate and beyond // Int. J. Mod. Phys. A 14, 4865 (1999).

6 Torrieri G. Viscosity of An Ideal Relativistic Quantum Fluid: A Perturbative study // Phys. Rev. D 85, 065006 (2012).

Резюме

В. Жүнісәлиев

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

ПЕРТУРБАТИВТІ ЕМЕС КВАНТТАУ ЖӘНЕ ТУРБУЛЕНТТІК: САЛЫСТЫРУ

Пертурбативті емес кванттық өріс теориясы және турбуленттік теориясындағы есептеу әдістерін салыстыру жүргізіледі. Негізгі нәтиже – екі жағдайда да шексіз теңдеулер жүйесі бар, бірінші жағдайда Грин функциясы үшін, екінші жағдайда кумулянттар үшін. Ол пертурбативті емес кванттық өріс теориясы және турбуленттік үлгілеуде ұқсас математикалық әдістерді қолдануға мүмкіндік береді. Грин функциясы және кумулянттар үшін шексіз дифференциалдық теңдеулер жүйесінің тұйықталу мәселесі талқыланады.

Кілт сөздер: пертурбативті емес кванттау, турбуленттік.

Summary

V. Dzhunushaliev

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty)

NONPERTURBATIVE QUANTIZATION AND TURBULENCE: THE COMPARISON

The comparison of calculations methods in nonperturbative quantum fields theory and turbulence theory is made. The main result is that in both cases there is an infinite equations set. In the first case it is the equations set for Green's functions and in the second case it is the equations set for cumulants. It allows us to use similar mathematical methods to solve problems in nonperturbative quantum field theory and turbulence modeling. A closure problem of truncation of the infinite equations set is discussed.

Keywords: nonperturbative quantization, turbulence.

Поступила 15.04.2013г.

Д. М. НАСИРОВА

(Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы)

ТРЕХЧАСТИЧНЫЕ НЕЙТРОННЫЕ РЕЗОНАНСЫ И РЕАКЦИИ В ОБОЛОЧКАХ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

Аннотация

Рассмотрены трехчастичные нейтронные резонансы и реакции в оболочках нейтронных звезд, даны основные характеристики материи в оболочках нейтронных звезд и оценки реакций рассеяния нейтронов на двухядерных системах. Приведены результаты расчетов для нейтронного резонансного рассеяния на системах, состоящих из двух ядер ^{21}Ne , фиксированных в узлах кристаллической решетки в сверхплотной оболочке нейтронной звезды. Приведены формулы и результаты численных расчетов, описывающих энергетическую зависимость амплитуд ядерных реакций вблизи резонансных значений.

Ключевые слова: нейтронные звезды, нейтронная Ферми-жидкость, нейтронные резонансы.

Кілт сөздер: нейтрондық жұлдыздар, нейтрондық Ферми-сұйықтық, нейтрондық резонанстар.

Keywords: neutron stars, neutron Fermi liquid, neutron resonances.

Нейтронные звезды, или, как их иначе называют пульсары, представляют значительный интерес в современной физике и астрофизике поскольку их свойства являются не до конца понятыми. Пульсарами называют объекты, которые с чрезвычайной регулярностью испускают излучения в виде импульсов (пульсаций). Объяснения этих пульсаций связывают с быстрым вращением нейтронной звезды, ось вращения которой не совпадает с осью магнитных полюсов. Магнитное поле такой звезды имеет очень большую величину, так что излучение от звезды может исходить только по направлению магнитных полюсов. Если Земля периодически попадает под такой луч излучения, то его регистрирует, когда этот луч пересекает местоположение Земли. Считается, что пульсары образовались вследствие взрыва сверхновых, в котором внешние области разлетаются в космическое пространство, а внутренняя часть сдавливается и образует компактный звездный объект в частности нейтронную звезду [9].

Существование нейтронных звезд предсказывалось теоретиками еще в 30-х годах. Свое название такие компактные (или сверхплотные) звезды получили из-за того, что предполагалось, что их внутренние слои состоят в основном из нейтронов. Эти нейтроны образуются в твердых оболочках звезды вследствие гигантского гравитационного давления, которое вызывает реакции электронного захвата и образования нейтронов, а также нейтронообогащенные ядра.

Таким образом, нейтронные звезды являются результатом гравитационного коллапса нормальных звезд с массами лишь в несколько раз больше солнечной. В случае больших масс $M \gg 3M_{\odot}$ образуются «черные дыры», которые вообще не излучают [2]. Нейтронные звезды имеют очень маленькие размеры – 20–30 км в диаметре. Экстремальные условия, которые возникают при формировании нейтронной звезды, так сжимают атомы в ее внешних оболочках, что электроны срываются с атомных орбит и образуют вырожденный электронный Ферми-газ. Затем с увеличением давления, т.е. в более глубоких слоях оболочек электроны захватываются ядрами и, объединяясь с протонами, образуют нейтроноизбыточные ядра. Еще глубже из таких ядер выделяются («выпадают») нейтроны и нейтронные капли [2]. Так образуется нейтронная звезда.

Далее в мантии образуется ядерная жидкость, состоящая из нейтронов, протонов и электронов. Еще глубже, в ядре звезды, уже сама ядерная жидкость теряет свои свойства, образуя кварковую или странную субстанцию, свойства которой еще мало известны [8]. Сверхплотная ядерная жидкость в земных условиях взорвалась бы, подобно ядерной бомбе, но в нейтронной звезде она устойчива благодаря огромному гравитационному давлению.

Во внешних слоях нейтронной звезды давление и температура имеют значительно меньшие величины и материя во многом подобна веществу, и в обычных условиях, включая нормальные звезды и планеты, которую мы хорошо знаем из лабораторных экспериментов. Из-за того, что гравитационные силы даже на поверхности нейтронной звезды значительно больше земных, внешняя оболочка звезды представляет собой твердую корку толщиной всего около километра. Причем, как отмечалось выше, нейтронные звезды имеют колоссальную плотность, которая в центре звезды может в несколько раз превышать плотность самих атомных ядер. Отметим, что плотность тяжелых атомных ядер составляет в среднем $2.8 \cdot 10^{17}$ кг/м³ [7].

Из-за малого радиуса нейтронной звезды сила тяжести на ее поверхности чрезвычайно велика: примерно в 100 млрд. раз выше, чем на Земле. От коллапса эту звезду удерживает «давление вырождения» электронной

вырожденной Ферми-жидкости, а в более глубоких слоях нейтронный вырожденный Ферми-газ. Таким образом, нейтронная звезда состоит из плотного странного или кваркового ядра в центре звезды, затем жидкой мантии, в котором преобладают вырожденные нейтроны с примесью вырожденных протонов и электронов; внутренней части оболочки, образованной атомными ядрами, переобогащенными нейтронами; и внешней корки, которая представляет собой сверхплотную кристаллическую решётку, состоящую из ядер, погруженную в вырожденную электронную Ферми-жидкость [7].

Вырожденный электронный Ферми-газ это газ, в котором электроны распределены по различным квантовым состояниям в силу принципа Паули и полная энергия газа имеет наименьшее значение. При абсолютном нуле температуры эти электроны будут стремиться занять состояния с наименьшей энергией, равной $E = \frac{p^2}{2m_e}$, где p – импульс электрона, m_e – масса электрона.

При большой пространственной плотности электронов на один электрон приходится малый объем, и, следовательно, большой объем пространства импульсов. Т.е. при большой плотности импульсы свободных электронов должны быть велики, даже при нулевой температуре.

Результаты квантовомеханических расчетов показывают, что давление вырожденного электронного Ферми-газа описывается формулой $P = K\rho^{5/3}$ и является его уравнением состояния, здесь постоянная $K = 3 \cdot 10^6$, а ρ – плотность. Это давление компенсирует гравитационное сжатие. Вышеприведённое уравнение состояния справедливо для холодного (нерелятивистского) вырожденного электронного газа. Напомним, что температура даже в несколько миллионов градусов много меньше характерной Ферми-энергии электронов ($kT \ll E_F$), поэтому газ всегда остается вырожденным даже при значительной температуре [7].

Атомы во внешней коре полностью ионизованы и по существу являются «голыми» атомными ядрами. Энергетически выгодным является состояние вещества, когда эти ядра образуют кристалл. Т.е. вещество, из которого состоит нейтронная звезда, сжимается, и за счет увеличения внутреннего давления происходит упорядочение его структуры, т.е. образование кристаллической решетки. Это объясняется тем, что наружные электроны отрываются и становятся общими и вещество становится все более упакованным [8].

При $T \rightarrow 0$ ионы образуют кристаллическую решетку, где элементарный объем, приходящийся на одно ядро, определяется выражением $a = \left(\frac{3}{4\pi} n_A \right)^{1/3}$, где n_A – концентрация ядер, которая определяется как

$n_A = \frac{\rho}{m_A}$. В случае, если вещество находится в основном состоянии, то можно предположить, что между

ядрами имеется равновесие. Можно найти отвечающий равновесию изотоп в зависимости от плотности. При плотностях ниже $\sim 10^7$ г/см³ в основном состоянии находятся ядра ${}^{56}_{26}\text{Fe}$. А при плотностях, больше указанных, равновесию соответствуют ядра, которые обогащены нейтронами [2]. Например, на границе внешней и внутренней оболочек нейтронной звезды, где плотность $\rho \approx 4 \cdot 10^{11}$ г/см³ преобладают ядра ${}^{21}_{10}\text{Ne}$, для которого мы рассчитали концентрацию ядер $n_A = 1,2 \cdot 10^{34}$ см⁻³, элементарный объем, который приходится на одно ядро $a = 2,3 \cdot 10^{11}$. А расстояние между двумя ядрами равняется значению $d = 43\text{fm}$.

В оболочках нейтронных звезд давление так велико, что становится возможными следующие реакции, когда электроны «вдавливаются» в протоны $e^- + p^+ \rightarrow n + \nu_e$ и в результате образуется нейтронный вырожденный газ. Далее, нейтроны ведут к развитию других ядерных реакций, в частности, реакций резонансного типа.

Резонансные реакции с нейтронами хорошо определены в экспериментах. Резонансы и реакции с нейтронами являются важными в процессах цепных ядерных реакций деления, и, соответственно, во многих практических приложениях этих реакций. В силу этого, а также по причине отсутствия у нейтрона электрического заряда определяет эту частицу в ряд первостепенных при изучении особенностей ядерных резонансов, возникающих в сложных квантовых системах.

Нейтрон и трехчастичные реакции с участием нейтронов представляют собой исключительно важный объект исследований в астрофизике, об этом отмечается в работах (см. [3; 4] [5]).

Задача исследования являлось определением нейтронного резонансного рассеяния на системах, состоящих из двух ядер ${}^{21}\text{Ne}$, фиксированных в узлах кристаллической решетки в сверхплотной оболочке нейтронной звезды. Нейтроны с этими ядрами образуют парные резонансные состояния ${}^{21}\text{Ne}+n$ в S -волне, и эти резонансы имеют следующие значения энергий и ширин резонансов [6]:

- 1) $E_b = -18,4\text{keV}$ (значение энергии связанного состояния);
- $E_r = 261\text{keV}$ (значение энергии резонансного состояния);
- $\Gamma = 6\text{keV}$ (значение ширины резонанса);

$$2) E_b = -18.4keV$$

$$E_r = 402keV;$$

$$\Gamma = 6 keV.$$

Решения задач в квантовой механике трех тел сопряжено с проведением достаточно сложных численных расчетов [1]. Будем использовать весьма популярное представление для парных резонансных амплитуд рассеяния – Брейт-Вигнеровской формой резонансов [10]. Формула Брейта-Вигнера описывает энергетическую зависимость амплитуд ядерных реакций вблизи резонансных значений

$$\sigma^* = g\pi\lambda^2 \frac{\Gamma\Gamma_n}{(T_n - T_0)^2 + (\Gamma/2)^2} \quad (1)$$

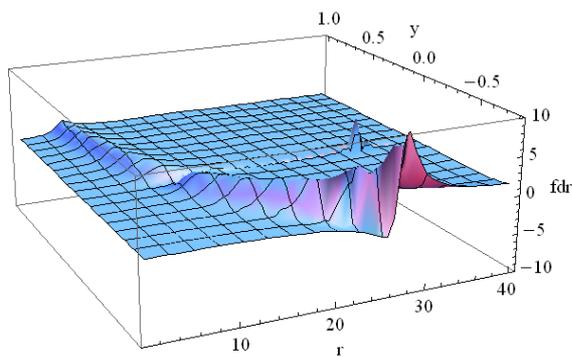
здесь λ – длина волны де Бройля, а g – статистический (спиновый) фактор:

$$g = \frac{2J+1}{(2I+1)(2s+1)}, \quad (2)$$

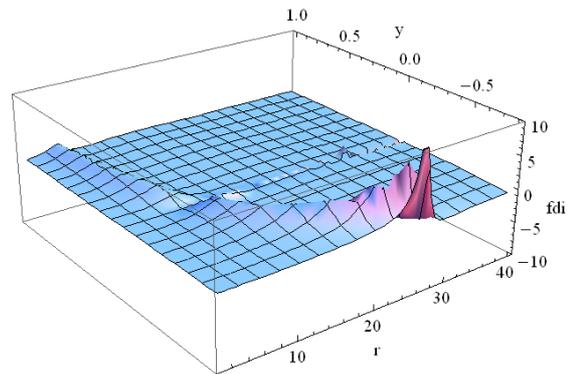
где J – спин возбужденного уровня промежуточного ядра; I – спин ядра-мишени; $S = 1/2$ – спин нейтрона; Γ_n – ширина уровня по отношению к упругому рассеянию нейтрона в данном резонансе.

Волновое число определяется как $k = \sqrt{\frac{E(keV)}{2.07}} \cdot 10^{-2} fm^{-1}$.

Результаты расчетов. Определим D -функцию усиления трехчастичной амплитуды. На рисунках даются кривые для реальной и мнимой частей функции D в случае рассеяния нейтрона на двух ядрах ^{21}Ne .

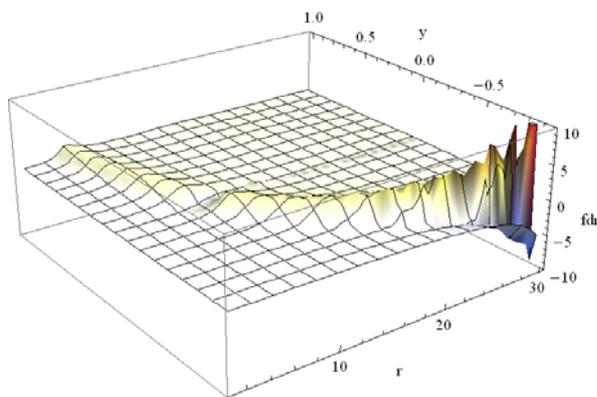


а) значение реальной части функции D

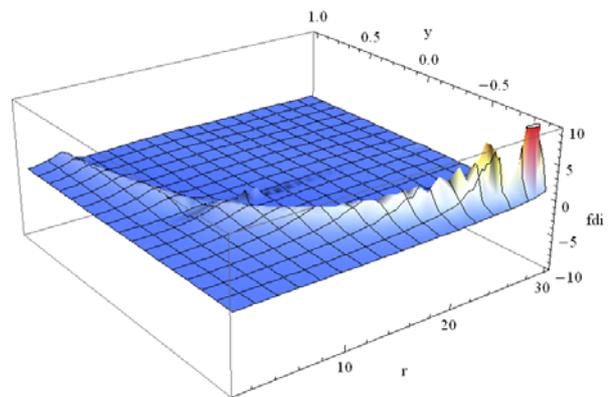


б) значение мнимой части функции D

Рисунок 1 – Двухчастичные параметры: $E_b = -18.4keV$, $E_r = 216keV$, $\Gamma = 6keV$.
Трехчастичный резонанс проявляется при $r = 29fm$



а) значение реальной части функции D



б) значение мнимой части функции D

Рисунок 2 – Двухчастичные параметры: $E_b = -18.4keV$, $E_r = 402keV$, $\Gamma = 6keV$.
Трехчастичный резонанс проявляется при $r = 31fm$

В реальной и мнимой частях рисунков можно наблюдать одновременное пересечение осей абсцисс, что соответствует долгоживущему трехчастичному состоянию [1]. Аналогичная картина наблюдается и для других нуклидов.

Результаты этих расчетов свидетельствуют о том, что нейтрон в резонансном состоянии может существовать достаточно долго, и это может приводить к разнообразным процессам, происходящим в звездах, например, стимулировать реакции синтеза и термоядерные реакции в этих звездах.

Схема расчетов. Расчетная программа записана в формате пакета прикладных программ Mathematika-8.

Program Ne21_Ne21_n_Almaty.nb is the program for calculations D-function of resonance series in S-wave for Ne(21) + Ne(21) + neutron.

Program is created in the case of one level for «n+Ne21»-subsystem with high level n_Ne(21) we have resonance series:

1) bound state with energy $E_b = -18.4$ keV in S-wave,

We determine wave-number as: $k_B = \sqrt{\frac{E(\text{keV})}{2.07}} * 10^{-2} \text{fm}^{-1}$;

2)

A) the resonance states are: $E_{res} = E_R - i \Gamma/2$; $l=1$. The first resonance has $E_R=261$ keV and $\Gamma=6000$ eV $\Gamma_n=6000$ eV;

B) the resonance states are: $E_{res} = E_R - i \Gamma/2$; $l=1$. The first resonance has $E_R=402$ keV and $\Gamma=6000$ eV $\Gamma_n=6000$ eV

«k0:=0.05025»

« insert the characteristics of bound state $k_i0 = k$ where $E_b = -k^2/2m$ »

$e_k := 18.4$;

$g_r := 6000$;

$e_r := 261$

$$k = \sqrt{\frac{e_k}{2.07}} * 10^{-2}$$

$\beta := 2$;

$m := 1$;

$x := 2$

«insert the characteristics of resonance state $k_{res1} = k_{r1} - i k_{i1}$ where $E_{res} = (k_{res1})^2/2m$ »

$$\langle \langle xt = \sqrt{\left(\frac{2 * Er(eV)}{Gr(eV)} \right) \wedge 2 + 1 - (2 * Er(eV))/(Gr(eV))} \rangle \rangle$$

« $bb = (2 * Er(eV))/(Gr(eV))$ »

$bb = (2 * e_r)/g_r * 10^3$

$xt = \sqrt{bb^2 + 1} - bb$

$$\langle \langle k_{R1} = \sqrt{\frac{Er(eV)}{0.207 * 10^{-2}}} \rangle \rangle$$

$k_R = k_{R1} / \sqrt{1 - xt^2}$ »

$$k_{R1} = \sqrt{\frac{e_r}{2.07}} * 10^{-2}$$

«N1[%]»

$k_{Ri1} = k_{R1} / \sqrt{1 - xt^2}$

« $k_{I1} := xt * k_{R1}$ »

$k_{I1} = xt * k_{R1}$

« $k_{In1} := (Gr(eV))/(Gr(eV)) * k_{I1}$ »

$k_{In1} = k_{I1}$

$k_{r1} = k_{R1} - I * k_{I1}$

$k_0 := k_{R1} * (1 + y)$

$k_02 = k_0^2$

$z = k_0 * r$

$$jr00 = -((\text{Cos}[z] + I * \text{Sin}[z]) / r)$$

$$\eta 0 = m / (k * (k + I * k_0))$$

$$\varepsilon \eta 0 = \sqrt{\frac{\kappa}{m}}$$

$$\varepsilon \eta 02 = \varepsilon \eta 0^2$$

$$jr01 = 2 / (z * r * \pi) * (\text{Sin}[z] * \text{CosIntegral}[z] - \text{Cos}[z] * \text{SinIntegral}[z]) - 2 / (r * \pi) * (\text{Cos}[z] * \text{CosIntegral}[z] + \text{Sin}[z] * \text{SinIntegral}[z]) - I * (\text{Sin}[z] / (z * r) - \text{Cos}[z] / r)$$

$$\eta 1 = (2 * m) / (k_0^2 - \text{Subscript}[k, r_1]^2)$$

$$\varepsilon \eta 1 = \sqrt{3 * \frac{\kappa_{m1}}{m}}$$

$$\varepsilon \eta 12 = \varepsilon \eta 1^2$$

$$jr10 = -jr01$$

$$jr11 = 1 / r * (2 / z^2 * (\text{Exp}[-I * z] - 1) - (z + 2 * I) / z * \text{Exp}[I * z])$$

$$a00 = 1 - jr00 * \xi \eta 02 * \eta 0 * jr00 * \xi \eta 02 * \eta 0 - \xi \eta 02 * jr01 * \xi \eta 12 * \eta 1 * jr10$$

$$a01 = -\xi \eta 02 * jr00 * \eta 0 * \xi \eta 0 * jr01 * \xi \eta 1 * \eta 1 - \xi \eta 0 * jr01 * \xi \eta 1 * \eta 1 * jr11 * \xi \eta 12 * \eta 1$$

$$a10 = -\xi \eta 1 * jr10 * \xi \eta 0 * \eta 0 * jr00 * \xi \eta 02 * \eta 0 - jr11 * \xi \eta 12 * \eta 1 * \xi \eta 1 * jr10 * \eta 0 * \xi \eta 0$$

$$a11 = 1 - jr10 * \xi \eta 02 * \eta 0 * jr01 * \xi \eta 12 * \eta 1 - jr11 * \xi \eta 12 * \eta 1 * jr11 * \xi \eta 12 * \eta 1$$

$$\text{det} = a00 * a11 - a01 * a10$$

$$\text{redet} = \text{Re}[\text{det}]$$

$$\text{imdet} = \text{Im}[\text{det}]$$

$$\text{fdr} = \text{redet} / (\text{redet}^2 + \text{imdet}^2)$$

$$\text{fdi} = \text{imdet} / (\text{redet}^2 + \text{imdet}^2)$$

$$\text{Plot3D}[\text{fdr}, \{r, 30, 50\}, \{y, -0.05, 0.1\}, \text{PlotRange} \rightarrow \{-10, 10\}, \text{AxesLabel} \rightarrow \{\langle r \rangle, \langle y \rangle, \langle \text{fdr} \rangle\}]$$

$$\text{Show}[\%, \text{ViewPoint} \rightarrow \{0, -2, 0\}];$$

$$\text{Plot3D}[\text{fdi}, \{r, 1, 40\}, \{y, -0.8, 1\}, \text{PlotRange} \rightarrow \{-10, 10\}, \text{AxesLabel} \rightarrow \{\langle r \rangle, \langle y \rangle, \langle \text{fdi} \rangle\}]$$

$$\text{Show}[\%, \text{ViewPoint} \rightarrow \{0, -2, 0\}];$$

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Такибаев Н.Ж. К проблеме небарионного излучения сверхплотных звезд // Сборник «Казахстанские космические исследования». – Т. 6. – 2010.
- 2 Шапиро С.Л., Тьюколски С.А. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды / Пер. с англ. – Ч. 1-2. – М., 1985.
- 3 Кузевский Б.М. Объект исследований Солнце // Наука в России. – 2002. – Т. 4. – С. 4-11.
- 4 Кузевский Б.М. Гамма-астрономия солнца и исследование солнечных космических лучей // УФН. – 1982. – Т. 137, № 2. – С. 237-265.
- 5 Дубовиченко С.Б., Такибаев Н.Ж., Чечин Л.М. // Физические процессы в дальнем и ближнем космосе // Изд. НКА РК. – Алматы: Дайк_Экспресс, 2008. – С. 120-224.
- 6 Mughabghab S.F., Divadeeman M., Holder N.E. Neutron Cross Sections. – Vol. 1. – Academic press, 1981.
- 7 Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
- 8 Киржниц Д.А. // ЖЭТФ. – 1960. – Т. 38, вып. 2. – С. 503; Труды по теоретической физике. – Т. 2. – Физматлит, 2001. – С. 321.
- 9 Haensel P., Potekhin A.Y., Yakovlev D.G. Neutron Stars // Kluwer Academic Publishers, 2007.
- 10 Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. – М.: Энергоатомиздат, 1993.

REFERENCES

- 1 Takibayev N.Zh. *Sbornik «Kazaxstanskije kosmicheskie issledovaniya»*, t. 6, **2010** g. (in Russ)
- 2 Shapiro S.L., Teukolski S.A. *per.s angl., ch.1-2, M., 1985* g. (in Russ)
- 3 Kuzhevski B.M. *Nauka v Rossii.* - **2002.** - T.4. - S.4-11
- 4 Kuzhevski B.M. *UFN.* - T. 137. - № 2, - **1982**, C.237-265
- 5 Dubovichenko S.B., Takibayev N.Zh, Chechin L.M. *Izd.NKA RK, Almaty, Dajk_Express,* - **2008.** - C. 120-224, (in Russ)
- 6 S.F.Mughabghab, M.Divadeeman, N.E.Holder *Vol.1, Academic press, 1981*
- 7 Shklovsky I.C. *M.: Nauka. 1984,* 384 c., (in Russ)
- 8 Kirzhnic D.A. *ZhETF. T.38. Vyp. 2. S.503. 1960. Trudy po teoreticheskoj fizike. T.2. Fizmatlit. S.321. 2001,* (in Russ)
- 9 P.Haensel, A.Y.Potekhin, D.G.Yakovlev *Kluwer Academic Publishers, 2007*
- 10 Muxin K.N. *M.: Energoizdat. 1993,* (in Russ)

Резюме

Д. М. Насирова

(Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.)

НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗ ҚАБЫҚШАСЫНДАҒЫ ҮШБӨЛШЕКТІК НЕЙТРОНДЫ РЕЗОНАНСТАР МЕН РЕАКЦИЯЛАР

Жұмыста нейтронды жұлдыз қабықшасындағы үшбөлшектік нейтронды резонанстар мен реакциялар қарастырылған және нейтронды жұлдыз қабықшасындағы материяның басты сипаттамалары мен қосядролы жүйедегі нейтрондардың шашырау реакцияларының бағалаулары берілген. Сонымен қатар, нейтронды жұлдыздың аса тығыз қабықшасындағы кристалдық тор түйіндерінде тіркелген ^{21}Ne қосядросынан тұратын жүйедегі нейтронды резонанстық шашыраулар үшін жүргізілген есептеулер нәтижесі келтірілген. Резонанстық мәндер жанындағы ядролық реакциялар амплитудасының энергетикалық тәуелділігін сипаттайтын сандық есептеулер нәтижесі мен формулалары берілген.

Кілт сөздер: нейтрондық жұлдыздар, нейтрондық Ферми- сұйықтық, нейтрондық резонанстар.

Summary

D. M. Nassirova

(Kazakh national pedagogical university named after Abai, Almaty)

THE THREE-PARTICLE NEUTRON RESONANCE AND REACTION IN NEUTRON-STAR CRUST

In this work the three-particle resonances and neutron reactions in the crust of neutron stars, are the main characteristics of matter in the crust of neutron stars and evaluation of the reactions of neutron scattering on dual-core systems. The results of calculations for neutron resonance scattering systems consisting of two neon nuclei, fixed in the crystal lattice in a superdense neutron star crust. The formulas and numerical results describing the energy dependence of the amplitudes of nuclear reactions near the resonance values.

Keywords: Neutron stars, neutron Fermi liquid, neutron resonances.

Поступила 15.04.2013г.

A. T. SARSEMBAYEVA, A. T. SARSEMBAY

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty)

11 APRIL 2013 SOLAR FLARE: MAGNETOHYDRODYNAMIC PROCESSES

Abstract

Was defined reconnection rate of solar flare observed with the SOHO Michelson Doppler Imager (MDI). Measured physical parameters solar flare of 11 April 2013, such as the temporal scale, size and magnetic flux density. Estimated reconnection inflow velocity, coronal Alfvén velocity, and reconnection rate using the observed values. The inflow velocity are distributed from a few km s^{-1} to several tens of km s^{-1} , and the Alfvén velocity in the corona are in the range from 10^3 to 10^4 km s^{-1} . Hence, the reconnection rate is 10^{-4} . We find that the reconnection rate in a flare tends to decrease as the GOES class of the flare increases.

Keywords: Solar flares, corona, magnetic fields, reconnection rate.

Кілт сөздер: Күн жарқылы, тәж, магнит өрісі, қайта ұштасу жылдамдығы.

Ключевые слова: Солнечные вспышки, корона, магнитное поле, скорость пересоединения.

INTRODUCTION. In the energy release process in solar flares, magnetic reconnection is generally considered to play a key role. The reconnection rate is an important quantity, because it puts critical restrictions on the reconnection model. It is defined as $M_A \equiv V_{in}/V_A$ in nondimensional form, where V_{in} is the velocity of the reconnection inflow and V_A is the Alfvén velocity. It gives the normalized value of the reconnected flux per unit time. In spite of its importance, what determines the reconnection rate in flares is still a question [1].

In spite of its importance, what determines the reconnection rate in flares is still a question. In the steady reconnection model of Sweet (1958) and Parker (1957), the reconnection rate is $M_A = (\text{Re}_m)^{-1/2}$, where $\text{Re}_m = (V_A L / \eta)$ is the magnetic Reynolds number defined with the Alfvén velocity, and η is the magnetic diffusivity, $\eta \sim 10^4 \left(\frac{T}{10^6 K}\right)^{-3/2} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. In the solar corona, if the resistivity is attributed to Coulomb collisions (Spitzer 1956), the typical value of Re_m is $\text{Re}_m \sim 10^{14}$, which means that $M_A \sim 10^{-7}$ and the estimated timescale of the flare is about 1 yr [4]. This is, of course, too slow to explain flares whose timescales are about 10^2 – 10^3 s. On the other hand, Petschek (1964) pointed out that the previous model lacks the effects of waves and suggested his model with $M_A \lesssim \pi / [8 \ln(8 \text{Re}_m)]$. The special feature of this model is that M_A has a weak dependence on Re_m . In this model $M_A \lesssim 10^{-2}$ when $\text{Re}_m \sim 10^{14}$, and the estimated timescale is consistent with the observed value [2].

DATA ANALYSIS. The amount of energy released during a flare, E_{flare} , can be explained by the magnetic energy stored in the solar atmosphere [1],

$$E_{flare} \sim E_{mag} = \frac{B_{cor}^2}{8\pi} L^3, \quad (1)$$

where L is the characteristic size of the flare and B_{cor} is the characteristic magnetic flux density in the corona. Since the released magnetic energy balances the energy flowing into the reconnection region, we can describe the energy release rate as [5]

$$\left| \frac{dE_{mag}}{dt} \right| \sim 2 \frac{B_{cor}^2}{4\pi} V_{in} L^2, \quad (2)$$

where V_{in} is the inflow velocity of the plasma. Therefore, the time required for the energy inflow to supply the flare energy is estimated as [3]

$$\tau_{flare} \sim E_{flare} \left(\left| \frac{dE_{mag}}{dt} \right| \right)^{-1} \sim \frac{L}{4V_{in}} \quad (3)$$

and this should be the timescale of the flare. Using this timescale, we can estimate the inflow velocity V_{in} as

$$V_{in} \sim \frac{L}{4\tau_{flare}}. \quad (4)$$

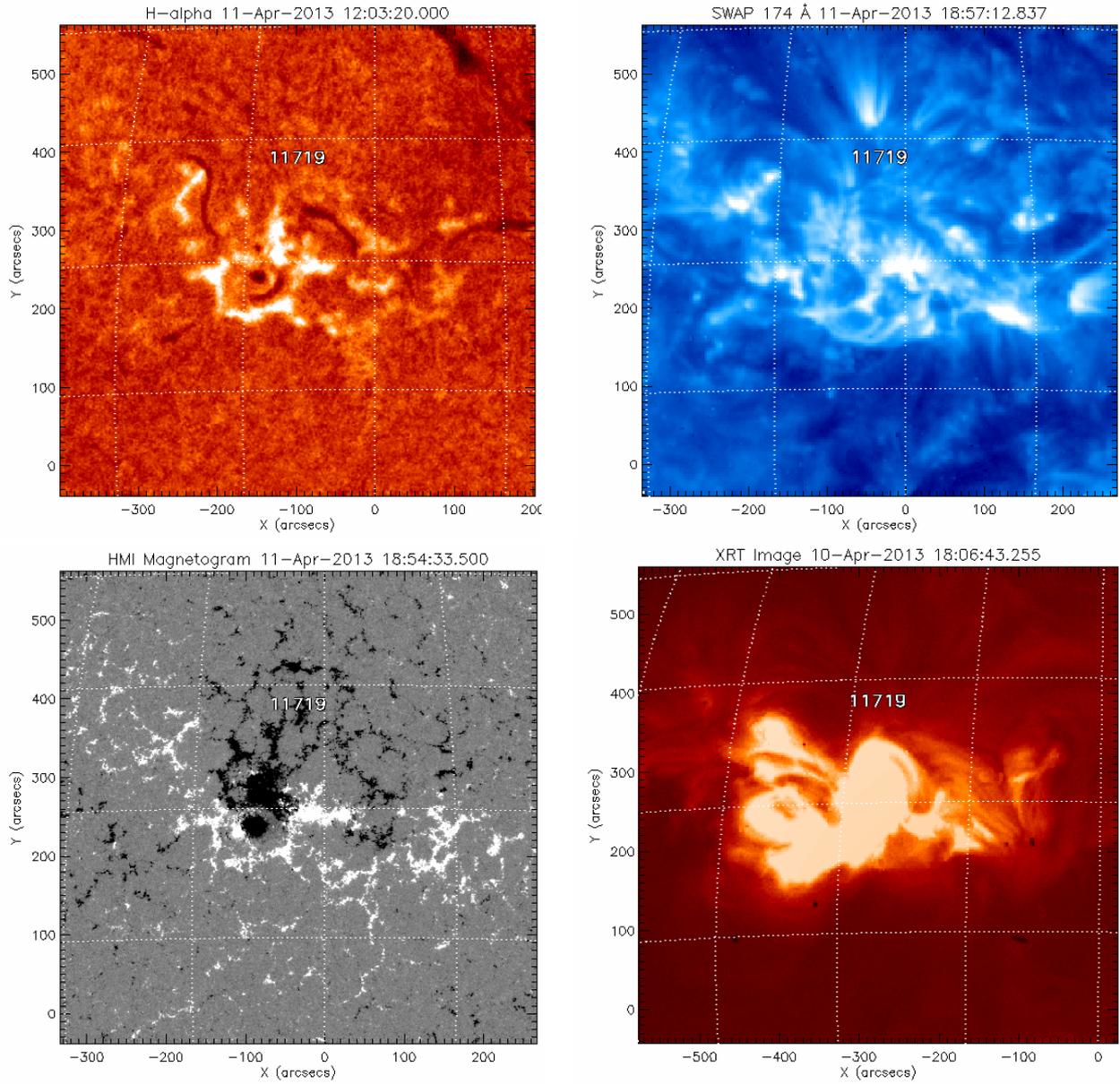


Figure 1 – The active region 11719 on the range H_{α} , SWAP 174Å, HMI Magnetogram, XRT [7]

To evaluate the reconnection rate in nondimensional form, $M_A \equiv \frac{V_{in}}{V_A}$, we must estimate the Alfvén velocity in

the inflow region: $V_A = \frac{B_{cor}}{(4\pi\rho)^{1/2}}$. Hence, if we measure the coronal density ρ , the spatial scale of the flare L , the magnetic flux density in the corona B_{cor} , and the timescale of flares τ_{flare} , we can calculate inflow velocity V_{in} , Alfvén velocity V_A , and reconnection rate M_A [1].

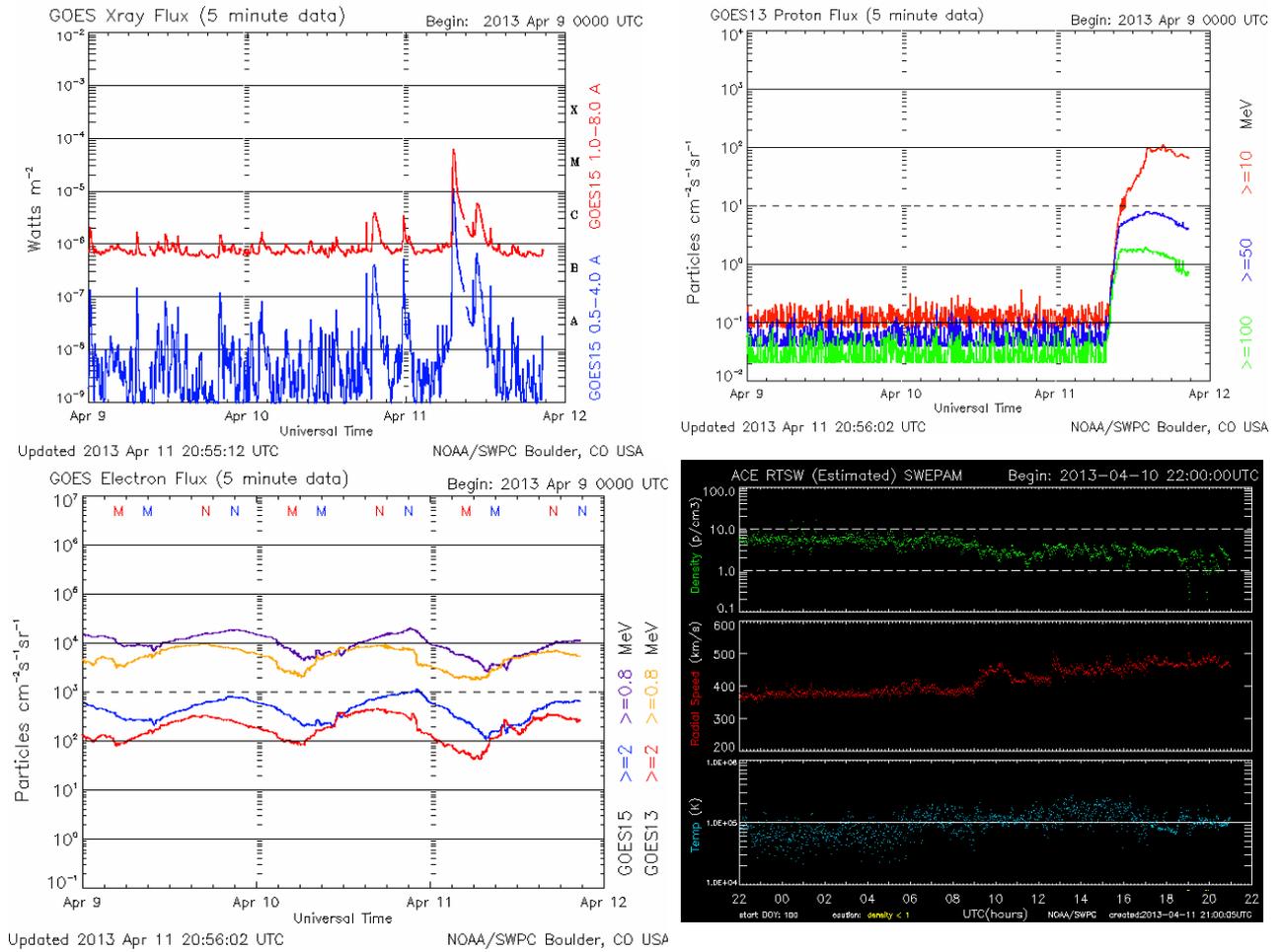


Figure 2 –The total flux of the proton, electron and X-rays (data from GOES 13 and GOES 15 [7])

RESULTS

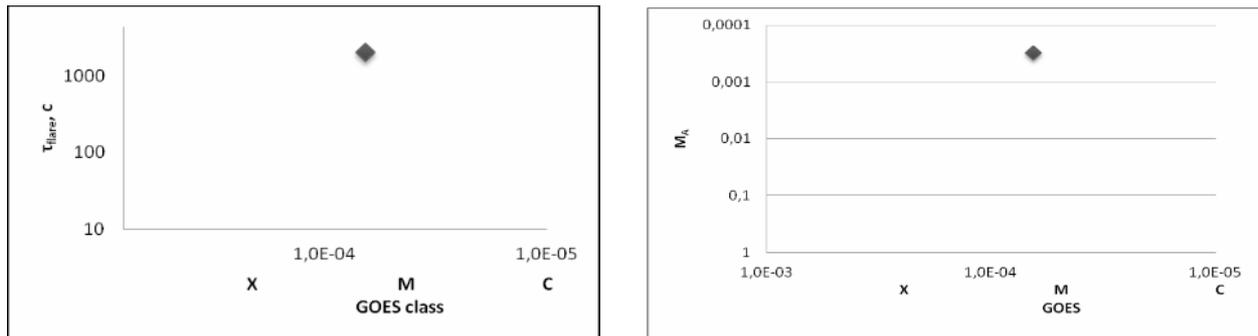


Figure 3 – Timescale τ_{flares} , reconnection rate M_A plotted against the GOES class of each flare

Using the above described method, we analyze solar flare of 15 April that have been registered in 2013 year. Examined the dependence of the reconnection rate from GOES class of solar flares. Figure 3 shows the dependence of the reconnection rate from GOES class.

CONCLUSION. The values of reconnection rate are distributed in the range from 10^{-4} . Here, the value of the reconnection rate decreases as the GOES class increases. The value of the reconnection rate obtained in this is within 1 order of magnitude from the predicted maximum value of the Petschek model.

REFERENCES

- 1 Nagashima K. Statistical study of the reconnection rate in solar flares observed with Yohkoh SXT // *ApJ*, 647, 654, 2006.
- 2 Nitta S. // *ApJ*, 610, 1117, 2004.
- 3 Parker E.N. // *J. Geophys. Res.*, 62, 509, 1957.
- 4 Petschek H.E. // *The Physics of Solar Flares* / Ed. W. N. Hess (Washington: NASA), 425, 1964.
- 5 Sarsembayeva A.T. Definition of reconnection rate of solar flares registered in 2011–2012 years // *Adv. Studies Theor. Phys.* – 2012. – Vol. 6, N 28. – P. 1405-1408.
- 6 Sweet P.A. // *IAU Symp. 6, Electromagnetic Phenomena in Cosmical Physics* / Ed. B. Lehnert (Cambridge: Cambridge Univ. Press), 123, 1958.
- 7 <http://www.SolarMonitor.org>

Резюме

А. Т. Сәрсембаева, А. Т. Сәрсембай

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

2013 ЖЫЛДЫҢ 11 СӘУІРДІҢ КҮН ЖАРҚЫЛЫ: МАГНИТТИГРОДИНАМИКАЛЫҚ ҮРДІСТЕРІ

Күн жарқылының қайта ұштасу жылдамдығы SOHO Michelson Doppler Imager (MDI) бақыланды. 2013 жылдың 11 сәуірінде тіркелген күн жарқылының физикалық параметрлері, яғни кеңістік көлем, өлшемі және магнит өрісінің тығыздығы. Ағынның қайта ұштасу жылдамдығының, тәждік Альфвен жылдамдығы және ұштасу жылдамдығының мәндері анықталды. Ағынның жылдамдығы бірнеше кмс⁻¹, ал тәждегі Альфвен жылдамдығы 10³–10⁴ кмс⁻¹ аралығында таралған. Жарқылдағы қайта ұштасу жылдамдығының мәні GOES класының өсуіне байланысты азайып отыр деп есептейміз.

Кілт сөздер: Күн жарқылы, тәж, магнит өрісі, қайта ұштасу жылдамдығы.

Резюме

А. Т. Сәрсембаева, А. Т. Сәрсембай

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы)

МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКИ 11 АПРЕЛЯ 2013

Скорость пересоединения солнечной вспышки наблюдалась в SOHO Michelson Doppler Imager (MDI). Были измерены физические параметры солнечной вспышки, зарегистрированной 11 апреля 2013 года, т.е. пространственный масштаб, размер и плотность магнитного потока. Оценена приблизительная скорость пересоединения притока, корональная альфвеновская скорость и скорость пересоединения. Скорость притока распространяется от нескольких кмс⁻¹ до нескольких десятков кмс⁻¹, а Альфвеновская скорость в короне находится в диапазоне от 10³ до 10⁴ кмс⁻¹. Следовательно, скорость пересоединения 10⁴. Мы считаем, что скорость пересоединения во вспышке уменьшается с увеличением класса вспышки, зарегистрированной спутником GOES.

Ключевые слова: солнечные вспышки, корона, магнитное поле, скорость пересоединения.

Поступила 15.04.2013г.

УДК 533.15

Ю. И. ЖАВРИН¹, В. Н. КОСОВ², М. К. АСЕМБАЕВА¹,
В. МУКАМЕДЕНКЫЗЫ¹, О. В. ФЕДОРЕНКО¹

(¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы,
²Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы)

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФФУЗИИ КОМПОНЕНТОВ В ГАЗОВЫХ СИСТЕМАХ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД, АЗОТ, МЕТАН В РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ

Аннотация

Рассчитаны температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии водорода, азота и метана при различной их концентрации в трех трехкомпонентных газовых системах в интервале температур 298,0–1000,0 К. Указанные компоненты используются при синтезе аммиака из природного газа. Полученные результаты могут быть рекомендованы в качестве справочных данных.

Ключевые слова: эффективный коэффициент диффузии, азот, метан, водород.

Кілт сөздер: тиімді диффузия коэффициенті, азот, сутегі, метан.

Keywords: effective diffusion coefficient, nitrogen, methane, hydrogen.

Температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии (ЭКД) газов в многокомпонентных системах на сегодняшний день вообще не представлены в справочной литературе, а число публикаций по данной тематике весьма ограничено. В качестве примеров можно привести синтез аммиака из природного газа, горение газообразного топлива и ряда других процессов, для которых такая информация необходима и важна, так как позволяет приблизить описание процесса и производства ближе к реальным условиям.

В данной публикации представлены расчеты показателей степеней температурных зависимостей ЭКД газов для трех тройных систем, компоненты которых в той или иной мере используются при синтезе аммиака. Основным источником информации по данной работе явилась таблица рекомендуемых справочных данных (РСД) по ЭКД, аттестованных ВНИЦ МВ Госстандарта СССР [1] и публикация в Инженерно-физическом журнале [2]. Эффективные коэффициенты диффузии, приведенные в таблице, были измерены двухколбовым методом, в диапазоне давлений 0,2–1,0 МПа и концентраций компонентов в бинарных смесях от 0,3 до 0,9 мольных долей в изотермических условиях при $T = 298,0$ К, с анализом смесей газов на хроматографе. Погрешность в измерении ЭКД находилась в интервале от 4 до 9%.

Полученные данные позволяют полнее раскрыть механизм диффузионного процесса в сложных газовых смесях с изменением температуры, дать оценку переносу каждого компонента и суммарного массопереносу в целом, не прибегая к дорогостоящим экспериментам и представить конечный результат в компактной форме в виде функциональных зависимостей.

В данной работе температурная зависимость ЭКД компонентов представлена в виде полуэмпирической формулы аналогичной формуле степенной зависимости коэффициента взаимной диффузии (КВД) от температуры

$$D_{Ti}^{\text{эф}} = D_{0i}^{\text{эф}} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{n_i}, \quad (1)$$

где n_i – показатель степени, а $D_{0i}^{\text{эф}}$ – ЭКД i -го компонента для начальной температуры T_0 (в наших расчетах $T_0 = 298,0$ К).

Такое представление вполне оправдано, так как метод эффективного коэффициента диффузии основан на том предположении, что процесс многокомпонентного массопереноса можно описать ЭКД [3, 4], который в случае бинарной системы будет тождественен КВД. Формально это утверждение для одномерного случая записывается в виде первого закона Фика

$$j_i = -D_i^{\text{эф}} \frac{dc_i}{dx}, \quad (2)$$

где j_i , c_i – плотность диффузионного потока и концентрация i -го компонента, соответственно.

Таким образом, поток i -го компонента в k -компонентной газовой смеси определяется только градиентом данного компонента и его ЭКД.

Апробация этого метода на многочисленных экспериментах, в том числе и по определению температурных зависимостей ЭКД (см., например, [5]) показала, что он физически правильно описывает диффузионный процесс с достаточной для практики точностью и, кроме того, прост в использовании [6, 7].

В литературе приводится ряд записей выражений для ЭКД. Мы будем использовать выражение, которое легко проверяется в диффузионных экспериментах

$$D_i^{\text{эф}} = D_{ii}^* + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{k-1} D_{ij}^* \frac{dc_j}{dc_i}, \quad (3)$$

где D_{ii}^* , $D_{ij}^* = f(D_{ij}, y_i, y_j)$ – главные и перекрестные «практические» коэффициенты диффузии (ПКД) или матричные коэффициенты многокомпонентной диффузии (МКМД); dc_j / dc_i – отношение, связывающее изменение концентрации j -го компонента с изменением концентрации i -го компонента; D_{ij} – КВД пары газов i и j ; y_i , y_j – мольные доли компонентов i и j .

Выражение (3) в локальных величинах сложно для применения, поэтому его упрощают, заменяя его интегральным (усредненным по всему диффузионному слою) ЭКД i -го компонента в k компонентной смеси. Отношение градиентов заменяют отношением разностей концентраций компонентов между точками 0 и L на границах диффузионного слоя. В зависимости от распределения компонентов внутри системы зависит знак ЭКД, который может быть как положительный, так и отрицательный.

В случае трехкомпонентной смеси (3) для интегрального значения ЭКД имеет вид

$$\bar{D}_i^{\text{эф}} = \frac{\left[(1 - \bar{y}_i) D_{ij} D_{ik} + \bar{y}_i D_{jk} D_{ik} + \bar{y}_i (D_{ik} D_{jk} - D_{ij} D_{jk}) \frac{(c_j^L - c_j^0)}{(c_i^L - c_i^0)} \right]}{\bar{y}_i D_{jk} + \bar{y}_j D_{ik} + \bar{y}_k D_{ij}}. \quad (4)$$

Измерения ЭКД согласно [1] можно теми же методами, что и КВД, поэтому нами использовались двухколбовые диффузионные аппараты [8]. Конструкция аппарата, приборов и узлов, входящих в экспериментальную установку, а также методика работы детально описаны в [9]. Первый аппарат имел следующие параметры: объемы верхней и нижней колб – $V_в = V_н = 76,9$ см³; длина и диаметр диффузионного канала $L = 7,055$ см и $d = 0,4$ см, а второй – $V_в = V_н = 62,0$ см³; длину и диаметр канала $L = 7,055$ см и $d = 0,330$ см соответственно. Комплекс геометрических размеров, так называемая постоянная прибора $B = L_{\text{эф}} \cdot V_в \cdot V_н / S \cdot (V_в + V_н)$, (здесь S – площадь поперечного сечения канала, а $L_{\text{эф}}$ – эффективная длина диффузионного канала [10]) для первого аппарата была равна – 2215 см², а для второго – 2653 см². В представленных расчетах использовался аппарат, постоянная которого была равна 2500 см².

В данной работе через численный эксперимент были определены показатели степеней температурных зависимостей ЭКД компонентов для систем: 1. $\text{H}_2 + \text{CH}_4 - \text{N}_2$, 2. $\text{H}_2 - \text{N}_2 + \text{CH}_4$ и 3. $\text{CH}_4 - \text{N}_2 + \text{H}_2$, в которых концентрации газов бинарных смесей изменялись в широких пределах в интервале температур 298,0–1000,0 К и давлении равном 0,101 МПа.

Ограничения, которые при работе с этими системами отмечены в [1], были приняты нами во внимание. Во-первых, газы и их смеси, идеальные в данном интервале давлений. Во-вторых, для первой и третьей систем при концентрациях водорода в бинарных смесях более 0,8 мольных долей перенос метана в системе (1) и азота в системе (3) в колбах диффузионного аппарата ничтожен (эти газы, как бы «заперты»), хотя

другие компоненты значительно изменяют свою концентрацию. Это явление при нестационарной диффузии получило название «диффузионного затвора» [11].

Для проведения расчетов температурных зависимостей ЭКД компонентов согласно (1) необходимо знать значения $D_{oi}^{эф}$ для каждого компонента смеси при $T_0 = 298,0$ К и показатель степени температурной зависимости n_i . Однако, так как n_i неизвестны, то их определение состояло из следующих последовательных операций.

Во-первых, используя справочные данные о температурных зависимостях КВД пар газов, входящих в системы, рассчитывались КВД при соответствующих температурах от 298,0 до 1000,0 К с интервалом в 100,0 К. Показатели степеней температурных зависимостей бинарных смесей были следующие: $D_{H_2-N_2} - n = 1,702$ [12]; $D_{H_2-CH_4} - n = 1,743$; $D_{N_2-CH_4} - n = 1,80$ [13]. В литературе нам не удалось найти значение показателя степени температурной зависимости для пары газов азот-метан. Поэтому пришлось

воспользоваться рекомендацией из [13]. «Однако формула $D_{T_1} = D_{T_2} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{3/2}$ приближенно отображает

зависимость D от T . Эта формула дает лучшие результаты, если показатель $3/2$ заменить в ней на $\sim 1,80$ (стр. 465 [13])», что нами и было сделано. Проведенный параллельно анализ показателей степени температурных зависимостей КВД бинарных систем, близких по свойствам к системе $N_2 - CH_4$ дает примерно те же результаты, которые рекомендуются выше.

Тогда для $T_0 = 298,0$ К и $P = 0,101$ МПа КВД пар газов имели значения: $D_{0(H_2-N_2)} = 0,80$; $D_{0(H_2-CH_4)} = 0,73$; $D_{0(N_2-CH_4)} = 0,230$ см²/с. Эти исходные данные позволяли найти КВД при других температурах (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Коэффициенты взаимной диффузии некоторых пар газов в зависимости от температуры

Пара газов	Температура, К							
	298	400	500	600	700	800	900	1000
	Коэффициенты взаимной диффузии, см ² /с							
H ₂ – N ₂	0,80	1,32	1,93	2,63	3,42	4,30	5,25	6,28
H ₂ – CH ₄	0,73	1,32	1,95	2,68	3,50	4,42	5,00	6,00
N ₂ – CH ₄	0,220	0,391	0,584	0,811	1,07	1,36	1,61	1,95

Затем КВД из таблицы 1 использовались для определения $D_{oi}^{эф}$ компонентов в газовых смесях для начального распределения концентраций [6]. (Отметим, что расчет $D_{oi}^{эф}$ в случае трехкомпонентных систем можно провести, не прибегая к [6], а используя формулу (4)). Из полученных данных, согласно (1), определялись n_i – показатели степеней температурных зависимостей компонентов. Результаты вычислений для трех исследованных систем представлены в таблицах 2–4.

Таблица 2 – ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей компонентов системы H₂ + CH₄ – N₂ в зависимости от концентрации водорода в бинарной смеси для начального распределения концентраций в интервале температур 298,0–1000,0 К

№ п/п	Концентрация H ₂ в бинарной смеси, моль. доли	Газ	ЭКД компонентов, см ² /с								
			Показатели степеней температурных зависимостей								
			Температура, К								
			298	400	500	600	700	800	900	1000	сред.
1	0,1	H ₂	0,775	1,285	1,884	2,576	3,356	4,220	5,165	6,188	
				1,716	1,716	1,716	1,716	1,716	1,716	1,716	1,716
		CH ₄	0,200	0,341	0,511	0,711	0,941	1,199	1,484	1,796	
				1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814	1,814
		N ₂	0,257	0,435	0,648	0,898	1,182	1,501	1,852	2,235	
				1,785	1,785	1,785	1,785	1,785	1,785	1,785	1,785
2	0,2	H ₂	0,777	1,287	1,888	2,581	3,367	4,226	5,171	6,195	
				1,715	1,715	1,715	1,715	1,715	1,715	1,715	1,715
		CH ₄	0,178	0,306	0,460	0,643	0,852	1,088	1,350	1,637	

				1,834	1,833	1,833	1,832	1,832	1,832	1,832	1,832
		N ₂	0,298	0,502	0,746	1,030	1,354	1,716	2,114	2,548	
				1,772	1,773	1,773	1,773	1,773	1,773	1,773	1,773
3	0,3	H ₂	0,779	1,290	1,892	2,585	3,367	4,232	5,179	6,203	
				1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714
		CH ₄	0,155	0,267	0,405	0,568	0,756	0,969	1,205	1,464	
				1,861	1,860	1,860	1,859	1,858	1,858	1,857	1,859
		N ₂	0,342	0,574	0,851	1,173	1,539	1,948	2,400	2,886	
				1,761	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762
4	0,4	H ₂	0,781	1,294	1,896	2,590	3,373	4,239	5,186	6,211	
				1,713	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713	1,713
		CH ₄	0,129	0,226	0,345	0,487	0,652	0,839	1,048	1,278	
				1,904	1,901	1,900	1,898	1,897	1,896	1,895	1,899
		N ₂	0,390	0,653	0,965	1,328	1,740	2,199	2,703	3,251	
				1,752	1,752	1,752	1,752	1,752	1,752	1,752	1,752
5	0,5	H ₂	0,784	1,297	1,900	2,596	3,379	4,246	5,194	6,220	
				1,711	1,712	1,711	1,711	1,711	1,711	1,711	1,711
		CH ₄	0,101	0,180	0,279	0,399	0,538	0,698	0,877	1,075	
				1,975	1,969	1,966	1,963	1,960	1,958	1,956	1,964
		N ₂	0,442	0,739	1,090	1,497	1,959	2,472	3,036	3,648	
				1,743	1,743	1,743	1,743	1,743	1,743	1,743	1,743
6	0,6	H ₂	0,786	1,301	1,905	2,602	3,386	4,255	5,203	6,230	
				1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710
		CH ₄	0,070	0,130	0,207	0,302	0,415	0,544	0,691	0,855	
				2,118	2,103	2,094	2,086	2,079	2,073	2,069	2,089
		N ₂	0,500	0,833	1,226	1,682	2,198	2,770	3,398	4,080	
				1,734	1,734	1,734	1,734	1,734	1,734	1,734	1,734
7	0,7	H ₂	0,789	1,305	1,910	2,602	3,386	4,263	5,214	6,241	
				1,708	1,708	1,708	1,708	1,708	1,708	1,708	1,708
		CH ₄	0,036	0,075	0,129	0,197	0,279	0,376	0,487	0,613	
				2,531	2,473	2,435	2,405	2,382	2,363	2,347	2,417
		N ₂	0,563	0,936	1,376	1,885	2,459	3,097	3,795	4,553	
				1,726	1,726	1,726	1,726	1,726	1,726	1,726	1,726
8	0,8	H ₂	0,792	1,310	1,916	2,616	3,403	4,273	5,224	6,253	
				1,706	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706
		CH ₄	-0,002	0,015	0,042	0,080	0,129	0,191	0,263	0,348	
				–	–	–	–	–	–	–	–
		N ₂	0,634	1,051	1,541	2,108	2,748	3,457	4,232	5,072	
				1,718	1,718	1,718	1,718	1,718	1,718	1,718	1,718
9	0,9	H ₂	0,796	1,315	1,923	2,624	3,412	4,284	5,236	6,266	
				1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704
		CH ₄	-0,044	-0,053	-0,055	-0,049	-0,036	-0,014	0,016	0,055	
				–	–	–	–	–	–	–	–
		N ₂	0,712	1,178	1,725	2,356	3,067	3,854	4,714	5,645	
				1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710

Здесь необходимо дать пояснения. Фактически вычисленные значения ЭКД соответствуют равновесной смеси, т.е., когда концентрации всех компонентов усреднены. Например, реализуется диффузия азота в равномолярную смесь водорода и метана. В таблице 2 в этом случае значения ЭКД находятся по концентрации водорода $y_{H_2} = 0,5$ мольных долей, и они соответствуют равновесной смеси $0,25H_2 + 0,25CH_4 + 0,5 N_2$.

Выделенные курсивом показатели степеней температурных зависимостей ЭКД компонентов определялись для каждой температуры, начиная с 400,0 К. Изменение показателя степенной зависимости водорода и азота незначительно и связано с округлением. Исключения проявляются для метана. Изменения ЭКД и показателя степенной зависимости этого газа объяснимы проявлением «диффузионного затвора» [11] в начальной стадии диффузии. (Об этом говорилось выше).

В наших публикациях, связанных с определением температурных зависимостей газов в многокомпонентных смесях, неоднократно отмечалось, что влияние концентрации компонента весьма слабо отражается на показателе степени температурной зависимости компонента (см., например, [14]), поэтому в последней колонке таблицы 2 приведены усредненные показатели температурных зависимостей всех трех газов.

Таким образом, температурные зависимости ЭКД компонентов в данной системе имеют показатели степенной зависимости при $T_0 = 298,0$ К и $P = 0,101$ МПа для: водорода – $n = 1,711 \pm 0,003$; азота – $n = 1,72 \pm 0,02$, а $D_{T_0}^{эф}$ для этих газов определяется в зависимости от концентрации в бинарной смеси; метана – $n = 1,98 \pm 0,16$, при этом вычисления $D_{T_0}^{эф}$ для этого газа рекомендуем ограничить концентрацией водорода в 0,8 мольных долей.

Аналогичные результаты вычислений для смеси $H_2 + N_2 - CH_4$ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей компонентов системы $H_2 + N_2 - CH_4$ в зависимости от концентрации водорода в бинарной смеси для начального распределения концентраций в интервале температур 298,0–1000,0 К

№ п/п	Концентрация H_2 в бинарной смеси, моль. доли	Газ	ЭКД компонентов, cm^2/c								
			Показатели степеней температурных зависимостей								
			Температура, К								
			298	400	500	600	700	800	900	1000	сред.
1	0,2	H_2	0,750	1,247	1,835	2,514	3,282	4,134	5,067	6,080	
				<i>1,728</i>	<i>1,728</i>	<i>1,728</i>	<i>1,728</i>	<i>1,728</i>	<i>1,728</i>	<i>1,729</i>	<i>1,729</i>
		CH_4	0,293	0,494	0,736	1,018	1,339	1,698	2,094	2,526	
				<i>1,779</i>	<i>1,779</i>	<i>1,780</i>	<i>1,780</i>	<i>1,780</i>	<i>1,780</i>	<i>1,780</i>	<i>1,780</i>
		N_2	0,179	0,306	0,461	0,643	0,853	1,089	1,351	1,638	
				<i>1,832</i>	<i>1,832</i>	<i>1,832</i>	<i>1,831</i>	<i>1,831</i>	<i>1,831</i>	<i>1,831</i>	<i>1,831</i>
2	0,4	H_2	0,746	1,242	1,828	2,505	3,271	4,121	5,067	6,064	
				<i>1,730</i>	<i>1,731</i>						
		CH_4	0,377	0,634	0,940	1,297	1,703	2,155	2,654	3,197	
				<i>1,765</i>	<i>1,765</i>	<i>1,766</i>	<i>1,766</i>	<i>1,766</i>	<i>1,766</i>	<i>1,766</i>	<i>1,766</i>
		N_2	0,131	0,228	0,348	0,491	0,657	0,845	1,054	1,285	
				<i>1,894</i>	<i>1,892</i>	<i>1,891</i>	<i>1,890</i>	<i>1,889</i>	<i>1,888</i>	<i>1,887</i>	<i>1,890</i>
3	0,5	H_2	0,744	1,239	1,823	2,500	3,265	4,115	5,046	6,056	
				<i>1,732</i>	<i>1,731</i>						
		CH_4	0,424	0,712	1,054	1,453	1,906	2,411	2,967	3,571	
				<i>1,760</i>							
		N_2	0,104	0,185	0,285	0,406	0,547	0,708	0,888	1,087	
				<i>1,953</i>	<i>1,949</i>	<i>1,947</i>	<i>1,944</i>	<i>1,942</i>	<i>1,940</i>	<i>1,938</i>	<i>1,945</i>
4	0,6	H_2	0,742	1,235	1,819	2,494	3,258	4,107	5,037	6,047	
				<i>1,733</i>							
		CH_4	0,475	0,796	1,178	1,622	2,126	2,688	3,306	3,977	
				<i>1,755</i>							

5	0,8	N ₂	0,075	0,138	0,217	0,314	0,428	0,560	0,708	0,873	
				2,062	2,052	2,046	2,040	2,035	2,031	2,028	2,042
		H ₂	0,736	1,228	1,459	2,482	3,244	4,090	5,018	6,026	
				1,736	1,736	1,736	1,736	1,736	1,736	1,736	1,736
		CH ₄	0,591	0,988	1,809	2,007	2,627	3,317	4,075	4,898	
				1,747	1,747	1,747	1,747	1,747	1,747	1,747	1,747
		N ₂	0,009	0,030	0,062	0,105	0,158	0,223	0,300	0,388	
				4,098	3,705	3,490	3,345	3,241	3,163	3,100	3,449

В данной системе температурные зависимости ЭКД газов имеют следующие показатели степенных зависимостей при $T_0 = 298,0$ К и $P = 0,101$ МПа для: водорода – $n = 1,732 \pm 0,002$; метана – $n = 1,762 \pm 0,014$, а $D_{T_0}^{\text{эф}}$ для этих газов определяется в зависимости от концентрации в бинарной смеси; азота – $n = 2,2 \pm 0,5$, при этом вычисления $D_{T_0}^{\text{эф}}$ для этого газа рекомендуем ограничить концентрацией водорода в 0,8 мольных долей.

Полученные результаты для третьей системы отображены в таблице 4.

Таблица 4 – ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей компонентов системы H₂ – N₂ + CH₄ в зависимости от концентрации азота в бинарной смеси для начального распределения концентраций в интервале температур 298,0–1000,0 К

№ п/п	Концентрация CH ₄ в бинарной смеси, моль. доли	Газ	ЭКД компонентов, см ² /с								
			Показатели степеней температурных зависимостей								
			Температура, К								
			298	400	500	600	700	800	900	1000	сред.
1	0,2	H ₂	0,785	1,299	1,902	2,598	3,382	4,249	5,197	6,223	
				1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710	1,710
		CH ₄	0,760	1,261	1,852	2,535	3,307	4,162	5,099	6,114	
				1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,723	1,723	1,722
		N ₂	0,792	1,308	1,915	2,614	3,400	4,271	5,221	6,250	
				1,707	1,707	1,707	1,707	1,707	1,707	1,707	1,707
2	0,4	H ₂	0,771	1,278	1,875	2,564	3,342	4,203	5,145	6,166	
				1,718	1,718	1,718	1,718	1,718	1,718	1,718	1,718
		CH ₄	0,752	1,250	1,838	2,518	3,286	4,138	5,072	6,085	
				1,727	1,727	1,727	1,727	1,727	1,727	1,727	1,727
		N ₂	0,783	1,297	1,900	2,595	3,379	4,246	5,194	6,220	
				1,712	1,712	1,712	1,712	1,712	1,711	1,711	1,712
3	0,5	H ₂	0,764	1,268	1,862	2,548	3,322	4,180	5,120	6,138	
				1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721
		CH ₄	0,748	1,245	1,831	2,509	3,276	4,127	5,059	6,071	
				1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729
		N ₂	0,779	1,291	1,892	2,586	3,368	4,234	5,181	6,205	
				1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714
4	0,6	H ₂	0,757	1,258	1,848	2,531	3,302	4,158	5,095	6,110	
				1,725	1,725	1,725	1,725	1,725	1,725	1,725	1,725
		CH ₄	0,744	1,239	1,824	2,501	3,266	4,115	5,046	6,056	
				1,731	1,731	1,731	1,731	1,732	1,732	1,732	1,731
		N ₂	0,775	1,285	1,885	2,577	3,358	4,222	5,167	6,191	

				1,717	1,717	1,717	1,717	1,717	1,717	1,717	1,717
5	0,8	H ₂	0,743	1,238	1,822	2,499	3,264	4,113	5,045	6,055	
				1,733	1,733	1,733	1,733	1,733	1,733	1,733	1,733
		CH ₄	0,737	1,229	1,810	2,484	3,246	4,092	5,021	6,028	
				1,736	1,736	1,736	1,736	1,736	1,736	1,736	1,736
		N ₂	0,768	1,274	1,871	2,560	3,337	4,198	5,141	6,161	
				1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721	1,721

В пояснениях результатов этой таблицы отметим, что и азот, и метан обладают практически одинаковыми диффузионными свойствами относительно водорода. Фактически для практических задач их смесь можно считать «одним газом» [15], температурные зависимости ЭКД для всех газов имеют $D_{T_0}^{эф} = 0,80$ см²/с, при $T_0 = 298,0$ К и $P = 0,101$ МПа, а показатели степеней температурных зависимостей для водорода – $n = 1,721 \pm 0,008$; азота – $n = 1,714 \pm 0,005$; метана – $n = 1,729 \pm 0,005$, среднее значение которых $n = 1,721 \pm 0,005$.

При использовании ЭКД для вычислений диффузионных потоков в многокомпонентных газовых смесях необходимо помнить, для каких случаев диффузии получены выражения ЭКД (они, кстати, четко сформулированы в монографии [15]). Иначе можно сделать грубые ошибки.

Таким образом, вычисленные ЭКД и показатели степеней температурных зависимостей газов в исследованных трехкомпонентных системах могут служить в качестве справочной информации в практических приложениях. Из проведенных исследований следует, что в сложных газовых смесях необходимо иметь сведения о поведении всех газов во время диффузии для корректной оценки их диффузионных способностей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Айткожаев А.З., Болотов И.В., Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Курмакаев Ф.З. Система водород-азот-метан. Эффективные коэффициенты диффузии компонентов при температуре 298,0 К в области давлений от 1,0 до 5,0 МПа и концентраций газов в исходных бинарных смесях от 0,1 до 0,9 мольных долей // Таблицы РСД зарегистрированы во Всесоюзном научно-исследовательском центре по материалам и веществам Госстандарта 19.09.1989 г. под № ГСССД Р. 340-89.
- 2 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Кульжанов Д.У. и др. Исследование диффузии в газовых смесях, содержащих компоненты синтеза аммиака // ИФЖ. – 2001. – Т. 74, № 2. – С. 133-136.
- 3 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Новосад З.И. Описание нестационарной диффузии в многокомпонентных газовых смесях методом эффективных коэффициентов // ЖФХ. – 1975. – Т. 49, № 3. – С. 706-709.
- 4 Косов Н.Д., Жаврин Ю.И., Новосад З.И. Диффузия в многокомпонентных газовых смесях // Теплофизические свойства веществ и материалов. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – Вып. 17. – С. 86-112.
- 5 Бычков А.Г., Жаврин Ю.И. Температурная зависимость эффективных коэффициентов диффузии некоторых смесей в изотермических и неизотермических условиях // НИИ ЭТФ Каз. ун-т. – Алма-Ата, 1993. – 10 с. – Деп. В КазНИИКИ. 15.01.93. № 3985. Ка-93.
- 6 Жаврин Ю.И., Жаврин В.Ю., Косов В.Н., Поярков И.В. Расчет многокомпонентного массопереноса в двухколбовом аппарате с применением языка программирования ДЕЛПХИ // Вестник КазНУ. Сер. физ. – 2006. – № 2(22). – С. 73-79.
- 7 Новосад З.И., Косов Н.Д. Эффективные коэффициенты диффузии трехкомпонентных газовых смесей гелия, аргона и углекислого газа // ЖТФ. – 1970. – Т. 40, № 11. – С. 2368-2375.
- 8 Андрищ С.П.С. А симпле Метход оф Меасуриг Гасеоус Диффусион Цоеффициент // Чем. Енг. Сци. – 1955. – В. 4. – П. 269-272.
- 9 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Белов С.М., Семидоцкая Н.И. О применении метода эффективных коэффициентов диффузии к диффузии в многокомпонентных газовых смесях при повышенных давлениях // Тепломассоперенос в жидкостях и газах. – Алма-Ата, 1982. – С. 3-12.
- 10 Калинин Б.А., Лойко А.Э., Суетин П.Е. Эффективная длина капилляра в измерениях коэффициентов взаимной диффузии газов методом двух объемов // Диффузия в газах и жидкостях. – Алма-Ата, 1972. – С. 79-85.
- 11 Селезнев В.Д., Смирнов В.Г. Диффузия трехкомпонентной смеси газов в системе двух колб // ЖТФ. – 1981. – Т. 51, № 4. – С. 795-800.
- 12 Косов Н.Д., Солоницын Б.П. Температурная зависимость коэффициентов самодиффузии и взаимной диффузии газов // Теплофизические свойства веществ и материалов. – М.: Изд-во Стандартов, 1982. – Вып. 17. – С. 4-24.
- 13 Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей (инженерные методы расчета): Пер. с польского. – М.-Л.: Химия, 1966. – 536 с.
- 14 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Асембаева М.К., Поярков И.В., Федоренко О.В. Влияние концентрации на температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии // Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. – 2011. – № 3(277). – С. 41-47.
- 15 Берд Р., Стюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса / Пер. с англ. – М.: Химия, 1974. – 688 с.

REFERENCES

- 1 Ajtkozhaev A.Z., Bolotov I.V., Zhavrin Ju.I., Kosov N.D., Kurmakaev F.Z. Sistema vodorod-azot-metan. Jeffektivnye koeficienty diffuzii komponentov pri temperature 298,0 K v oblasti davlenij ot 1,0 do 5,0 MPa i koncentracij gazov v ishodnyh binarnykh smesjah ot 0,1 do 0,9 mol'nyh dolej. Tablicy RSD zaregistrirovany vo Vsesojuznom nauchno-issledovatel'skom centre po materialam i veshhestvam Gosstandarta 19.09.1989 g. pod № GSSSD R. 340-89.
- 2 Zhavrin Ju.I., Kosov V.N., Kul'zhanov D.U. i dr. Issledovanie diffuzii v gazovykh smesjah, sodержashhih komponenty sinteza ammiaka // IFZh. – 2001. – T. 74, № 2. – S. 133-136.
- 3 Zhavrin Ju.I., Kosov N.D., Novosad Z.I. Opisanie nestacionarnoj diffuzii v mnogokomponentnykh gazovykh smesjah metodom jeffektivnykh koeficientov // ZhFH. – 1975. – T. 49, № 3. – S. 706-709.
- 4 Kosov N.D., Zhavrin Ju.I., Novosad Z.I. Diffuzija v mnogokomponentnykh gazovykh smesjah. Teplofizicheskie svojstva veshhestv i materialov. – M.: Izd-vo standartov. 1982. – Vyp. 17. – S. 86-112.
- 5 Bychkov A.G., Zhavrin Ju.I. Temperaturnaja zavisimost' jeffektivnykh koeficientov diffuzii nekotorykh smesej v izotermicheskih i neizotermicheskih uslovijah // NII JeTF Kaz. un-t. Alma-Ata, 1993. 10 s. – Dep. V KazNIKI. 15.01.93. № 3985. Ka-93.
- 6 Zhavrin Ju.I., Zhavrin V.Ju., Kosov V.N., Pojarkov I.V. Raschet mnogokomponentnogo massoperenosa v dvuhkolbovom apparate s primeneniem jazyka programmirovaniya DELPHI // Vestnik KazNU. Ser. fiz. – 2006. – № 2(22). – S. 73-79.
- 7 Novosad Z.I., Kosov N.D. Jeffektivnye koeficienty diffuzii trehkomponentnykh gazovykh smesej gelija, argona i uglekislogo gaza // ZhTF. – 1970. – T. 40, № 11. – S. 2368-2375.
- 8 Andrew S.P.S. A simple Method of Measuring Gaseous Diffusion Coefficient // Chem. Eng. Sci. – 1955. – V. 4. – P. 269-272.
- 9 Zhavrin Ju.I., Kosov N.D., Belov S.M., Semidockaja N.I. O primenenii metoda jeffektivnykh koeficientov diffuzii k diffuzii v mnogokomponentnykh gazovykh smesjah pri povyshennykh davlenijah. Teplomassoperenos v zhidkostjah i gazah. – Alma-Ata, 1982. – S. 3-12.
- 10 Kalinin B.A., Lojko A.Je., Suetin P.E. Jeffektivnaja dlina kapilljara v izmerenijah koeficientov vzaimnoj diffuzii gazov metodom dvuh ob'emov. Diffuzija v gazah i zhidkostjah. – Alma-Ata, 1972. – S. 79-85.
- 11 Seleznev V.D., Smirnov V.G. Diffuzija trehkomponentnoj smesi gazov v sisteme dvuh kolb // ZhTF. – 1981. – T. 51, № 4. – S. 795-800.
- 12 Kosov N.D., Solonicyn B.P. Temperaturnaja zavisimost' koeficientov samodiffuzii i vzaimnoj diffuzii gazov. Teplofizicheskie svojstva veshhestv i materialov. – M.: Izd-vo Standartov, 1982. – Vyp. 17. – S. 4-24.
- 13 Bretshnajder S. Svojstva gazov i zhidkostej (inzhenernye metody rascheta) / Per. s pol'skogo. – M.-L.: Himija, 1966. – 536 s.
- 14 Zhavrin Ju.I., Kosov V.N., Asembaeva M.K., Pojarkov I.V., Fedorenko O.V. Vlijanie koncentracii na temperaturnye zavisimosti jeffektivnykh koeficientov diffuzii // Izvestija NAN RK. Ser. fiz.-mat. – 2011. – № 3(277). – S. 41-47.
- 15 Berd R., St'juart V., Lajftut E. Javlenija perenosa / Per. s angl. – M.: Himija, 1974. – 688 s.

Резюме

Ю. И. Жаврин¹, В. Н. Косов², М. Қ. Әсембаева¹, В. Мұқамеденқызы¹, О. В. Федоренко¹

(¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,

² Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.)

ҚҰРАМЫНДА ӘРТҮРЛІ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫ СУТЕГІ, АЗОТ ЖӘНЕ МЕТАН БАР ГАЗ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТИІМДІ ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ТӘУЕЛДІЛІГІ

Температурасы 298–1000 К аралығында құрамында әртүрлі концентрациялы сутегі, азот және метан бар газ жүйелерінің тиімді диффузия коэффициенттерінің температуралық тәуелділігі есептелді. Көрсетілген құрамдар табиғи газдан аммиакты синтездеу кезінде қолданылады. Алынған нәтижелер анықтамалық мәлімет ретінде қолданылуы мүмкін.

Кілт сөздер: тиімді диффузия коэффициенті, азот, сутегі, метан.

Summary

Yu. I. Zhavrin¹, V. N. Kosov², M. K. Asembaeva¹, V. Mukamedenkyzy¹, O. V. Fedorenko¹

(¹Al-Farabi Kazakh national university, Almaty.

¹ Kazakh national pedagogical university named after Abai, Almaty)

TEMPERATURE DEPENDENCES OF THE EFFECTIVE DIFFUSION COEFFICIENTS OF COMPONENTS IN THE GAS SYSTEMS CONTAINING HYDROGEN, NITROGEN AND METHANE IN THE DIFFERENT CONCENTRATIONS

The temperature dependences of the effective diffusion coefficients of hydrogen, nitrogen and methane at its different concentrations for three ternary gas systems in the temperature range 298,0–1000,0 K are calculated. Mentioned components are used by the ammonia-synthesis from the natural gas. The obtained results should be recommended as a reference data.

Keywords: effective diffusion coefficient, nitrogen, methane, hydrogen.

Поступила 15.04.2013г.

УДК 621.039.533.6

В. К. БИШИМБАЕВ¹, К. К. ЛЕПЕСОВ²

¹Мажилис Парламента РК, г. Астана,

²РГП «Национальный центр технологического прогнозирования» КП МИНТ РК, г. Алматы)

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МЕТАЛЛОВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация

В работе рассмотрены аспекты развития Третьей мировой индустриальной революции по созданию «декарбонизированной» энергетики, преимущества процессов получения и использования водорода путем разложения воды энергоаккумулирующими веществами (ЭАВ) на основе металлических сплавов в сравнении с другими методами. Показана роль водорода как экологически чистого энергоносителя взамен угля и углеводородного сырья в энергетике и транспорте ближайшего будущего. Комплексное использование продуктов разложения воды алюминиевыми ЭАВ (водород, металлооксиды, пар и теплота реакции) позволяет уже на современном этапе положительно оценить эффективность проектов замкнутого цикла металлородной энергетики. Предполагается, что замена алюминиевой матрицы ЭАВ на железокремниевые и алюмо-железо-кремниевые системы позволит в разы снизить себестоимость водорода и внести существенный вклад в решение практических проблем его использования.

Ключевые слова: энергетика, сплавы металлов, водород, вода.

Кілт сөздер: энергетика, металл кәспалары, сутегі, су.

Keywords: energy, metal alloys, hydrogen, water.

В XXI веке в эпоху постиндустриальной революции человечество переживает трудные времена из-за надвигающегося истощения природных ресурсов, глобального потепления атмосферы Земли, опустынивания, недостатка воды и других подобных вызовов. Решение задач по замедлению климатических изменений, разумному ресурсо- и энергосбережению являются важнейшими приоритетами XXI века. Развитие мировой экономики и, конечно, экономики Казахстана, невозможно без проведения модернизации и обновления топливно-энергетического и промышленного секторов экономики, становления, постоянного уточнения и расширения инновационных программ.

Президент Казахстана Н. А. Назарбаев неоднократно подчеркивает [1], что всемерное использование ресурсосберегающих технологий, развитие национальной инновационной системы страны, элементов «зеленой экономики» и применение экологически чистых инновационных технологий является основой индустриальной политики Казахстана. Для успешного развития в этих процессах рамках третьей мировой индустриальной революции, Казахстан должен двигаться к постиндустриальному миру, в котором правит триада «образование – наука – инновации».

Энергетика является базовой отраслью развития мирового производства, которая удовлетворяет около 80% мировых потребностей в энергии за счет сжигания природного минерально-органического сырья (уголь, газ, нефть и т.д.) [1, 2]. Затяжной глобальный экономический и энергоэкологический кризис XXI века вызвал в рамках Третьей индустриальной революции, стремительное развитие разнообразных видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и **поиска замены углеводородного сырья на новый доступный и экологически чистый энергоноситель – водород** [2-4]. Для предотвращения таких кризисов Третья индустриальная революция, парадигма которой – формирование так называемой «зеленой» – водородной экономики, должна коренным образом реформировать основы цивилизации, создав новую энергетику **без участия углеродного топлива**. Концепция Третьей индустриальной революции уже принята Международными организациями при ООН (ЮНИДО – ведомство ООН по делам промышленного развития), Евросоюзе и поддерживается многими ведущими европейскими лидерами, известными экономистами и политиками.

Водородная экономика – это альтернативная энергетика ближайшего будущего, которая должна обеспечить устойчивое развитие и энергетическую безопасность мирового сообщества и помочь в решении экономических, социальных и экологических проблем. В связи с этим инфраструктура сложившегося традиционного топливно-энергетического комплекса должна будет претерпеть существенные изменения при постепенной замене углеродсодержащих энергоносителей на водород, получаемый из воды с помощью электролиза, альтернативных (атомная энергетика) и ВИЭ. Полагается, что уже к концу XXI века потребность в водороде достигнет 700–800 млн тонн в год и прогнозируется использование от его объема производства: в топливно-энергетическом комплексе до 20%, транспортных средствах до 50%, нефтехимии и металлургии до 15–20%, а также в бытовой сфере, в том числе продажах водорода и сервисе [2, 3, 5-7]. В связи с этим особую актуальность приобретают разработки методов получения, хранения, транспортировки и конверсии водорода в электрическую энергию.

В водородной энергетике существуют самые разнообразные способы получения водорода, которые зависят от исходного сырья [5-12]: а) из ископаемого природного минерально-органического сырья (ПМОС), причем до 96% водорода в настоящий период производится методом парофазной конверсии органического сырья; б) из воды и пара путем электролиза, фотолиза, радиолиза и др. Получение водорода требует значительных капитальных затрат, как на его производство, так и эксплуатационных расходов на снижение выбросов в атмосферу больших количеств CO_2 при использовании ПМОС [5, 6, 9-12].

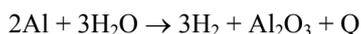
Очевидно, что получение водорода из угля и углеводородов и использование подходов атомно-водородной энергетике видимо является промежуточной и переходным этапом от традиционной энергетике к водородной. Рост цен на ПМОС, сырьевые и экологические ограничения стимулируют разработки технологических процессов получения водорода в основном из воды [5, 6, 9-12]. С 1970-х гг. в мире началось бурное развитие исследований в области водородной энергетике, которое в конце 1990-х годов привело к разработке и старту ряда международных и национальных программ под эгидой Международной ассоциации по водородной энергетике (ИАНЕ), Международного энергетического агентства (IEA) и др., направленных на коммерциализацию разработок по водородным технологиям, топливным элементам [3, 6, 10-12]. Основные мировые научные центры Европы, Америки, Азии ведут здесь интенсивные исследования в области водородной экономики [3].

Интенсивное использование водорода в качестве энергоносителя связано, однако, с рядом принципиальных проблем сдерживающих развитие этой отрасли энергетике: низкая объемная энергоемкость в связи с малой плотностью водорода при нормальном давлении, а также проблемы с транспортировкой, хранением и распределением водорода, не высокая пока рентабельность электрохимических генераторов. Однако методы получения, хранения, распределения водорода и конверсии химической энергии в электротепловую постоянно совершенствуются. Особенное внимание и значение в связи с этим получили работы по разложению воды энергоаккумулирующими веществами (ЭАВ) [5, 6, 8-12]. в первую очередь алюминием и сплавами на его основе. ЭАВ можно многократно окислять и восстанавливать, то есть использовать в качестве рабочего тела при получении энергии. Следовательно, используя ЭАВ в замкнутом цикле при получении водорода из воды, а затем возвращая его в производственный цикл, можно обойтись без углеводородного сырья. Результатом сжигания водорода является вода: если водород получен из воды, то сжигание водорода возвращает воду в природу, и, таким образом, не нарушается круговорот воды в природе. В тоже время в полностью замкнутом цикле в полном соответствии с парадигмой водородной – «зеленой» экономики, когда для регенерации ЭАВ используются ВИЭ, мы практически имеем малоотходную технологию получения электро- тепловой энергии [5, 6, 9, 10]. Так одним из ведущих ученых мирового уровня и пионеров применения алюминиевых сплавов для получения водорода считается американский ученый, профессор Jerry Woodall, Калифорнийский Университет, лауреат Национальной медали США в области технологий [8-10]. В России одним из ведущих центров в этой области является Объединенный институт высоких температур РАН РФ, в ряде институтов НАН Украины ведутся обширные исследования в области получения водорода электролизом, разработки и применения ЭАВ (Институт общей и неорганической химии им. Вернадского), в Институте проблем машиностроения проведен большой цикл исследований по применению ЭАВ для питания автомобильных двигателей водородом, причем последний получают на борту автомобиля из воды с помощью ЭАВ [11, 12]. Следует также отметить обзоры российских программы по атомно-водородной энергетике, разработки по интегрированным энергоустановкам, где водородный энергоноситель используется в сочетании двигателей внутреннего сгорания и топливных электрохимических элементов, а также производству и применению активированного алюминия для синтеза наноструктурированных катализаторов нефтехимии и нефтепереработки [5, 6, 8, 11, 12].

Область водородной энергетике с применением алюминиевых сплавов ряд авторов обозначают как алюмоводородная энергетике [12]. Для эффективного сжигания алюминиевых энергоаккумулирующих систем в воде разработаны химические, механохимические, физико-химические и физические способы активации алюминия и его сплавов [5, 6, 8-12]. Так сплав алюминия с добавками небольших количеств галлия, индия и олова весьма эффективен в процессе получения водорода из воды и в Казахстане в конце

1970-х годов в Институте органического катализа и электрохимии АН КазССР велись исследования по разложению воды сплавами на основе алюминия. Были созданы ряд составов энергоаккумулирующих веществ на основе металлического алюминия [5, 6, 10-12], которые к сожалению не могли быть использованы для коммерческих целей в энергетике. Однако на современном этапе развития водородной энергетики использование подобного сплава, кроме прочего, экономически оправдано в результате комплексного использования продуктов реакции [5, 6, 8-10, 12] и такой способ, как полагают ученые, уже в скором времени может составить конкуренцию современным видам топлива, используемым в транспортной и энергетической индустрии. Считается что, эта инновация может найти применение во всех сферах потребления как в мобильных устройствах для выработки энергии, так и в больших промышленных установках.

При внесении этого сплава в воду алюминий вступает в реакцию окисления, в результате которой выделяется водород и тепловая энергия (Q), а алюминий переходит в форму оксида по суммарной реакции:



Кроме водорода, тепловой энергии и оксида алюминия ценным продуктом реакции является, пар высокого давления, который можно подавать к потребителю для получения электроэнергии и конденсированной воды, доведенной до качества питьевой воды. Применение алюмоводородных генераторов позволяет решить проблему безопасности перспективных транспортных средств и подвижных агрегатов с водородными двигательными установками. Алюминий является безопасным и эффективным источником получения водорода (один объем алюминия обеспечивает при сжигании в воде генерацию 3243 объемов водорода, а один объем жидкого водорода при газификации образует 850 объемов водорода) [5, 6, 8-10, 12]. Срок хранения алюминия практически неограничен и его запасы, по сравнению с углеводородными горючими, являются компактными (плотность алюминия – 2,7 г/см³; плотность углеводородных горючих – менее 0,8 г/см³). Главным недостатком алюмоводородных технологий является высокая стоимость алюминия, его сплавов и модифицирующих добавок, не менее 2000 долл. США/тн. Расчеты специалистов, в том числе и наши, показывают, что полное коммерческое использование продуктов сжигания алюминия позволяет снизить себестоимость выработки энергии, до менее чем двух российских рублей [5, 6, 8-10, 12] или в пересчете на отечественные деньги порядка 10 тенге за киловатт-час. За годы независимого Казахстана в стране появился ряд новой инновационной продукции, в том числе, такие как производство алюминия различных марок, а также ферросилициевых сплавов. Разработка металловодородных технологий разложения воды на основе железокремниевых и алюмо-железо-кремниевых систем позволит в разы снизить стоимость процессов и внести существенный вклад в решение практических проблем использования водорода. Реакция окисления, например, феррокремния водой выглядит следующим образом:



Таким образом в Казахстане имеются дополнительные возможности в 3–5 и более раз снижения затрат себестоимости за счет использования ЭАВ более дешевого чем металлический алюминий и недефицитных восстановителей. Следовательно себестоимость электроэнергии водородных установок 2–3 тенге за кВт-ч сравнима и даже может быть ниже себестоимости энергии вырабатываемыми ГЭС.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Назарбаев Н.А. Глобальная энергоэкологическая стратегия устойчивого развития в XXI веке. – Москва-Астана, 2011.
- 2 Jeremy Rifkin. The third industrial revolution. – New York, 2011. – P. 291.
- 3 Лепесов К.К., Таурбаев Т.И., Мусабек Г.К., Сейтбаткалов С.К. Инновационный Казахстан: Современное состояние мировой фотовольтаики и проекты солнечной энергетики Казахстана. – Алматы: Национальный Центр Технологического Прогнозирования КП МИНТ РК, 2012.
- 4 Бишимбаев В.К. К новым вершинам научного прогресса // Газета Литер от 29 ноября 2012 г.
- 5 Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К. Роль металловодородной энергетики в развитии водородной экономики // Журнал Ядерное Общество Казахстана. – 2011. – № 3-4. – С. 88-93.
- 6 Лепесов К.К., Мукаев С.Б., Лепесов С.К. Водородная экономика XXI века // Журнал Промышленность Казахстана. – 2012. – № 3(72). – С. 26-30.
- 7 Бишимбаев В.К., Лепесов К.К. и др. Вызовы и риски развития солнечно-водородной энергетики в РК // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – 2012. № 4.
- 8 Лепесов К.К. и др. Перспективы развития нановодородной энергетики в Казахстане. // Труды 1-ой Международной инновационной школы «Энергия, вода и химия». – Актау, 2011. – С. 119-125.
- 9 Ziebarth J.T., Woodall J.M., Kramer R.A., Go Choi, Liquid Phase-enabled Reaction of Al-Ga and Al-Ga-In-Sn Alloys with Water // International Journal of Hydrogen Energy. – 2011. – Vol. 36. – P. 5271-5279.
- 10 Презентация профессора Jerry M. Woodall и Kyle Montgomery – Making Hydrogen, Калифорнийский университет, США, 2012.
- 11 Козин Л.Ф. Водородная энергетика и экология. – Киев, 2002.
- 12 Жук А.З, Клейменов Б.В., Школьников Е.И., Шейншлин А.Е. и др. Алюмоводородная энергетика. – М.: ОИВТ РАН, 2007. – 278 с.

REFERENCES

- 1 Nazarbaev N.A. Global'naja jenergojekologicheskaja strategija ustojchivogo razvitiya v XXI veke. – Moskva-Astana, 2011.
- 2 Jeremy Rifkin. The third industrial revolution. – New York, 2011. – R. 291.
- 3 Lepesov K.K., Taurbaev T.I., Musabek G.K., Sejbatkalov S.K. Innovacionnyj Kazahstan: Sovremennoe sostojanie mirovoj fotovol'taiki i proekty solnechnoj jenergetiki. – Almaty: Kazahstana. Nacional'nyj Centr Tehnologicheskogo Prognozirovaniya KP MINT RK, 2012.
- 4 Bishimbaev V.K. K novym vershinam nauchnogo progressa // Gazeta Liter ot 29 nojabrja 2012g.
- 5 Lepesov K.K., Mukaev S.B., Lepesov S.K. Rol' metallovodorodnoj jenergetiki v razvitii vodorodnoj jekonomiki // Zhurnal Jadernoe Obshestvo Kazahstana. – 2011. – № 3-4. – S. 88-93.
- 6 Lepesov K.K., Mukaev S.B., Lepesov S.K. Vodorodnaja jekonomika XXI veka // Zhurnal Promyshlennost' Kazahstana. – 2012. – № 3(72). – S. 26-30.
- 7 Bishimbaev V.K., Lepesov K.K. i dr. Vyzovy i riski razvitiya solnechno-vodorodnoj jenergetiki v RK // Jenergetika i toplivnye resursy Kazahstana. – 2012. – № 4.
- 8 Lepesov K.K. i dr. Perspektivy razvitiya nanovodorodnoj jenergetiki v Kazahstane. Trudy 1-oj Mezhdunarodnoj innovacionnoj shkoly «Jenergija, voda i himija». – Aktau, 2011. – S. 119-125.
- 9 Ziebarth J.T., Woodall J.M., Kramer R.A., Go Choi, Liquid Phase-enabled Reaction of Al-Ga and Al-Ga-In-Sn Alloys with Water // International Journal of Hydrogen Energy. 2011. – Vol. 36. – R. 5271-5279.
- 10 Prezentacija professora Jerry M. Woodall i Kyle Montgomery – Making Hydrogen, Kalifornijskij universitet, SShA, 2012.
- 11 Kozin L.F. Vodorodnaja jenergetika i jekologija. – Kiev, 2002.
- 12 Zhuk A.Z., Klejmenov B.V., Shkol'nikov E.I., Shejndlin A.E. i dr. Aljumovodorodnaja jenergetika. – M.: OIVT RAN, 2007. 278 s.

Резюме

У. К. Бишимбаев¹, К. К. Лепесов²

(¹ҚР Парламент мәжілісі, Астана қ.,
²ҚР ИЖТМ ӨК «Ұлттық технологиялық болжау орталығы», Алматы қ.)

МЕТАЛСУТЕКТІ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ҚАЗІРГІ ДАМУ ЖОЛЫ

Ұсынылып отырған жұмыста «декарбонатты» энергетиканы құрудың үшінші әлемдік индустриалдық көтеріліс дамуының аспектісі, металл қоспалары негізінде қуат көзін шоғырландырушы (ҚКШ) заттектердің көмегімен су бөлшектерін ыдырату жолы арқылы сутекті өндіру үдерісі мен қолдану артықшылығы қарастырылып отыр. Жақын болашақта энергетика мен тасымал құралдарында көмір мен көмірсутек шикізатының орнына экологиялық таза қуат көзін тасымалдаушы заттек ретінде сутектің мәні мен маңызы баяндалады. Су бөлшектерінің алюминийлі ҚКШ (сутек, металл тотықтар, бу және реакция жылулығы) заттектердің көмегімен ыдыраған өнімдерді кешенді қолдану, қазіргі күннің өзінде металсутекті энергетиканың тұйық циклді жобаларының оңтайлығын бағалауға мүмкіндік береді. Алюминийлі матрица ҚКШ заттектерінің теміркремнийлі және алюминий-темір-кремнийлі жүйелерімен ауыстыру, сутектің өзіндік құнын бірнеше есе азайтуға және оны қолданудың тәжірибелік мәселелерін шешуге елеулі үлес тигізеді деген болжам бар.

Кілт сөздер: энергетика, металл қоспалары, сутегі, су.

Summary

U. Bishimbaev¹, K. Lepessov²

(¹Majilis Parliament RK, Astana,
²RSE "National Center for Technology Foresight", Almaty)

MODERN METAL HYDROGEN ENERGY DEVELOPMENT

The questions of 'decarbonise' energy based on hydrogen as an environmentally friendly energy instead of coal and hydrocarbons. Shows the benefits and processes for the use of hydrogen by decomposition of energy substances (ES) on the basis of metal alloys in comparison with other methods. Integrated use of water decomposition products aluminum ES (hydrogen, metal oxides, steam and heat of reaction) can already at this stage to assess the effectiveness of projects positively vicious cycle metall hydrogen energy. It is assumed that the replacement of the aluminum matrix and the ES on iron-silicon or/and aluminum-iron-silicon system will at times reduce the cost of hydrogen and contribute significantly to the solution of practical problems of using it.

Keywords: energy, metal alloys, hydrogen, water.

Поступила 27.03.2013г.

Г. Ш. ЯР-МУХАМЕДОВА¹, Р. А. АТЧИБАЕВ²

¹АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»,

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ПОДТОВАРНЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЖАНАЖОЛ»

Аннотация

В статье представлены результаты исследования коррозионной стойкости нано-КЭП хром-диоксид кремния-сажа ламповая. Для выявления оптимального соотношения компонентов и температуры осаждения эффективных защитных покрытий методом оптической микроскопии изучены изменения микроструктуры нано-КЭП в подтоварных водах месторождения «Жанажол». Покрытия получали при температурах 303–343 К из универсального электролита хромирования, содержащего сажу ламповую С (11–100 нм) и диоксид кремния SiO₂ (5–50 нм). Исследования коррозионной стойкости нано-КЭП позволили установить оптимальное соотношение концентраций нанодисперсной фазы в электролите-суспензии, которая составляет 12 г/л сажи ламповой и 8 г/л диоксида кремния. Установлено, что наилучшими антикоррозионными свойствами обладают нано-КЭП, полученные при температурах 333–343 К. Это объясняется тем, что в режиме высоких температур осаждаются блестящие покрытия, обладающие мелкокристаллической структурой и гладкой зеркальной поверхностью. Установлено, что увеличение концентрации углерода в электролите с 2 до 12 г/л приводит к значительному уменьшению пористости хромовой матрицы. Это связано с обретением хромом устойчивой электронной конфигурации валентных состояний при взаимодействии наночастиц углерода с хромом в процессе электроосаждения. Глубинный показатель коррозии с повышением температуры от 303–343 К уменьшается от $1,8 \cdot 10^{-2}$ до $0,5 \cdot 10^{-4}$ мм/год.

Ключевые слова: наноконпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), оптическая металлография, микроструктура.

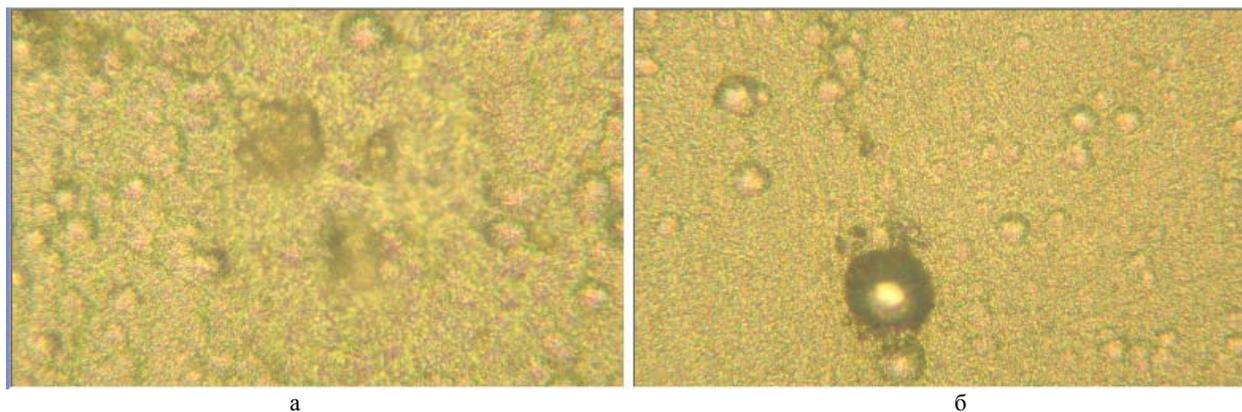
Кілт сөздер: наноконпозициялық электролиттік қаптамалар (нано-КЭК), оптикалық металлография, микроқұрылым.

Keywords: Nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), optical microscopy, microstructure.

Введение. Особый интерес к композиционным материалам и покрытиям появился в последние десятилетия, исходя из возросших требований к уровню эксплуатационных свойств материалов узлов трения, работающих в агрессивных средах [1-7]. В связи с этим, разработка новых видов композиционных электрохимических покрытий (КЭП), в частности, содержащих наноразмерные частицы, а также исследование их эксплуатационных свойств является одной из самых актуальных проблем современного материаловедения. Коррозионное разрушение – наиболее распространенная причина аварий трубопроводов и нефтедобывающего оборудования, основным конструкционным материалом которого является сталь 17Г1С. Поэтому целью настоящей работы было исследование эффективности применения нано - композиционных покрытий хром-диоксид кремния для защиты стали 17Г1С от коррозионного воздействия агрессивной среды [8-10].

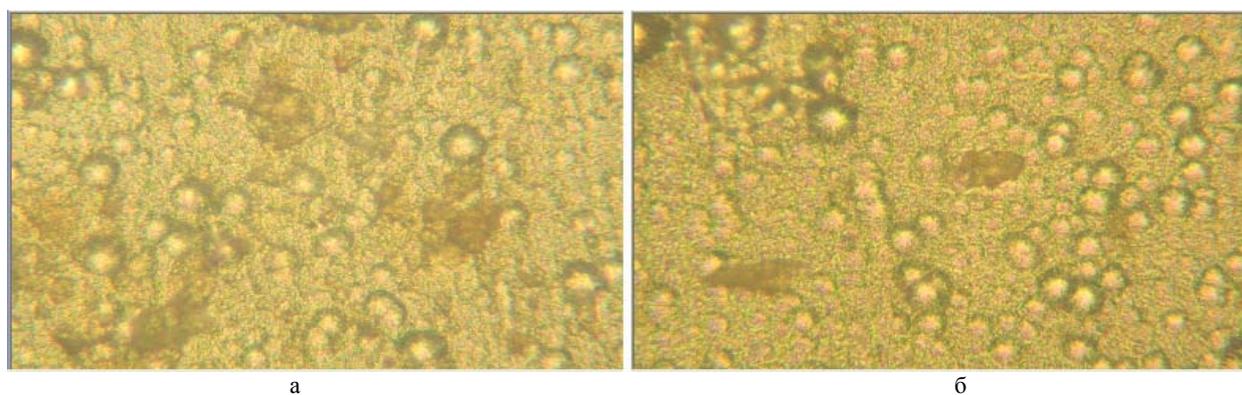
Методы исследования и результаты работы. В связи с тем, что нефтяные месторождения Казахстана находятся в основном на морском берегу, то испытания проводили в модельном растворе подтоварной воды месторождения «Жанажол», дополнительно содержащем хлорид натрия и другие соединения для приближения его состава к реальной коррозионной среде условий нефтедобычи (г/л): хлорид натрия – 60,7; хлорид кальция – 17,4; сульфат магния – 3,3; хлорид магния – 1,6. Испытания проводили на стенде конструкции НТЦ «КИНГ» АО «КазТрансОйл» в течение 10 часов при температуре 293 К и перемешивании раствора со скоростью 0,2 м/с. Коррозионную стойкость образцов (50x20x2 мм) из стали 17Г1С с покрытиями и без них определяли гравиметрическим методом с соблюдением требований ГОСТ 9.506-87, обработку результатов испытаний проводили по ГОСТ 9.502-82.

Результаты исследований и обсуждение. Изучение особенностей микроструктуры проводилось на металлографическом комплексе Neophot-2 при увеличении в 1000 раз. На рисунках 1–4 представлена микроструктура поверхности нано-КЭП после 25 и 35 часов коррозионных испытаний в модельном растворе подтоварной воды месторождения «Жанажол». Анализ результатов показал, что для нано-КЭП, полученных из электролитов с соотношением концентраций сажи ламповой и диоксида кремния 6/14, 8/12, 10/10, 12/8 и температурах 333 К коррозия носит питтинговый характер.



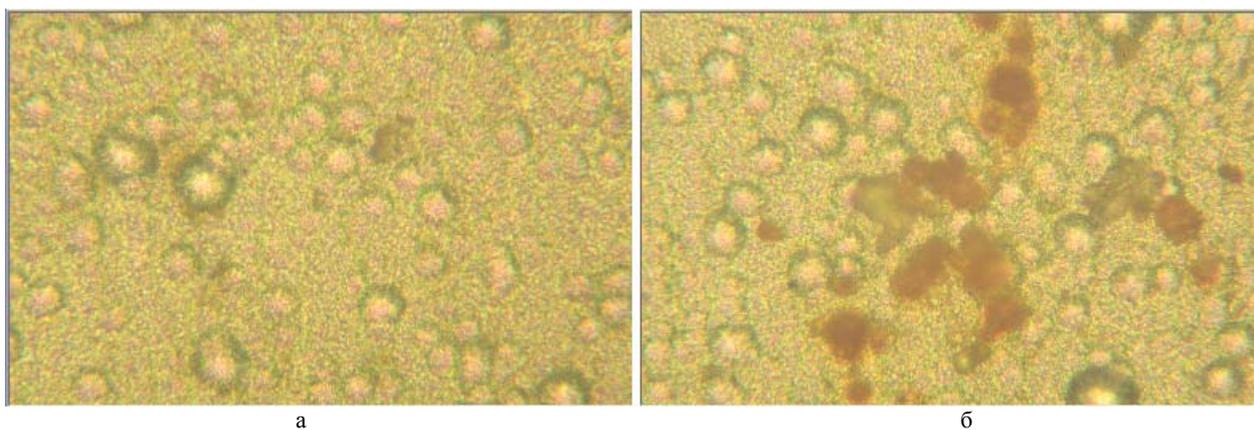
а – 25 ч; б – 35 ч

Рисунок 1 – Оптическая металлография поверхности нано-КЭП, полученных из электролита с концентрацией 6 г/л С + 14 г/л SiO₂, $j = 4 \text{ кА/м}^2$, $T = 333 \text{ К}$ после коррозионных испытаний (x1000)



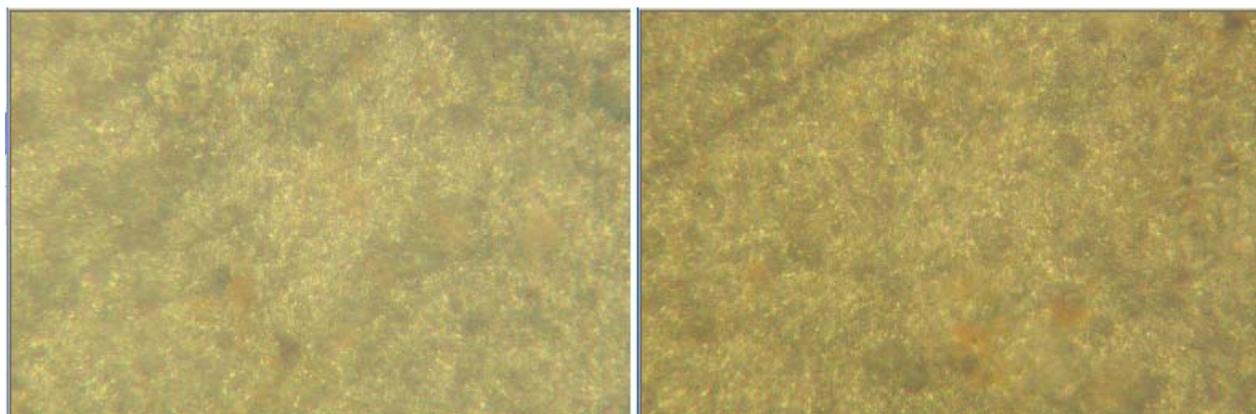
а – 25 ч; б – 35 ч

Рисунок 2 – Оптическая металлография поверхности нано-КЭП, полученных из электролита с концентрацией 8 г/л С + 12 г/л SiO₂, $j = 4 \text{ кА/м}^2$, $T = 333 \text{ К}$ после коррозионных испытаний (x1000)



а – 25 ч; б – 35 ч

Рисунок 3 – Оптическая металлография поверхности нано-КЭП, полученных из электролита с концентрацией 10 г/л С + 10 г/л SiO₂, $j = 4 \text{ кА/м}^2$, $T = 333 \text{ К}$ после коррозионных испытаний (x1000)



а

б

а – 25 ч; б – 35 ч

Рисунок – 4. Оптическая металлография поверхности нано-КЭП, полученных из электролита с концентрацией 12 г/л С +8 г/л SiO₂, j = 4 кА/м², Т = 333 К после коррозионных испытаний (x1000)

Результаты коррозионных испытаний свидетельствует, что температура электролита является доминирующим фактором, определяющим морфологию структуры и влияющим на скорость коррозии (таблица 1). Слои, полученные осаждением при температурах электролита 333–343 К, беспористые, содержат меньшее количество дефектов кристаллического строения, что обуславливает сравнительно низкую их электрохимическую активность и незначительную скорость коррозии (образцы 5, 6 таблица).

Результаты испытания коррозионной стойкости нано-КЭП, нанесенных на сталь 17Г1С

№ парт	Образцы	Температура электролита, К	Скорость коррозии, g/m ² h	Показатель точности по коррозии, Е%	Увеличение скорости коррозии, раз
1	Сталь 17Г1С	–	0,8696	8,34	1
2	Нано-КЭП Cr-SiO ₂ -C	303	0,121	6,58	6,9
3	Нано-КЭП Cr-SiO ₂ -C	313	0,129	4,32	7,07
4	Нано-КЭП Cr-SiO ₂ -C	323	0,124	7,12	7,01
5	Нано-КЭП Cr-SiO ₂ -C	333	0,016	5,24	54,35
6	Нано-КЭП Cr-SiO ₂ -C	343	0,043	8,31	24,22

Заключение. Исследования коррозионной стойкости нано-КЭП позволили установить оптимальное соотношение концентраций нанодисперсной фазы в электролите-суспензии, которая составляет 12 г/л сажи ламповой и 8 г/л диоксида кремния при температуре 333 К и плотности тока 4 кА/м². При этом глубинный показатель коррозии составляет 0,5·10⁻⁴ мм/год.

Методами оптической металлографии исследованы изменения микроструктуры нано-КЭП в модельном растворе подтоварной воды месторождения «Жанажол» после коррозионных испытаний. Установлено, что для всех исследованных концентраций наилучшими антикоррозионными свойствами обладают нано-КЭП, полученные при температурах 333–343 К. Это объясняется тем, что в режиме высоких температур осаждаются блестящие покрытия, обладающие мелкокристаллической структурой.

Увеличение коррозионной стойкости нано-КЭП с повышением концентрации в углероде в хромовой матрице очевидно связано с уменьшением пористости покрытия, причина которой – электронная конфигурация валентных состояний (ЭКВС) хрома и углерода.

Для образования КЭП необходимо возникновение адгезии между хромом и дисперсной частицей, а это значит, что между атомами дисперсной частицы и хромом должен установиться процесс обмена электронами. Такое состояние возможно только при выполнении определенных условий, обусловленных ЭКВС хрома и материала дисперсной частицы.

Вероятность образования КЭП можно усмотреть при сравнении ЭКВС хрома и углерода. Действительно, если хром обобществит свой один s¹-электрон с углеродом, то приобретет устойчивое состояние d⁵s⁰, а углерод приобретет весьма устойчивую конфигурацию s²p³.

Таким образом, с увеличением концентрации углерода ввиду образования устойчивой композиции с наночастицами углерода и происходит уменьшение пористости нано-КЭП. Глубинный показатель коррозии с повышением температуры от 313–343 К уменьшается от $1,8 \cdot 10^{-2}$ до $0,5 \cdot 10^{-4}$ мм/год.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яр-Мухамедова Г.Ш. Физико-технологические основы формирования структуры металлических композиционных тонкопленочных систем. – Алматы, 2001. – 179 с.
- 2 Алферов Ж.Н., Асеев А.Л., Гапонов С.И. Наноматериалы и нанотехнология // Микросистемная техника. – СПб., 2003. – № 8. – С. 3-13.
- 3 Яр-Мухамедов Ш. Х., Яр-Мухамедова Г. Ш. Микроструктура нано-композиционных электролитических покрытий на основе хрома // Тр. Междунар. конф., посвященной 150-летию К. Э. Циолковского, 100-летию со дня рождения С. П. Королева, 50-летию со дня запуска первого в мире искусственного спутника Земли. – Алматы, 2007. – С. 22.
- 4 Яр-Мухамедова Г.Ш. Айдарбекова Р.Ы., Чукубаева А.Ж. Классификация существующих способов и устройств в соответствии со стадиями процесса формирования композиционного электролитического покрытия (КЭП) // Сб. науч. трудов КазНТУ. – Алматы, 2004. – Т. 2. – С. 415-418.
- 5 Сарсембинов Ш.Ш., Яр-Мухамедов Ш.Х., Яр-Мухамедова Г.Ш. Физические основы формирования структуры композиционных материалов с заданными свойствами. – Алматы, 2006. – С. 357.
- 6 Эванс Ю.Р. Коррозия и окисление металлов. – М.: Наука, 1992. – С. 855.
- 7 Томашев Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М.: Наука, 1999. – С. 59.
- 8 Arenas M.A., de Frutos A., Liu Y. // Surface and Coating Tehnology. – 2008. – Vol. 202(16). – P. 379.
- 9 Берукштис Г.К., Кларк Г.Б. Коррозионная устойчивость металлов и металлических покрытий в атмосферных условиях. – М.: Наука, 1991. – С. 159.
- 10 Розенфельд И. Л. Атмосферная коррозия металлов. – М.: Наука, 2000. – С. 278.

REFERENCES

- 1 Yar-Mukhamedova G.Sh., phizika- tehnologicheskie osnovy formirovaniya struktury metallicheskih kompozitsionnyh tonkoplenochnykh system. – Almaty, 2001. – 179 (in Russ.).
- 2 Alferov J.N., Aseev A.L., Gapanov S.N. // Mikrosistemnaya tekhnika. – 2003. – 8. – 3-13 (in Russ.).
- 3 Yar-Mukhamedov.Sh.H., Yar-Mukhamedova G.Sh. Mikrostruktura nanokompozitsionnykh pokrytii na osnove khroma. – Almaty, 2007. – С. 22.
- 4 Yar-Mukhamedova G.Sh., Aidarbekova R.Y., Chukbaeva A.J. // Sb. nauch. trudov KazNTU. – 2004. – 415-418 (in Russ.).
- 5 Sarsembinov SH.SH., Yar-Mukhamedov.Sh.H., Yar-Mukhamedova G.Sh. Phizichiskie osnovy formirovaniya struktury kompozitsionnykh materialov s zadannym svoistvomi. – 2006. – 357 (in Russ.).
- 6 Evans YU.R. Korroziya i okislenie metallo. – 1992. – 855 (in Russ.).
- 7 Tomashev N.D. Teoriya korrozii i zashity metallo. – 1999. – 59 (in Russ.).
- 8 Arenas M.A., de Frutos A., Liu Y. Surface and Coating Tehnology. – 2008. – V. 202(16). – 379.
- 9 Berkutis G.K., Klark G.B. Korroziionnaya ustoichivost' metallo i metallicheskih pokrytii v atmosfernykh usloviyah. – 1991. – 159 (in Russ.).
- 10 Rozenfel'd I.L. Atmosfernaya korroziya metallo. – 2000. – 278 (in Russ.).

Резюме

Г. Ш. Яр-Мухамедова¹, Р. А. Атишбаев²

¹(«Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ,
²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

НАНОКОМПОЗИЦИОННОЕ КАПТАМАЛАРДЫҢ КОРРОЗИЯҒА БЕРІКТІГІН «ЖАҢАЖОЛ» КЕН ӨНДІРУ СУЛАРЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЗЕРТТЕУ

Нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың Cr-SiO₂-C жемірілуге беріктігін зерттеулердің гравиметрлік және электр кедергесін өлшеу әдістемелері мен тәжірибелік қондырғылары әзірленді. Қаптама 303-343К температурада, құрамында С (11–100 нм) және SiO₂ (5–50 нм) бар, әмбебап хром электролитінен алынды. Нано-КЭҚ-қаптамалардың жемірілуге беріктігін зерттеу жұмыстары электролит жүзгіндердегі нанодисперстік фазалардың 333–343 К және ток тығыздығы 4 кА/м² болуы, шам күйесі 12 г/л және кремний қостотығы 8 г/л концентрацияларының оңтайлы қатынасын анықтауға мүмкіндік берді. Оптикалық микроскопия әдісімен «Жаңажол» кен өндіру ерітіндісінде нано-КЭҚ микроқұрылымдарындағы өзгерістердің жемірілуден кейінгі сынау жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Барлық зерттеулер үшін 333–343 К температура аралығында алынған нано-КЭҚ-лар ең жоғары жемірілуге беріктік қасиетке ие екендігі орнатылды. Бұл жоғары температура режимінде құрылысы кішікристалдық жылтыр қаптамалардың тұнуынан деп түсіндіріледі. Электролитте көміртегі концентрациясының 2-ден 10г/л дейін артуы хромдық матрица

кеуектілігінің айтарлықтай жоғарылауы анықталды. Бұл хромның электрондық конфигурациясының валентті күйінің тұрақтылануы электртің үрдісі кезінде көміртек нанобөлшектерінің хроммен өзара әсерлесуі салдарынан туындайды. Жемірілудің тереңдік көрсеткіші температура 303–343 К артқанда $1,8 \cdot 10^{-2}$ -ден $0,5 \cdot 10^{-4}$ мм/жыл – дейін төмендейді.

Кілт сөздер: нанокөмірлік электролиттік қаптамалар (нано-КЭК), оптикалық металлография, микроқұрылым.

Summary

G. Sh. Yar-Mukhamedova¹, R. A. Atchibayev²

¹«Center of Earth Science, Metallurgy and Benification» JSC, Almaty,

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

RESEARCH OF CORROSION RESISTANCE OF NANOSTRUCTURED COMPOSITE COATINGS IN PRODUCED WATER OF «JANAJOL» DEPOSIT

In article presents results of research corrosion stability of nano-CEC of Cr-SiO₂-C. For revealing an optimum parity of components and temperatures of sedimentation of effective sheetings, variations of a microstructure of nano-CEC in waters of a deposit «Janajol» are studied by a method of optical microscopy. Coverings received at temperatures 303–343 K from universal electrolyt of the chromium plating, containing carbon black lamp C (11–100 nm) and dioxide of silicon SiO₂ (5–50 nanometers). Researching of corrosion stability of nano-CEC have allowed to establish an optimum parity of concentration of nano dispersed phase in electrolyt-suspension which makes 12 g/l carbon black lamp and 8 g/l dioxide of silicon. It is established, that the best anticorrosive properties possess nano-CEC, which received at temperatures 333–343 K. It speaks that in a mode of high temperature deposited bright coverings with fine-grained structure and a smooth mirror surface. It speaks that in a mode of high temperature deposited bright coverings with fine-grained structure and a smooth mirror surface. It is established, that the increase of concentration of carbon in electrolyt from 2 to 12 g/l leads to significant reduction of porosity of a chromic matrix. It is associated with finding by chrome of a stable electronic configuration of valent conditions at interoperability nanoparticle of carbon with chrome during electro sedimentation. The deep parameter of corrosion with rise of temperature from 303 to 343 K decreases from $1,8 \cdot 10^{-2}$ up to $0,5 \cdot 10^{-4}$ mm/years.

Keywords: Nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), optical microscopy, microstructure.

Поступила 27.03.2013г.

А. П. РЯГУЗОВ, Х. А. АБДУЛЛИН, Т. Е. НУРМАМЫТОВ,
Н. К. МАНАБАЕВ, И. А. ЦЫГАНОВ, С. Б. АСАНОВА

(«Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа» КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОНДЕНСАЦИИ НА СТРУКТУРУ ПЛЕНОК a-C:H

Аннотация

Изучено влияние температуры подложки, мощности высокочастотного разряда магнетронного распыления графитовой мишени и атомной структуры подложки на структуру аморфной пленки гидрогенизированного углерода (a-C:H) в процессе роста. Проведенные исследования синтезируемых пленок a-C:H методом комбинационного рассеяния света показали различие в их молекулярной структуре. Такое различие, прежде всего, обусловлено уникальной способностью атомов углерода в формировании структурных единиц, отличающихся природой связи валентных электронов и кластеризации атомов в наноструктуры с одинаковой гибридизацией.

Ключевые слова: ВЧ распыление, алмазоподобный углерод, a-C:H.

Кілт сөздер: жоғары жиілікті шашырату, алмас сияқты көміртек, a-C: H.

Key words: RF sputtering, diamond-like carbon, a-C: H.

Введение. Последние два десятилетия интенсивно проводятся поиски синтеза новых аллотропных форм углерода или возможности создания уникальных комбинированных углеродных структур с новыми свойствами. Немаловажный интерес исследователей направлен на получение и изучение структуры и свойств пленок аморфного гидрогенизированного углерода (a-C:H). Такой интерес, прежде всего, вызван как существованием различных структурных форм из атомов углерода, так и структурных модификаций с участием атомов водорода. Различие в многообразии соединений определяется процентным соотношением sp , sp^2 и sp^3 гибридизированных связей. $sp^{(n)}$ -состояния в свою очередь определяют количественное соотношение σ и π связанных электронов, что приводит к различию физических и электронных свойств пленок a-C:H.

Энергетическое состояние конденсируемых атомов и молекулярных групп, величина потенциала взаимодействия между атомами конденсируемого вещества и изменяющимся потенциалом поверхности подложки являются основными условиями, которые определяют структуру растущей пленки. В работах [1-4] было показано, что структура пленок a-C:H существенно зависит от условий синтеза. В данной работе рассматривается метод магнетронного высокочастотного ионно-плазменного распыления (ВЧ-метод) графитовой мишени в атмосфере CH_4+Ar .

Эксперимент. Пленки a-C:H синтезированы ВЧ- методом при давлении 0.3 Па смеси газов CH_4 (10%) + Ar (90%) на частоте 13.56 МГц и при удельной мощности ВЧ- разряда 1.8, 2.7 и 3.6 Вт/см². Осаждение пленок проводилось на стеклянные и кремниевые (с ориентацией (100)) подложки при температурах от 200 до 290 °С. Толщина пленок определялась при помощи электронного микроскопа Quanta 200i 3D (FEI, США) на свежем сколе кремниевой пластины и менялась от 110 до 230 нм.

Исследование рамановских спектров проводилось на приборе Ntegra Spectra (NT-MDT, Россия). В качестве источника возбуждения спектров комбинационного рассеяния света (КРС) использовался лазер с длиной волны 473 нм и мощности излучения 20 мВт. Были проведены исследования по влиянию лазерного излучения на структурные превращения в пленках. Во время измерения КРС смещение основных пиков спектров не обнаружено, что говорит о стабильности структуры к воздействию лазерного излучения.

Результаты и обсуждение

Спектры комбинационного рассеяния света пленок a-C:H, приготовленных на кремниевых и стеклянных подложках при различной температуре, приведены на рисунке 1. Из рисунка видно, что спектры КРС характеризуются основными пиками: D – «disorder» и G – «graphite», а также пиками меньшей интенсивности второго порядка. Пик D появляется на частоте 1360 см⁻¹ на кремниевой подложке и смещается в низкочастотную область на 10 см⁻¹ в пленках, синтезированных на стеклянных подложках. Пик G имеет фиксированное положение при 1600 см⁻¹ независимо от материала подложки. Помимо этого можно сказать, что спектры КРС пленок существенно отличаются соотношением их интенсивностей I(D)/I(G) [5]. Согласно эмпирическому соотношению Туинстра и Кёнинга [5], проведена оценка размеров (r) нанокластеров, составляющих матрицу аморфной гидрогенизированной углеродной пленки, осажденной на c-Si, $r \approx 2$ нм и на стекле, $r \approx 1.2$ нм.

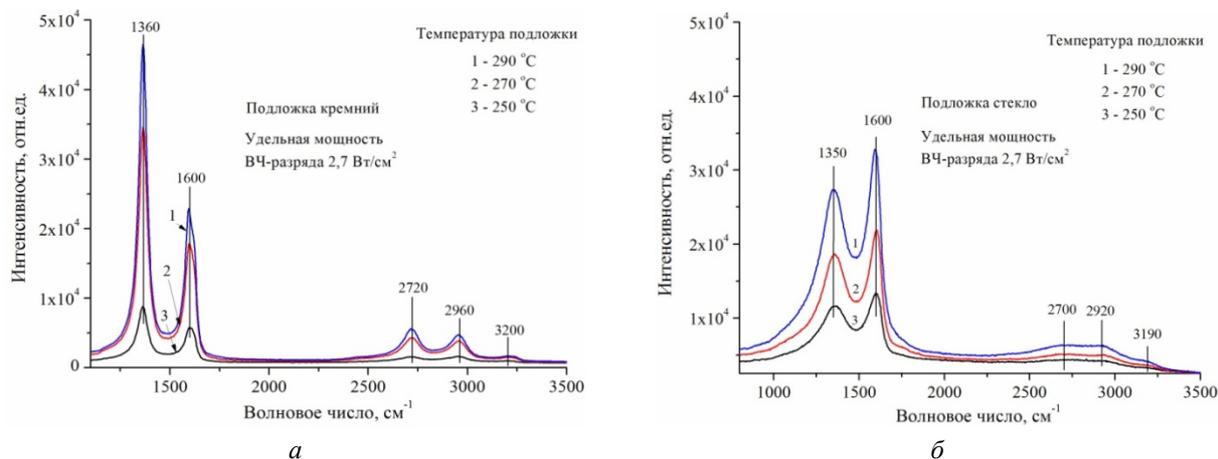


Рисунок 1 – Рамановская спектроскопия пленок а-С:Н, приготовленных на кристаллическом кремнии – а и на стекле – б

В работе [6] рассмотрен вопрос о насыщении водородом графена, и авторами сделан вывод, что появление острого D пика связано с фононами деформированных sp^2 связей в результате присоединения водорода и делокализацией π -электрона. Помимо этого, у G пика (рисунок 3а) появляется плечо в области 1620 см^{-1} , которое связывают с D пиком и обозначают как D'. Нужно заметить, что в нашем случае D' пик проявляется в виде плеча только в пленках, приготовленных на кремнии. Увеличение интенсивности D пика приводит к увеличению D'. Авторы [6] утверждают, что именно гидрирование приводит к возникновению резких D и D' пиков. Необходимо обратить внимание на тот факт, что D пик КРС в пленках а-С:Н, приготовленных на кремнии, в два раза больше G пика. Увеличение интенсивности D пика в два раза говорит о формировании определенной нанокластерной структуры в пленках на поверхности кремния, а не об увеличении беспорядка. Появление D' можно утвердительно приписать к формированию таких нанокластерных структур.

Действительно, присоединенный водород изменяет гибридизацию углерода с sp^2 на sp^3 с углами 110° между всеми связями и в результате понижает энергию системы. В работе [7] рассмотрены спектры, полученные при помощи ультрафиолетового лазерного возбуждения системы КРС пленок а-С:Н и показано, что аморфный гидрогенизированный углерод имеет более весомый вклад sp^3 связей за счет присоединения водорода и образования СН конфигураций, такие структуры называют тетраэдральным аморфным углеродом (ta-C:H).

В пленках, приготовленных на стеклянных пластинках, мы наблюдаем, что интенсивность D пика меньше G пика и, как утверждают авторы [7], D пик определяет разупорядочение структуры. Помимо этого, они связывают появление G пика при 1600 см^{-1} с существованием в матрице так называемых «дыхательных» колебательных мод sp^2 состояний в структуре колец и цепей аморфной тетрагональной гидрогенизированной углеродной пленки (ta-C:H).

Существенно заметна разница между полушириной D и G пиков, приготовленных на кремниевой и стеклянной подложках, т.е. $\sim 60 \pm 10\text{ см}^{-1}$ и $\sim 160 \pm 50\text{ см}^{-1}$ соответственно. Уменьшение полуширины пиков может говорить о увеличении плотности кластеров с упорядоченной атомной структурой. На стеклянной подложке структура более разупорядоченная и величина, и полуширина D пика говорит о степени аморфности структуры пленок а-С:Н.

Из рисунка 1 видно, что форма спектра, частота и соотношение интенсивностей пиков $I(D)/I(G)$ остается постоянной как для пленок, синтезированных на кремнии, так и на стекле, но интенсивность пиков растет при увеличении температуры подложки при фиксированном времени и одинаковых условиях синтеза. Такое изменение интенсивности пиков связано с увеличением толщины пленок, т.е. возрастает процесс термически активированной хемосорбции.

Изучение влияния мощности ВЧ-разряда на процесс конденсации атомов на подложку с-Si показало, что увеличение мощности приводит к уменьшению соотношения интенсивностей $I(D)/I(G)$ [5], а следовательно, к большей степени аморфизации пленки а-С:Н (рисунок 2).

Было показано [8], что синтезированные при $200\text{ }^\circ\text{C}$ пленки а-С:Н ВЧ-методом, имеют наибольшую величину энергии активации проводимости. Как известно, структура вещества и именно ближний порядок отвечает за формирование распределения состояний электронов, а значит, определяет свойства вещества. Поэтому возникает вопрос, на сколько сильно мощность ВЧ-разряда влияет на формирование атомной структуры аморфной гидрогенизированной углеродной пленки? Отметим, что удельная мощность ВЧ-разряда изменялась на одинаковую величину $\sim 0.9\text{ Вт/см}^2$.

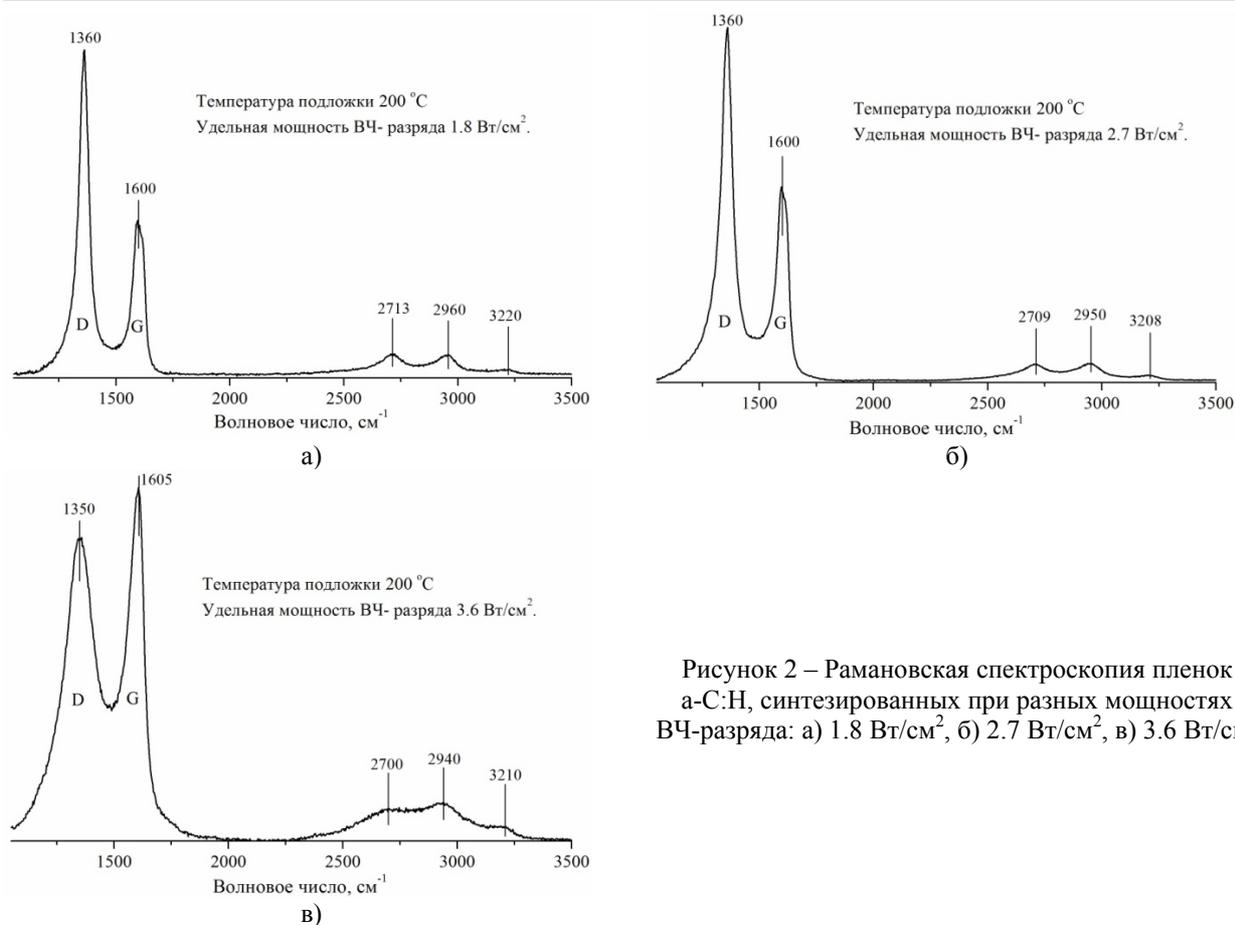


Рисунок 2 – Рамановская спектроскопия пленок а-С:Н, синтезированных при разных мощностях ВЧ-разряда: а) 1.8 Вт/см², б) 2.7 Вт/см², в) 3.6 Вт/см²

Авторы [6] отметили, что если значения отношения $I(D)/I(G)$ меньше 2.2, то необходимо проводить оценочные расчеты размеров нанокристаллитов для аморфного состояния. В нашем случае проведенная оценка размеров нанокристаллитов для пленок, приготовленных при удельной мощности ВЧ-разряда 1.8, 2.7 и 3.6 Вт/см², составили соответственно 19.5?, 18? и 12.5?, откуда видно, что в области значений при ~3 Вт/см² происходит существенное изменение процесса кластерообразования. Такое резкое уменьшение размеров нанокластеров и соответственно увеличение степени аморфизации структуры пленок а-С:Н обусловлено увеличением энергией конденсируемых атомов.

Особенно следует обратить внимание на то, что происходит существенное изменение формы, положения и интенсивности D и G пиков (рисунок 4 б и в), т.е. наблюдаем существенное изменение атомной структуры аморфной гидrogenизированной углеродной пленки.

Заключение. Участие в формировании атомной структуры пленки сразу нескольких процессов, существенно отличающихся физико-химической природой и энергетикой в конденсации атомов, приводит к формированию аморфных гидrogenизированных пленок а-С:Н, существенно отличающихся структурой. Такое изменение в структуре можно объяснить, если разграничить приоритеты процессов конденсации атомов на подложку, что и будет определять механизм в структурообразовании синтезированных пленок.

Отметим, что данные результаты получены впервые и отличаются от синтезированных пленок в ранних работах ученых [1-7]. Это отличие видно из спектров комбинационного рассеяния света. При этом стоит указать, что на условия синтеза пленок а-С:Н, помимо вышеуказанных процессов, оказывает влияние геометрия камеры и величина магнитного поля магнетрона.

Существенное влияние мощности ВЧ- разряда и других вышеопределенных условий на формирование атомной структуры а-С:Н определяют процентное соотношение sp⁽ⁿ⁾-гибридизированных связей, что приводит к определенному энергетическому распределению локализованных и делокализованных π-электронов, которые участвуют в формировании краев энергетических зон. Энергетическое распределение электронов определяет электронные свойства вещества.

Из вышесказанного следует, что, меняя условия конденсации, можно получать пленки а-С:Н различной наноструктурной модификации, что расширяет спектр создания различных приборов и возможности их применения.

Работа выполнена при поддержке гранта по фундаментальным исследованиям Комитета науки МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Иванов-Омский В.И., Толмачев А.В., Ястребов С.Г. Оптические свойства пленок аморфного углерода, выращенного при магнетронном распылении графита // Физика и техника полупроводников. – 2001. – Т. 35, № 2. – С. 227-232.
- 2 Maryam H., Mahmood G., Reza N. Preparing of Diamond in the Presence of CH₄-H₂ in a Cold Plasma Produced by a Magnetron // Proceedings of the 13th International Conference on Experimental Mechanics. «Experimental Analysis of Nano and Engineering Materials and Structures». – Alexandroupolis, Greece, 2007. – July 1–6. – P. 59-60.
- 3 Angus J.C., Hayman C.C. Low-Pressure, Metastable Growth of Diamond and «Diamondlike» Phases // Science. – 1988. – Vol. 241, № 4868. – P. 913-921.
- 4 Tsai H.C., Body D.B. Characterization of diamondlike carbon films and their application as overcoats on thin-film media for magnetic recording. Critical review // Journal of Vacuum Science & Technology, A: Vacuum, Surfaces, and Films. – 1987. – Vol. 5(6). – P. 3287-312.
- 5 Tuinstra F., Koenig J.L. Raman Spectrum of Graphite // Journal of Chemical Physics. – 1970. – Vol. 53, № 3. – P. 1126-1131.
- 6 Elias D.C., Nair R.R., G. Mohiuddin T.M., Morozov S.V., Blake P., Halsall M.P., Ferrari A.C., Boukhvalov D.W., Katsnelson M.I., Geim A.K., and Novoselov K.S. Control of Graphene's Properties by Reversible Hydrogenation: Evidence for Graphane // Science. – 2009. – Vol. 323, № 5914. – P. 610-613.
- 7 Ferrari A.C., Robertson J. Resonant Raman spectroscopy of disordered, amorphous, and diamondlike carbon // Physical Review B. – 2001. – Vol. 64, № 7. – 075414(13).
- 8 Бабаев А.А., Султанов С.Б., Абдулвагабов М.Ш., Теруков Е.И. Электрические, оптические и механические свойства аморфного гидрогенизированного углерода, полученного при различных условиях осаждения // Физика и техника полупроводников. – 2011. – Т. 45, вып. 1. – С. 120-122.

REFERENCES

- 1 Ivanov-Omskii V.I., Tolmachev A.V., Yastrebov S.G. Opticheskie svoistva plenok amorfnoogo ugleroda, vyrashennogo pri magnetronnom raspylenii grafita // Fizika i tehnika poluprovodnikov. – 2001. – Т. 35, № 2. – С. 227-232. (in Russ.).
- 2 Maryam H., Mahmood G., Reza N. Preparing of Diamond in the Presence of CH₄-H₂ in a Cold Plasma Produced by a Magnetron // Proceedings of the 13th International Conference on Experimental Mechanics. «Experimental Analysis of Nano and Engineering Materials and Structures». – Alexandroupolis, Greece, 2007. – July 1–6. – P. 59-60.
- 3 Angus J.C., Hayman C.C. Low-Pressure, Metastable Growth of Diamond and «Diamondlike» // Phases Science. – 1988. – Vol. 241, № 4868. – P. 913-921.
- 4 Tsai H.C., Body D.B. Characterization of diamondlike carbon films and their application as overcoats on thin-film media for magnetic recording. Critical review // Journal of Vacuum Science & Technology, A: Vacuum, Surfaces, and Films. – 1987. – Vol. 5(6). – P. 3287-312.
- 5 Tuinstra F., Koenig J.L. Raman Spectrum of Graphite // Journal of Chemical Physics. – 1970. – Vol. 53, №3. – P. 1126-1131.
- 6 Elias D.C., Nair R.R., G. Mohiuddin T.M., Morozov S.V., Blake P., Halsall M.P., Ferrari A.C., Boukhvalov D.W., Katsnelson M.I., Geim A.K., and Novoselov K.S. Control of Graphene's Properties by Reversible Hydrogenation: Evidence for Graphane // Science. – 2009. – Vol. 323, № 5914. – P. 610-613.
- 7 Ferrari A.C., Robertson J. Resonant Raman spectroscopy of disordered, amorphous, and diamondlike carbon // Physical Review B. – 2001. – Vol. 64, № 7. – 075414(13)
- 8 Babayev A.A., Sultanov S.B., Abdulgabobov M.Sh., Terukov E.I. Elektricheskie, opticheskie i mehanicheskie svoistva amorfnoogo gidrogenizirovannogo ugleroda, poluchennogo pri razlichnyh usloviyah osazhdeniya // Fizika i tehnika poluprovodnikov. – 2011. – Т. 45, вып. 1. – С. 120-122. (in Russ.).

Резюме

*А. П. Рягузов, Х. А. Абдуллин, Т. Е. Нұрмамытов,
Н. К. Манабаев, И. А. Цыганов, С. Б. Асанова*

(«Ашық түрдегі ұлттық нанотехнологиялық зертхана» әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ.)

а-С: Н ҚАБЫРШАҚТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА КОНДЕНСАЦИЯ ШАРТТАРЫНЫҢ ӘСЕРІ

Гидрогенизирленген көміртек (а-С:Н) аморфтық қабыршақтың құрылымына өсу кезінде төсеніштің атомдық құрылымы және температурасының, жоғары жиілікті магнетрондық разряд қуатының әсері зерттелінді. а-С:Н синтезделген қабыршақтардың комбинациялық шашырау әдісімен жасалынған зерттеулер олардың молекулалық құрылымында ерекшеліктер бар екенін көрсетті. Осы айырмашылық көміртек атомдарының ұқсас гибридтеу нанокұрылым қалыптасуымен шартталады.

Кілт сөздер: жоғары жиілікті шашырату, алмас сияқты көміртек, а-С: Н.

Summary

*A. P. Ryaguzov, H. A. Abdullin, T. E. Nurmamyrov,
N. K. Manabaev, I. A. Cyganov, S. B. Asanova*

(«National Nanotechnology Open Laboratory» KazNU n.a.al-Farabi, Almaty)

EFFECTS OF CONDENSATION ON THE STRUCTURE Films of a-C: H

The influence of substrate temperature, power of high-frequency discharge magnetron sputtering of graphite target and an atomic structure of the substrate on the structure of amorphous hydrogenated carbon films (a-C: H) in the growth process. The conducted research of synthesized a-C: H films by Raman scattering showed a difference in their molecular structure. This difference is first of all due to the unique ability of carbon atoms in the forming of structural units differing by bonding nature of the valence electrons and clustering atoms in nanostructures with the same hybridization.

Key words: RF sputtering, diamond-like carbon, a-C: H.

Поступила 27.03.2013г.

Л. П. ЖАНАЕВА¹, Г. Ш. ЯР-МУХАМЕДОВА², М. М. МОЛДАБАЕВ³

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,

²«Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ,

³Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.)

КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚАПТАМАЛАРДЫҢ МИКРОҚАТТЫЛЫҒЫНА НАНОДИСПЕРСТІК ФАЗАЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРЫНЫҢ ҚАТЫНАСТАРЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация

Микроқаттылықты өлшеуге арналған ПМТ-3 қондырғысының көмегімен, инденторға 100 г жүк түсіру арқылы анықталды, өлшенген микроқаттылықтың мәндері әртүрлі концентрация арақатынасымен алынған нанокөпбөлімдік электролиттік қаптамалардың (нано-КЭЖ) микроқаттылығы. Композициялық қоспа ретінде кремний қостотығы және шам күйесінің наноөлшемді ұнтақтарының C/SiO₂ арақатынастары: 2/18, 4/16, 6/14, 10/10, 12/8, 14/6, 16/4, 18/2 электролит алынды. Қаптамалар 50x20x2 мм өлшемдегі ст 3 маркасы болат бетіне тұндырылды. Электротұндыру температурасы – 333 К. Алынған мәліметтерді салыстыру нәтижесінде, микроқаттылықты өлшегеннен кейін азаятынын көреміз және де жасау уақыты артқан сайын алшақтықтың артқанын байқаймыз, бұл кристалдық тордың өзгеруімен байланысты деуге болады. Электролиттегі ток тығыздығы 6 кА/м² және шам күйесі мен кремний қостотығының концентрациясының әртүрлі арақатынастары, композиттік электролиттік қаптамалардың микроқаттылығына бір қалыпты әсер етпейтіндігін көрсетті. Графигімізден көре аламыз: 2–14 г/л-ге дейінгі шам күйесінің концентрациясында бір қалыпты өседі, ал 14-те максималды мәнге жетеді, соңынан төмендейді. Графиктің өсуі, мен азаюы ары қарай зерттеуді талап етеді.

Кілт сөздер: Микроқаттылық, нанокөпбөлімдік электролиттік қаптамалар (нано-КЭЖ), микроқұрылым, хром, шам күйесі.

Ключевые слова: микротвердость, нанокөпбөлімдік электролитические покрытия (нано-КЭП), микроструктура, хром, сажевая лампа.

Keywords: microhardness, electrical nanocomposite surface, microstructure, chrome, black lamp.

Кіріспе. Материалдық ресурстардың тапшылығының өсуіне байланысты металлургияның әлемдік дамуы ХХІ ғасырда металдарды тиімді пайдалануға және тек қана үнемді легирленген қорытпаларды, жекелеп алғанда темір негізіндегі – болат пен шойын қорытпаларын пайдалануға бағытталған.

Конструкциялық материалдарға, машина жасау бұйымдарына талап етілген, пайдалану қасиеттерді беру металлургияда термиялық, химия-термиялық технологияны және бұйым бетін энергияның көздерімен өңдеуде пайдалануға негізделген. Мұндай әсер етудің нәтижесі болып бұйымның алғашқы бетінде құрылымдық өзгеруі болып табылады және бұл түрлендіру үдерісі немесе беттік қаптау деп аталады. Ғылыми-техникалық әлеуеттің деңгейі, жалпы түрде өркеніеттің деңгейі – бұл жаңа материалдың қажеттілігін анықтайды. Қажеттілік әсіресе ХХ ғасырдың соңғы он жылдығы мен ХХІ ғасырдың басында жоғары дәрежеге жете бастады. Қазіргі уақыттағы ең басты мәселе металдың коррозиясы және тозуымен күресу болып табылады. Бұл әсіресе бұйымдар, машина, агрессивті ортада: теңіз суы, көптеген қышқылдар, әртүрлі тұздарды өңдеуде, көмір мен руда және т.б өндірістерінде көп кездеседі. Соңғы жылдарда жүргізілген отандық және шетелдік зерттеу жұмыстары, нанокұрылымды керамикалық және композициялық бұйымдардың дәл пішінін дайындауда, жоғары төзімділіктегі және кесуші құрал-саймандарды өндіру үшін нанокұрылымдық қатты қорытпаларды алу, нанокұрылымды ұрмалы төзімді термо және коррозияға беріктілігі жоғары қаптамаларды жасап шығарудың конструкциялық материалдарды жасау аймағының негізгі бағыттарының келешегі зор екендігін көрсетеді [1-4].

Ғылыми-техникалық прогресс пен даму деңгейлері жаңа материалдар жасаудың қажеттілігін арттырады. Композиттік электролиттік қаптамалар осы мәселені шешуде басты рөл атқарады. Композиттік электролиттік қаптамалар – бұл металдық матрицадан тұратын және айрықша физика-химиялық қасиеттерге ие, дисперстік фазалары бар электролиттік композит болып табылады. Дисперсті бөлшектер 100 нм-ден кіші болса, онда олар наноматериалдардың қатарына кіреді және дисперсті бөлшектер металдық матрицаның қасиеттерін түбегейлі өзгертеді. Сондықтан бұл композиттік электролиттік қаптамалар түсінігін жеке топқа бөліп реттейді, ал ең бастысы нанокөпбөлімдік электролиттік қаптамалар мен негізгі зерттеу жұмыстары

олардың құрылымы мен қасиеттерін нақтылай түседі. КМ қасиеттері барлық кезде бұйымдардың немесе концентрациялардың барлық көлемінде талап етілмейді тек белгілі қалыңдықтағы жұқа қабатында ғана пайдалану шарттарына байланысты қапталса жеткілікті. Нанокөмірдің электролиттік қаптамалар (нано-КЭК) әдісі дисперсті бөлшектер мен негізгі металды электролиттік бірге тұндыруға (жабыстыруға) жұқа қорғаушы қабатты композит түрінде алуға мүмкіндік береді [5-7].

Елімізде қорытпалардың микроқаттылығын анықтау тәсілін зерттеу 1940 жылдардан бері белгілі. Металдардың микроқаттылығын арнайы ПМТ-3 қондырғының көмегімен анықтау тәсілін белгілі ғалымдар М. М. Хрущев пен Е. С. Беркович [8] ойлап тапқан. Негізінде ПМТ-3 қондырғы әртүрлі материалдардың микроскоптық аз көлеміндегі микроқаттылығын анықтауға арналған.

Қазіргі өнеркәсіптерде бұл тәсілді әртүрлі технологиялық операциялармен өңдеу үдерістері бөлшектерді жоғарғы қабатының химия-механикалық қандай дәрежеде әсер ететінін зерттеуде, сондай-ақ қорытпаларды құрылымдық жеке бөліктерінің, сонымен бірге қалыңдығы 0,1 мм-ден кем өте жұқа арнаулы әртүрлі бөлшектердің микроқаттылығын анықтау үшін пайдаланылады [9, 10].

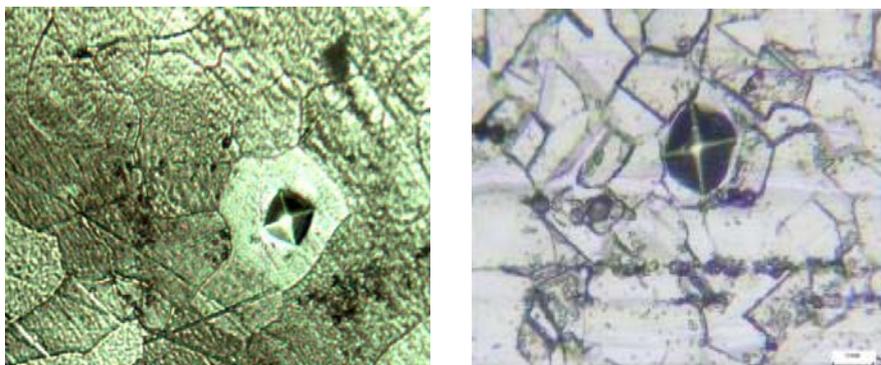
1-сурет – 333 К температурадағы және әртүрлі C/SiO₂ арақатынасындағы үлгілердің суреті



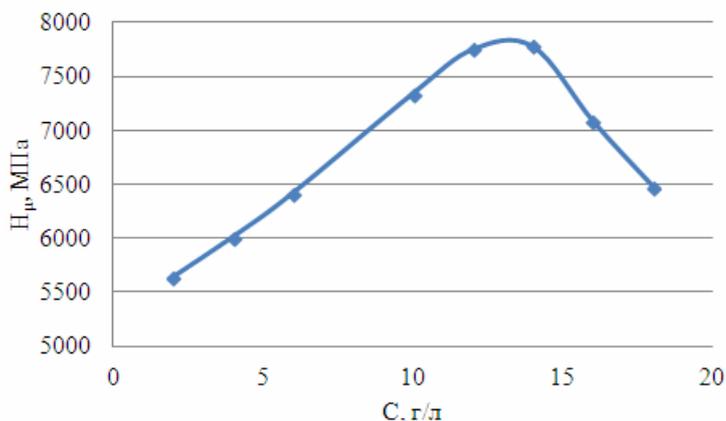
Зерттеу бөлімі және нәтижелерді талдау. Микроқаттылық ПМТ-3 қондырғының көмегімен инденторға 100 г жүк түсірілу арқылы алмазды пирамиданы металға батырғанда қалатын із мөлшерін өлшеу арқылы анықтадық, өлшенген микроқаттылықтың мәндері – концентрация қатынасымен алынған электролит. Негізінде микроқаттылықты анықтау тәсілі Виккерс тәсілімен бірдей деп айтуға болады. Демек бұл тәсілмен арнайы бұйымдардың микроқаттылығын анықтағанда сыналатын үлгіге Виккерс тәсіліндегідей қарама қарсы жақтарының ішкі бұрышы 136° болып келетін алмаз пирамидасының ұшы аз күш (5–500 г) мөлшерінің әсерімен батырылады. Ал жеке құрылымдық бөліктерінің микроқаттылығы үлгіге түскен күш мөлшерімен және сол күштің әсерінен түсірілген дақтың диаметрі бойынша есептеледі.

Жұмыстың мақсаты композиттік наноөлшемді ұнтақталған кремний қостотығы (5–50 нм) және шам күйесін (11–100 нм) қолдана отырып электролиттік хромдық қаптаманың микроқаттылығының (C/SiO₂) арақатынасына, тоқ тығыздығы мен электролит-суспензия температурасына тәуелділігін зерттеу болып табылады. Сондықтан хром негізіндегі наноқұрылымдалған композиттік электролиттік қаптамалардың (нано-КЭК) микроқаттылығына температураның (333 К) және кремний диоксиді мен шам күйесінің арақатынастары C/SiO₂ 2/18, 4/16, 6/14, 10/10, 12/8, 14/6, 16/4, 18/2, индентордың іздерінің өлшемдері – 30 мкм және танбаның үлкен болғандықтан, алынған микроқаттылықтың мәндері келтірілген. Алынған мәліметтерді салыстыру нәтижесінде, микроқаттылықтың айырмашылығынан кейін азаятынын көреміз және де тәжірибе уақыты артқан сайын алшақтықтың артқанын байқаймыз, нәтиже барысында кристалдық торлардың өзгеруімен байланысты деп түсіндіріледі.

Материал микроқұрылымының және бөлімінің қаттылығы, белгілі бір жүктемемен алынған металға батырғанда қалатын алмазды пирамидан із мөлшерімен өлшейміз, микроқаттылық ПМТ-3 қондырғысының көмегімен үлгі бетінде түсірілген пирамидалар 2-суретте көрсетілген.



2-сурет – ПМТ-3 қондырғысында түсірілген микроқаттылықтың пирамидасы



3-сурет – Үлгілердің әртүрлі C/SiO₂ арақатынасындағы микрокаттылықтарының графигі

Нано-КЭЖ $j=6$ кА/м² және 333 К температурада алынған микрокаттылығының концентрацияға тәуелділігіне зерттеу жүргізілді, зерттеу нәтижесі 2-суретте көрсетілген.

Қорытынды. Зерттеу қорытындысы, шам күйесі мен кремний қостотығының концентрациясының әртүрлі арақатынастары (C/SiO₂) және тоқ тығыздығы композиттік электролиттік қаптамалардың микрокаттылығына бір қалыпты әсер етпейтіндігін көрсетті. Біз графиктен (2-сурет) көре аламыз: 2–14 г/л-ге дейінгі шам күйесінің концентрациясында бір қалыпты өседі, ал 14-те максимальды мәнге жетеді, содан соң кеміп кетеді. Графиктегі үлгі микрокаттылықтарының C/SiO₂ арақатынасына байланысты өсуі, соңынан кемуі байқалады. Оларды дәлелдеу үшін микроқұрылымдарын ары қарай зерттеуді талап етеді

ӘДЕБИЕТ

- 1 Паршев С.Н., Положенко Н.Ю. Микротвердость материалов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2004. – 15 с.
- 2 Омаров А.К., Абдураимов Е.Е. Материалтану мен металдарды коррозиядан қорғау практикумы. – Алматы: Ана тілі, 1993. – 110 б.
- 3 Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов. – М.: Металлургия, 2002. – 224 с.
- 4 Татарченко Г.О. К вопросу о механизме действия озона на коррозию металлов // Физ.-хим. механика материалов. – 2006. – Спец. вып. – Т. 1, № 5. – С. 133-137.
- 5 Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1996. – 230 с.
- 6 Яр-Мухамедова Г.Ш., Татарченко Г.О. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей в присутствии озона // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 82-87.
- 7 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. Investigation of nano-dispersion phase components ratio influence on corrosion resistance of Cr-SiO₂-C nano-composition electrolytic coatings // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 87-92.
- 8 Хрущов М.М., Беркович Е.С. Приборы ПМТ-2 и ПМТ-3 для испытания на микротвердость. – М.: Изд-во РАН, 2000. – 69 с.
- 9 Хрущов М.М. Микротвердость. Труды совещания по микротвердости. – М.: Изд-во РАН, 1991. – 269 с.
- 10 Мощенок В.И. Современные методы определения нано-микро-макротвердости материалов. Инженерия поверхности и реновация изделий. – Киев: АТМ Украина, 2009. – 139-140 с.

REFERENCES

- 1 Parshev S.N., Polozenko N.Y. **2004**. 15 (in Russ).
- 2 Omarov A.K., Abduraimov E.E. **1993**. 110 (in Russ).
- 3 Glazov V.M., Vigdorovich V.N. **2002**. 224 (in Russ).
- 4 Tatarchenko G.O. *Fiziko-khimicheskaya Mexanika Materialov*. **2006**. V.1. № 5. 133-137 (in Russ).
- 5 Grigorovich V.K. **1996**. 230 (in Russ).
- 6 Yar-Mukhamedova G.Sh., Tatarchenko G.O. *Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya*. **2012**. №3. 82-87 (in Russ).
- 7 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. *Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya*. **2012**. №3. 87-92.
- 8 Hruschov M. M., Berkovich E.S. **2000**. 69 (in Russ).
- 9 Hruschov M. M. **1991**. 269 (in Russ).
- 10 Moschenok V. I. **2009**. 139-140 (in Russ)

Резюме

Л. П. Жанаева¹, Г. Ш. Яр-Мухамедова², М. М. Молдабаев³

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,

² АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»,

³ Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, г. Алматы

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ НАНОДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Определена микротвердость с помощью ПМТ-3 установки через взвешивание груза в 100 г на инденторе, эти показатели – микротвердости наноконпозиционных электролитических покрытий (нано-КЭП), взятые с различной концентрацией соотношения. В качестве композиционной смеси были взяты диоксид кремния и наночастицы сажи лампы, соотношения C/SiO₂ в электролите: 2/18, 4/16, 6/14, 10/10, 12/8, 14/6, 16/4, 18/2. Для образцов покрытий ст3 сталь оттаивалась в размере 50x20x2 мм. Температура электроосаждения 333 К. В результате сравнения полученных данных, мы видим, что размеры после процесса отвердевания уменьшаются и, чем больше время процесса, тем больше становится расстояние, можно сказать, что это связано с изменением кристаллической решетки. Плотность тока микротвердости 6 кА/м², также концентрация различных соотношений сажи лампы и диоксида кремния влияют неоднородно на микротвердость композиционных электролитических покрытий. Это мы можем увидеть в графике: в интервале концентрации 2–14 г/л сажи ламповой микротвердость равномерно увеличивается, в точке 14 – имеет максимальную значение 7800 МПа, после – уменьшается до 6500 МПа.

Ключевые слова: микротвердость, наноконпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), микроструктура, хром, сажевая лампа.

Summary

L. P. Zhanaeva¹, G. Sh. Yar-Mukhamedova², M. M. Moldabaev³

¹Al-Farabi Kazakh national university, Almaty,

²«Center of Earth Science, Metallurgy and Benification» JSC, Almaty,

³ Kazakh National Technical University after K. I. Satpayev)

THE STUDY OF THE RATIO OF THE INFLUENCE OF NANODISPERSE PHASE CONCENTRATIONS ON THE MICROHARDNESS OF COMPOSITE COATINGS

We have defined microhardness by means of PMT-3 installations through weighing of a cargo in 100 on the indenter, these parameters – microhardness is nano-composition electrolytic coatings (nano-CEC), the relations taken with various concentration. As a composite mixture relations C/SiO₂ in electrolit have been taken dioxide silicon and nanomical lamps: 2/18, 4/16, 6/14, 10/10, 12/8, 14/6, 16/4, 18/2. For samples of coatings Cr3 steel was defended at a rate of 50x20x2 mm. Temperature of electrodeposition 333 K. As a result of comparison of the received data, we see, that the sizes after process a hardening decrease and, the more time of process, the there is a distance more, it is possible to tell, that it is connected with variation of a crystal bar. Density of a current of microhardness 6 кА/м², also concentration of various parities soot lamps and dioxide silicon influence is non-uniform on microhardness composition electrolytic coverings. We can see it in the chart: in an interval of concentration 2–14 г/л soot lamp microhardness in regular intervals increases, in a point 14 – has maximal value 7800 МПа, after – decreases up to 6500 МПа.

Keywords: microhardness, electrical nanocomposite surface, microstructure, chrome, black lamp.

Поступила 27.03.2013г.

А. С. УСАРОВ

(Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызская Республика)

ПРИМЕСНЫЕ ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ KCl-Ge**Аннотация**

Физические процессы в кристаллах в значительной степени зависят от особенностей электронных возбуждений, определяют характер процессов, происходящих в сцинтилляторах и люминофорах при их возбуждении. Электронные возбуждения ионных кристаллов хорошо изучены как по спектрам поглощения, так и спектрально-кинетическим методом. В этих системах важную роль играют экситоны малого радиуса и электронно-дырочные пары. В облученных кристаллах KCl-Ge при $T = 295$ К обнаружены полосы поглощения в спектральной области 5.05, 5.45 и 3.95 эВ. Показано, что эти полосы принадлежат $Ge^{2+}v_c^-$ -центрам. Установлено, что оптически полосы поглощения 3.95 и 5.05 эВ превращаются в F-центры и обратно.

Ключевые слова: ртутеподобные, S-оболочка, электрон-фонон, люминесценция, синглет, триплет, ОДМР, фотон, рекомбинация, вырожденные, анион, катион, закаленные, интенсивности.

Клт сөздөр: Сынаптаризділер, S-кабык, электрон-фонон, люминесценция, синглет, триплет, ОДМР, фотон, рекомбинация, азғындалған, анион, катион, қарқындылығы.

Keywords: S-shell electron-phonon luminescence, singlet, triplet, photon, recombination, degenerate, anionic, cationic, intensity.

Введение. Двухвалентные ртутеподобные ионы (A^{2+}) в щелочно-галогидных кристаллах (ЩГК) ассоциированы с компенсирующей их избыточный заряд катионной вакансией (v_c^-). Благодаря этому $A^{2+}v_c^-$ -центры эффективно захватывают как электроны, так и дырки [1], в результате чего создаются электронные (A^+) и дырочные (A^{3+}) центры разной структуры. Ионы (A^{2+}) при определенных условиях существенно увеличивают эффективность радиационного создания F- и α -центров в ЩГК [2,3], что говорит о возможности стабилизации примесью междоузельных атомов и ионов галоида (i_a^0, i_a^-).

Щелочно-галогидные кристаллы, активированные двухвалентными ионами германия, обладающими заполненной оптической S-оболочкой, представляют собой системы с сильным электрон-фононным взаимодействием. Обладая целым рядом очень интересных особенностей, $Ge^{2+}v_c^-$ -центры в ЩГК представляют большой интерес для спектроскопии примесных центров в кристаллах. В частности, наличие изотопов германия как с полужельем, так и с нулевым спином ядра позволяет использовать эти системы для изучения влияния сверхтонкого взаимодействия на характеристики люминесценции. В связи с малым ионным радиусом Ge^{2+} можно ожидать также появления различных эффектов, связанных с нецентральным положением Ge^{2+} в кристаллической решетке. Детальное исследование люминесценции этих центров было начато нами [4, 5], в широком интервале температур были изучены характеристики синглетного и триплетного излучения $Ge^{2+}v_c^-$ -центров в KCl-Ge и KBr-Ge.

Однако в отличие от других центров люминесценции такого типа, как Ga^+ , In^+ , Tl^+ , Sn^{2+} , Pb^{2+} , $Ge^{2+}v_c^-$ -центры в ЩГК почти не исследованы. При комнатной температуре наблюдались A_T -излучение $Ge^{2+}v_c^-$ -центров в KCl-Ge около 2.4 эВ [6], поляризационный спектр которого был измерен позже [7]. Спектры люминесценции и оптически детектируемого магнитного резонанса (ОДМР) $Ge^{2+}v_c^-$ -центров в KCl были изучены при 1.9 К [8, 9]. При возбуждении в A-полосе поглощения наблюдались четыре разных спектра ОДМР и четыре полосы излучения в области 2.5–2.3 эВ, связываемые с $Ge^{2+}v_c^-$ -центрами разной структуры. Кроме известной A_T -полосы излучения, обнаружена полоса 1.84 эВ, интерпретированная как A_x излучения [10].

В настоящей работе предприняты поиски люминесцирующих ассоциатов в облученных рентгеновскими лучами кристаллах KCl-Ge. Знания структуры и свойств этих центров необходимо для детального изучения процессов создания, миграции и взаимодействия с ионами примеси различных анионных и катионных френкелевских дефектов.

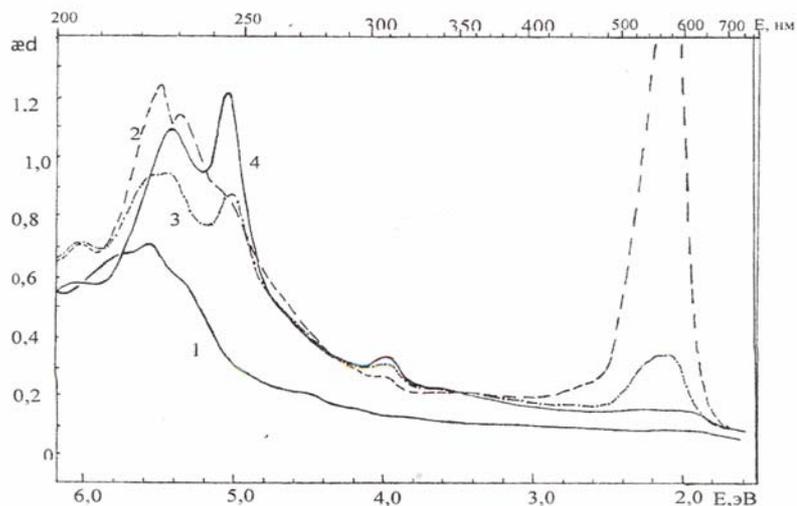
Кристаллы KCl-Ge, содержащие $\sim 10^{17}$ см⁻³ Ge^{2+} , были аналогично использованы в [8, 9]. Перед каждым экспериментом образцы закаливались путем быстрого охлаждения до комнатной температуры после прогрева их на воздухе до 700 °С.

Экспериментальная установка и методика измерения оптических характеристик спектральных и термических характеристик излучения были аналогичны описанному в [10, 11]. Возбуждающий свет выделялся монохроматором МСД-1. Для учета фона непосредственно перед криостатом устанавливался оптический фильтр, не пропускающий возбуждающего света, но прозрачный в той же спектральной области, что и

фильтры, выделяющие исследуемое излучение. Образцы облучались при 295 и 80 К рентгеновскими лучами (трубка БСВ ЛТ-Сu, 50 кВ, 18–20 мА) в течение 0,5–2 часа. Характеристики термостимулированной люминесценции исследовались при нагревании кристаллов со скоростью 0,2 град. сек⁻¹.

Спектральные характеристики. В спектре поглощения кристалла KCl-Ge при температуре 295 К наблюдается заметная С-полоса, расщепленная на три компонента (С₃, С₂, С₁) более слабая В-полоса и еле заметная А-полоса (рисунок 1). В свежее закаленных кристаллах KCl-Ge после рентгеновского облучения при 295 К происходят значительные изменения в спектрах оптического поглощения, появляются новые полосы в области 5.50, 5.35, 5.05, 3.95 эВ.

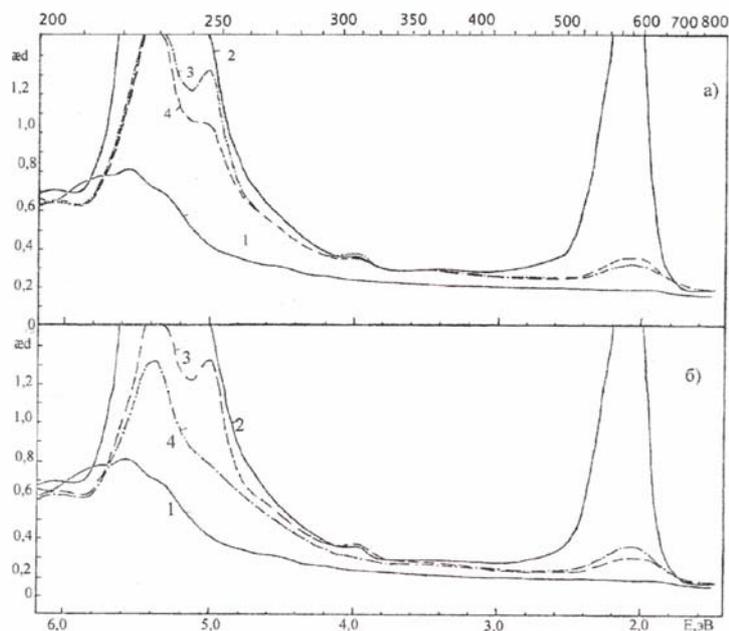
Рисунок 1 – Спектры поглощения KCl-Ge, измеренные при 295К: до облучения (1), после облучения при 295К (2), после оптического разрушения белым светом 1 минуту (3) и 2,5 минуты (4)



Интенсивности всех полос увеличиваются одинаково с дозой облучения и уменьшаются одинаково при оптическом высвечивании кристалла KCl-Ge белым светом при комнатной температуре. Соотношение их интенсивностей при этом остается постоянным, но происходят значительные изменения в спектрах оптического поглощения, наблюдаются полосы при 5.42 эВ и рост полос 5.05 и 3.95 эВ (см. рисунок 1).

Оптическое разрушение F-центров приводит к одинаковому росту полосы поглощения ~3,95 и ~5.05 эВ (рисунок 2). При оптическом высвечивание фотонами с энергией ~3.95, 5.05 эВ наблюдается рост полосы при 5.42 эВ. Термическое разрушение спектры полосы поглощения происходит при температуры около 400 К.

Рисунок 2 – Спектры поглощения KCl-Ge, измеренные при 295К: до облучения (1), после облучения при 295К (2), после оптического разрушения F (3) и 5.05 эВ (4) (а), после оптического разрушения F (3) и 3.95 эВ (4) (б)



Полосы поглощения в области ~5.35 и ~5.50 эВ при оптическом разрушении электронных и дырочных центров ведут себя иначе, чем полосы ~3.95 и ~5.05 эВ.

Опыты по оптическому разрушению фотонами с различной энергией показали, что полоса элементарна, следовательно, различие полуширины полос поглощения обусловлено, возможно, вакансией. Наблюдали оптическое превращение ~3.95 и ~5.05 эВ-полосы поглощения в F-центры и обратно. (см. рисунок 2).

Из сопоставления экспериментальных результатов с теорией [12] можно заключить, что тетрагональные невырожденные (Z) минимумы синглетного и триплетного состояний расположены энергетически ниже, чем дважды вырожденные (X, Y) минимумы.

Для полной интерпретации полученных экспериментальных фактов и выяснения механизмов рекомбинации электронных и дырочных центров в этих кристаллах требуется дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вале Г.К., Золотарев Г.К., Кукетаев К.Е., Лущик Н.Е., Лущик Ч.Б. // Известия АН СССР. Сер. физ. – 1966. – 30. – С. 695.
- 2 Sonder E., Silbey W.A. // Phys. Rev. – 1965. – 140, A 539.
- 3 Pascual J.L., Agullo-Lopez F. // Cryst. Latt. Def. – 1977. – 7, 161.
- 4 Зазубович С., Нагирный В., Совик Т., Усаров А.С. // Изв. АН Эстонии. Физ.-мат. – 1990. – 39, № 1. – 56-68.
- 5 Зазубович С., Нагирный В., Усаров А.С., Янсон Н. // Изв. АН Эстонии. Физ.-мат. – 1990. – 39, № 2. – 118-126.
- 6 Лущик Н.Е. // Тр. ИФА АН ЭССР. – 1958. – 119-139.
- 7 Зазубович С., Лущик Н.Е., Лущик Ч.Б. // Оптика и спектроскопии. – 1963. – 15, вып. 3. – 381-388; Изв. АН СССР. Сер. физ. – 1963. – 27, № 5. – 656-666.
- 8 Баранов П.Г., Ветров В.А., Романов Н.Г., Топа В. // ФТТ. – 1985. – 27, № 9. – 2749-2751; № 7. – 1984-1988.
- 9 Baranov P.G., Vetrov V.A., Romanov N.G., Topa V. // Phys. Status solidi (b). – 1986. – 136, № 2. – 699-707.
- 10 Kang J.G., Ju S.K., Gill Y.H., Shin J.K., Chang K.J. // Phys. Sol. – 1988. – 49, № 7. – 813-818.
- 11 Nagirnyy B., Sovik T., Zazubovich S., Janson N. // Phys. Status solidi. – 1983. – 120, № 1. – 117-122.
- 12 Hizhnyakov V., Zazubovich S. // Phys. Status solidi. – 1978. – Т. 86, № с/2. – С. 733-739.

REFERENCES

- 1 Vale G.K., Zolotarev G.K., Kuketaev K.E., Lushhik N.E., Lushhik Ch.B. // Izvestija AN SSSR. – Ser. fiz. – 1966. – 30. – S. 695.
- 2 Sonder E., Silbey W.A. // Phys. Rev. 1965. – 140, A 539.
- 3 Pascual J.L., Agullo-Lopez F. // Cryst. Latt. Def. – 1977. – 7, 161.
- 4 Zazubovich S., Nagirnyj V., Sovik T., Usarov A.S. // Izv. AN Jestonii. Fiz.-mat. 1990. – 39, № 1. – 56-68.
- 5 Zazubovich S., Nagirnyj V., Usarov A.S., Jaanson N. // Izv. AN Jestonii. Fiz.-mat. 1990. – 39, № 2. – 118-126.
- 6 Lushhik N.E. // Tr. IFA AN JeSSR. – 1958. – 119-139.
- 7 Zazubovich S., Lushhik N.E., Lushhik Ch.B. // Optika i spektroskopii. – 1963. – 15, vyp. 3. – 381-388; Izv. AN SSSR. Ser. fiz. – 1963. – 27, № 5. – 656-666.
- 8 Baranov P.G., Vetrov V.A., Romanov N.G., Topa V. // FTT. – 1985. – 27, № 9. – 2749-2751; № 7. – 1984-1988.
- 9 Baranov P.G., Vetrov V.A., Romanov N.G., Topa V. // Phys. Status solidi (b). – 1986. – 136, № 2. – 699-707.
- 10 Kang J.G., Ju S.K., Gill Y.H., Shin J.K., Chang K.J. // Phys. Sol. – 1988. – 49, № 7. – 813-818.
- 11 Nagirnyy B., Sovik T., Zazubovich S., Janson N. // Phys. Status solidi. – 1983. – 120, № 1. – 117-122.
- 12 Hizhnyakov V., Zazubovich S. // Phys. Status solidi. – 1978. – Т. 86, № с/2. – S. 733-739.

Резюме

А. С. Усаров

(Ош мемлекеттік университеті, Ош қ.)

KCl-Ge КРИСТАЛДАРЫНДАҒЫ ҚОСПА ОРТАЛЫҚТАРЫНЫҢ ТҮСТЕРІ

T = 295K температурада KCl-Ge кристалдарын сәулелендіргенде 5.05, 5.45 и 3.95 эВ спектрлік аймақтарында жұтылу жолақтары байқалды. Бұл жолақтардың $Ge^{2+}v_c^-$ -центрге тиісті екені көрсетілді. 3.95 и 5.05 эВ оптикалық жұтылу жолақтарының F-центрге және керісінше айналатыны тағайындалды.

Кілт сөздер: Сынаптерізділер, S-қабат, электрон-фонон, люминесценция, синглет, триплет, ОДМР, фотон, рекомбинация, азғындалған, анион, катион, интенсивтілігі.

Summary

A. S. Usarov

(Osh State University, Osh)

IMPURITY COLOR CENTERS IN CRYSTALS KCl-Ge

The absorption bands were defined in the spectral region 5.05, 5.45 and 3.95 eV in KCl-Ge irradiated crystals when T = 295 K. It is achieved that these bands to $Ge^{2+}v_c^-$ -centers. It is ascertain that optical absorption bands 3.95 and 5.05 eV transform to F-centers and backwards.

Keywords: S-shell electron-phonon luminescence, singlet, triplet, photon, recombination, degenerate, anionic, cationic, intensity.

Поступила 27.03.2013г.

Б. Б. ЖҰМАНОВА¹, Г. Ш. ЯР-МҰХАМЕДОВА²¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,²«Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ

НАНОКОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚАПТАМАЛАРДЫҢ КОРРОЗИЯ ҮДЕРІСІ КЕЗІНДЕГІ БЕТ МОРФОЛОГИЯСЫНЫҢ ӨЗГЕРІСТЕРІН ОПТИКАЛЫҚ МЕТАЛЛОГРАФИЯ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аннотация

Мақалада, Cr-SiO₂-C нанокұрылымдалған композициялық электролиттік қаптамалардың (нано-КЭЖ) коррозия үдерісі кезіндегі бет морфологиясының өзгерістерін оптикалық металлография әдісімен зерттеу жұмысының нәтижелері көрсетілген. Нано-КЭЖ-ны тұндыру үшін мына құрамдағы электролит – суспензия қолданылды: хром андегриды 200–300, күкірт қышқылы 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. Агрессивті орта ретінде натрий хлоридінің 3%-тік ерітіндісі қолданылды. Сынақ «КИНГ» ҰТО «ҚазТрансОйл» АҚ-да конструкция стендінде 25 сағат ішінде 293 К температурада жүргізілді. Тұндыру үдерісі кезінде электролит температуралары 303–343 К диапазонында және ток тығыздығы 6 кА/м² болғанда жүзеге асырылды. Cr-SiO₂-C нанокұрылымдық композициялық қаптамаларды коррозияға дейінгі және коррозиядан кейінгі оптикалық металлография әдісімен негізгі зерттеуі Neophot-2 металлографиялық қондырғысында 1000 есе үлкейту арқылы жүргізілді. Талдау жұмысы нәтижесінде 303 К температурада нүктелік (питтиптік) коррозия және микрожарғақшалар анықталды және 313 К температураларда глобулдар пайда болғаны байқалды. Ал 333–343 К температураларда алынған нано-КЭЖ беттері коррозиялық сынауға дейін қалай тегіс болса коррозиялық сынаудан кейін да солай тегіс болып қалды.

Кілт сөздер: Нанокөпестігі электролиттік қаптамалар (нано-КЭЖ), нано-өлшемді бөлшектер, электролит, оптикалық металлография.

Keywords: nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), optical metallography, corrosion resistance.

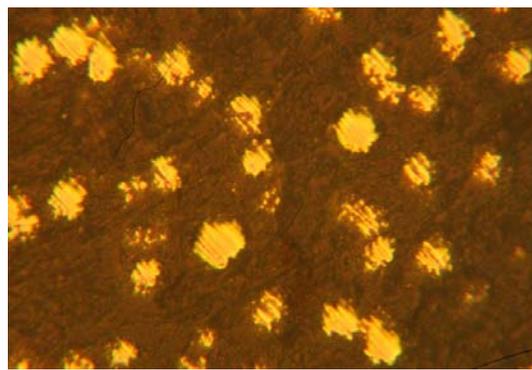
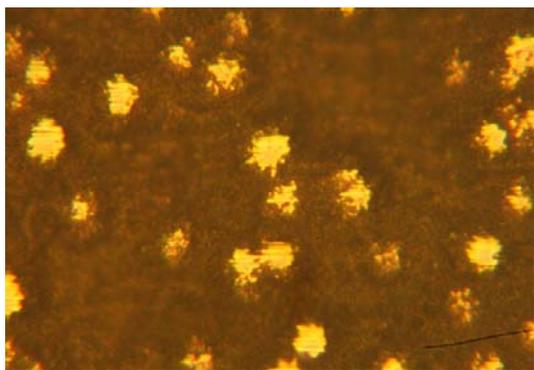
Ключевые слова: нанокөпестігі электролитические покрытия (нано-КЭП), наноразмерные частицы, электролит, оптическая металлография.

Кіріспе. Машиналар мен аспаптар бөлшектердің жарамсыздығы көбінесе (95% дейін) бұзылу нәтижесінде емес, үстіңгі тозуына және коррозия себебінен болады, сондықтан бөлшектердің ресурсты жоғарылату үшін оларды кәдімгі, арзан, лайықты конструкциялы материалдардан жасаудың және осы материалдар жоғары-тиімді қорғау жабынулармен жағудың қажеттілігі ең тиімді әдіс болып табылады. Ылғалды жағдайда, жоғары температурада жұмыс істейтін қондырғыларды және машина бөлшектерін үйкеліс пен шаршаудан қорғау үшін диффузиялық, газоплазмалық, детонациялық және т.б. әдістермен алынатын қаптамаларды пайдаланамыз. Қаптамамен қаптаудың ең тиімді және маңызды тәсілі – гальваникалық тәсіл болып табылады. Ол жоғары температураны, қысымды, вакуумды қажет етпейді [1-5].

Соңғы жылдары нанотехнологияға үлкен қызығушылық туындауда. Тұндыру үдерісі кезінде металдық матрицаны құрылымдау үшін наноөлшемді бөлшектерді пайдалану тамаша антикоррозиялық қасиетке ие қорғау қаптамасын алуымызға мүмкіндік береді. Көбінесе коррозиялық беріктіктің ұлғаюы эксплуатация шартына тәуелді 7,8–54 есеге дейін жетеді [6-10].

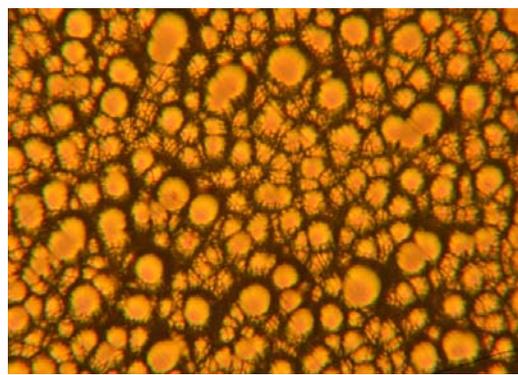
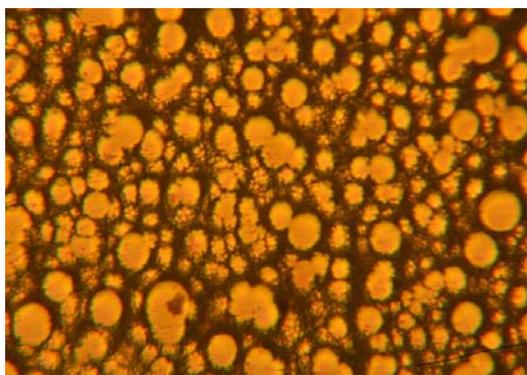
Зерттеу әдістері мен объектілері. Нано-КЭЖ-ны тұндыру үшін мына құрамдағы электролит – суспензия қолданылды: хром андегриды 200–300, күкірт қышқылы 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. Тұндыру үдерісі кезінде электролит температуралары 303–343 К диапазонында және ток тығыздығы 6 кА/м² болғанда жүзеге асырылды. Cr-SiO₂-C нанокұрылымдық композициялық қаптамаларды коррозияға дейінгі және коррозиядан кейінгі оптикалық металлография әдісімен негізгі зерттеуі Neophot-2 металлографиялық қондырғысында 1000 есе үлкейту арқылы жүргізілді. Агрессивті орта ретінде натрий хлоридінің 3%-тік ерітіндісі қолданылды. Сынақ «КИНГ» ҰТО «ҚазТрансОйл» АҚ-да конструкция стендінде 25 сағат ішінде 293 К температурада жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Зерттеу жұмысының нәтижесінде, қаптамалардың коррозия үдерісінен кейінгі бетінің өзгері анықталды. 1–4-суреттерде коррозиялық сынаққа дейін және коррозиялық сынақтан кейінгі алынған нано-КЭЖ бетінің оптикалық металлографиясы көрсетілген. Көміртегі мен кремний қостотығының концентрациялары 8/12 г/л, температура 303 К температурада питтиптік (нүктелік) коррозия және микрожарғақшалар анықталды (1-сурет) және 323 К температураларда глобулдар пайда болғаны байқалды (2-сурет). Ал 333–343 К температураларда алынған нано-КЭЖ беттері коррозиялық сынауға дейін қалай тегіс болса коррозиялық сынаудан кейін да солай тегіс болып қалды (3, 4-суреттер).



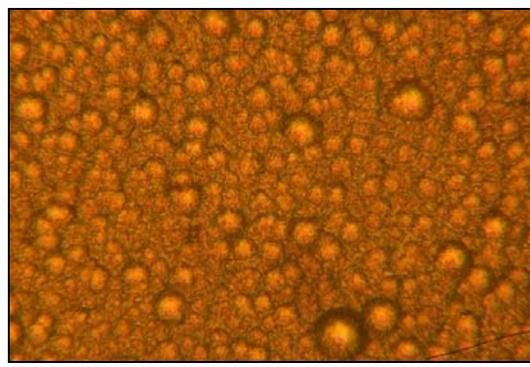
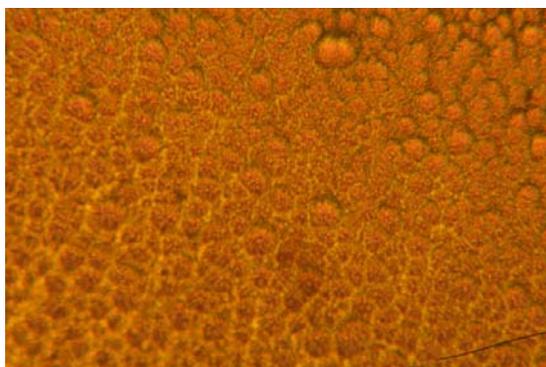
а – коррозияға дейін; б – 25 сағ кейін (x1000)

1-сурет – Коррозиялық сынақтан кейінгі алынған нано-КЭЖ бетінің оптикалық металлографиясы



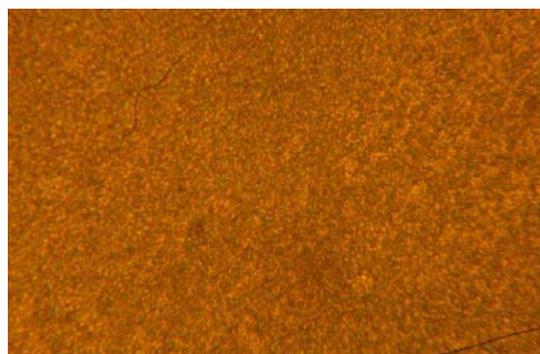
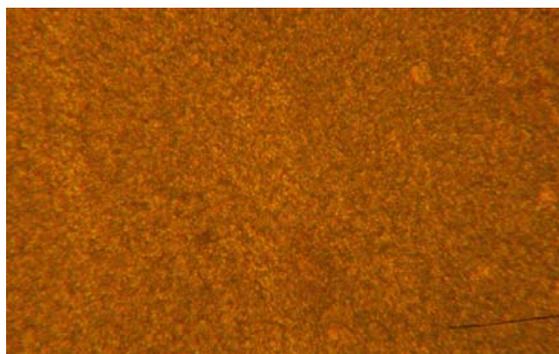
а – коррозияға дейін; б – 25 сағаттан кейін (x1000)

2-сурет – Коррозиялық сынақтан кейінгі алынған нано-КЭЖ бетінің оптикалық металлографиясы



а – коррозияға дейін; б – 25 сағаттан кейін (x1000)

3-сурет – Коррозиялық сынақтан кейінгі алынған нано-КЭЖ бетінің оптикалық металлографиясы



а – коррозияға дейін; б – 25 сағаттан кейін (x1000)

4-сурет – Коррозиялық сынақтан кейінгі алынған нано-КЭЖ бетінің оптикалық металлографиясы

Корытынды. Талдау жұмысы нәтижесінде 303 К температурада нүктелік (питтиптік) коррозия және микрожарықшалар анықталды және 323 К температураларда глобулдар пайда болғаны байқалды. Ал 333–343 К температураларда алынған нано-КЭЖ беттері тегіс болып қалды. 333–343 К температура аралығында сынау жұмыс нәтижесінде алынған нано-КЭЖ-лар ең жоғары коррозияға төзімді қасиетке ие екендігі анықталды.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Navinsek B., Panjan P., Cekada M., Quinto D.T. Interface characterization of combination hard/solid lubricant coatings by specific methods // *Surface & Coatings Technology*. – 2002. – 154 p.
- 2 Renevier N.M., Hampshire J., Fox V.C. Advantages of using self-lubricating, hard, wear-resistant MoS₂-based coatings // *Surface and Coatings Technology*. – 2001. – 142-144 p.
- 3 Pohl D.W., Denk W., Lanz M. Optical spectroscopy: image recording with resolution // *Appl. Physics Lett.* – 1994. – Vol. 44. – 651-653 p.
- 4 Олейник С. В., Малыгина Е. М., Зимица Ю.М. // *Коррозия: материалы, защита*. – 2007. – № 2. – 29 с.
- 5 Гаевская Т. В., Цыбульская Л. С. // *Изв. РАН. Материаловедение*. – 2001. – Т. 6, № 5. – 32-39 с.
- 6 Stambolov T. Corrosion inhibitors // In: *ICOM Committee for Conservation 5th Triennial Meeting, Zagreb, 1996*.
- 7 Sramek J., Jakobsen T.B., Pelikan J.B. Corrosion and conservation of a silver Visceral vessel from the beginnings of the seventeenth century // *Studies in Conservation*. – 2008. – V. 23, № 3. – 114-117 p.
- 8 Под ред. А. А. Герасименко. *Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник*. – М.: Машиностроение, 2007. – Т. 1. – 688 с.
- 9 Эванс Ю.Р. *Коррозия и окисление металлов*. – М.: Машгиз, 2002. – 855 с.
- 10 Тодт Ф. *Коррозия и защита от коррозии*. – Л.: Химия, 1997. – 709 с.

REFERENCES

- 1 Navinsek B., Panjan P., Cekada M., Quinto D.T. **2002**. 154.
- 2 Renevier N.M., Hampshire J., Fox V.C. **2001**. 67-77.
- 3 Pohl D.W., Denk W., Lanz M.. Optical spectroscopy: image recording with resolution // *Appl. Physics Lett.* 1984. – Vol. 44. – P. 651-653.
- 4 Oleynyk S. V., Malgyna E. M., Zymyna YU.M. // *Korrozia materialy, zashita*. **2007**. № 2. 29 (in Russ).
- 5 Gaevskaya T. V., Cybulskaya L. S. // *Yzvestia RAN. Materyalovedeniye*. **2001**. Т. 6. № 5 (in Russ).
- 6 Stambolov T. Corrosion inhibitors // In: *ICOM Committee for Conservation 5th Triennial Meeting, Zagreb, 1996* (in Russ).
- 7 Sramek J., Jakobsen T.B., Pelikan J.B. Corrosion and conservation of a silver Visceral vessel from the beginnings of the seventeenth century // *Studies in Conservation*. – 1978. – Vol. 23, № 3. – P. 114-117.
- 8 Pod red. A.A.Gerasimenko. **2007**. Т. 1. 688 (in Russ).
- 9 Evans Uy. R. *Korrozia i okyslenie metallov*. **2002**. 855 (in Russ).
- 10 Todt F. *Korrozia i zashyta ot korrozyy*. **1997**. 709 (in Russ).

Резюме

Б. Б. Жуманова¹. Г. Ш. Яр-Мухамедова²

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,
² АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ КОРРОЗИИ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ

Приведены результаты исследования изменения морфологии поверхности наноконпозиционных покрытий (нано-КЭП) Cr-C-SiO₂ в процессе коррозии методом оптической металлографии. Для осаждения нано-КЭП применяли электролит-суспензию следующего состава (г/л): хромовый ангидрид 200–300, серная кислота 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. Процесс осаждения нано-КЭП осуществляли при температурах электролита 303–343 К и плотности тока 6 кА/м². Исследование наноконпозиционных покрытий Cr-C-SiO₂ до коррозии и после коррозии методами оптической металлографии проводили на микроскопе Neophot-2 с 1000-кратным увеличением. В качестве агрессивной среды использовали 3%-ный раствор хлорида натрия. Испытания проводили на стенде НТЦ «КИНГ» АО «КазТрансОйл» при температуре 298 К в течение 25 часов. Анализ микроструктуры показал, что для нано-КЭП, сформированных при температуре 303 К, обнаруживаются питтинги и микротрещины, а для покрытий, полученных при температуре 313 К – глобулы. Поверхность нано-КЭП, осажденных при температуре 333 и 343 К остается гладкой как до, так и после коррозионных испытаний.

Ключевые слова: наноконпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), наноразмерные частицы, электролит, оптическая металлография.

Summary

B. B. Zhumanova¹, G. Sh. Yar-Mukhamedova²

(¹ Al-Farabi Kazakh national university, Almaty,

²«Center of Earth Science, Metallurgy and Benification» JSC, Almaty)

THE STUDY OF CHANGING SURFACE MORPHOLOGY OF NANO-COMPOSITE COATINGS DURING CORROSION USING OPTICAL METALLOGRAPHIC METHOD

In the article, results over of research of change morphology surface nanocomposition coverages (nano-CEC), Cr–C–SiO₂ in the process of corrosion by the method of optical metallography. For besieging nano-CEC applied the electrolyte-suspension of next composition (g/l): chromic anhydride 200–300, sulphuric acid 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. The process besieging nano-CEC was carried out at the temperatures of electrolyte 303-343 K and closenesses current 6 кА/м². Research nanocomposition coverages Cr–C–SiO₂ to corrosion and after corrosion it was conducted the methods of optical metallography on the microscope of Neophot-2 with a 1000-multiple increase. As an aggressive environment used 3% solution of chloride of natrium. Tests have been carried out at the stand of the SEC «KING» «KazTransOil» at a temperature of 298 k for 25 hours. The analysis microstructure showed that for nano-CEC formed at a temperature 303 K pittings and microcracks reveal, and for the coverages got at a temperature 313 K – globuls. Surface nano-CEC.

Keywords: nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), optical metallography, corrosion resistance.

Поступила 27.03.2013г.

У. Ж. ТӘЖЕНБАЕВА¹, Г. Ш. ЯР-МҰХАМЕДОВА²

¹ эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,
²«Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ)

НАНОКОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОЛИТТІК ҚАПТАМАЛАРДЫҢ Cr-Al(OH)₃ КОРРОЗИЯҒА БЕРІКТІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация

Мақалада заманауи талаптарға сай келетін – әртүрлі температура мен концентрацияда алынған хромға негізделген нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың коррозияға төзімділігін зерттеу мен оны алудың ең тиімді режимін анықтау шарттары қарастырылады. Сынақ «КИНГ» ҰТО «КазТрансОйл» АҚ-ның конструкция стендінде 45 сағат ішінде 293 К температурада және 0,5М Н₃ВО₃ + 3% КСІ ерітіндісінің араласуында жүргізілді. Нано-КЭҚ тұндыру үшін мынадай құрамдағы электролит-суспензия қолданылды (г/л): хром ангидридi 200-300, күкірт қышқылы 2-3, Al(OH)₃ – 5 және 40. Электролит температурасы 298-343 К диапазонда және тоқ тығыздығы 3,5 кА/м² болғанда жүргізілді. Зерттеу нәтижелерін талдау электротұндыру температурасының өзгерісі нанокөмпозициялық электролиткалық қаптамалардың Cr- Al(OH)₃ коррозиялық тұрақтылығына бірқалыпты емес әсер ететіндігін көрсетті. Металдардың коррозиялық тұрақтылығын гравиметрлік, оптикалық металлография және атомдық-күштік микроскоп әдістері бойынша зерттеу нәтижелері коррозияға беріктілігі ең жоғары Cr- Al(OH)₃ қаптамасы 343 К температурада 5 г/л концентрацияда алынған нано-КЭҚ пен 298 К температурада 40 г/л концентрацияда алынған нано-КЭҚ екенін көрсетті.

Кілт сөздер: нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалар (нано-КЭҚ), гравиметрлік әдіс, коррозиялық тұрақтылық, атомдық күштік микроскоп, оптикалық металлография.

Ключевые слова: нанокөмпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), гравиметрический метод, коррозионная стойкость, атомно-силовая микроскопия, оптическая металлография.

Keywords: nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), gravimetric method, corrosion resistance, atomic force microscopy, optical metallographic.

Кіріспе. Қазіргі таңда машина бөлшектері мен құрылғылардың, құбырлар мен металлдық қондырғылардың коррозия есебінен пайдаға жарамсыз болу салдарынан ірі кәсіпорындар, компаниялар мен кен орындары үлкен экономикалық шығынға ұшырап жатса, табиғат экологиялық жағынан едәуір зардап шегуде. Бұның алдын алу жолдары бойынша көптеген еңбектер жасалуда және бұл мәселе көптеген зерттеу жұмыстарының өзекті мәселесі болып табылады [1-6].

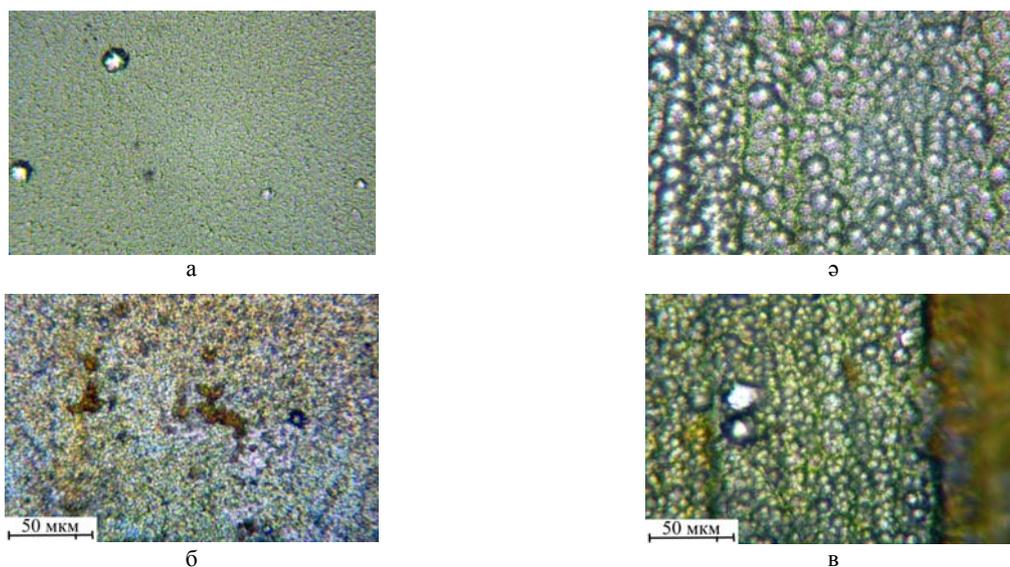
Коррозиялық сынақтар металдар мен құймалардың коррозия жылдамдығы мен түрін анықтау үшін жүргізіледі. Сонымен коррозия өнімдерінің құрамы мен қасиеттерін зерттеу, қорғаушы қаптамалардың, ингибиторлардың және басқа да коррозияның алдын алатын құралдардың тиімділігін анықтау үшін де қажет [7-11]. Көмпозициялық электролиттік қаптамаларды (КЭҚ) алудың матрицалық материалы ретінде хром алынды, ал екінші фазасы ретінде Al(OH)₃ таңдалды. Cr-Al(OH)₃ секілді күрделі көмпозицияны алу және зерттеу ғылыми және тәжірибелік қызығушылық туғызады. Себебі Al(OH)₃ нано бөлшектер түрінде тұнады, сондықтан қаптаманың электротұндырылуы жаңа, күрделі көмпозиция болып табылады: бұл жерде нано-КЭҚ хром-нано бөлшек көмпозициясы түрінде бейнеленген.

Зерттеу әдістері мен объектілері. Коррозиялық сынақтар бірнеше әдіспен жүргізілді: нано-КЭҚ-тің коррозияға төзімділігін гравиметрлік әдіспен зерттеу; нано-КЭҚ-тің коррозияға төзімділігін оптикалық металлография әдісімен зерттеу; нано-КЭҚ-тің коррозияға төзімділігін атомдық-күштік микроскоппен (АКМ) бақылау.

Гравиметрлік талдау зат массасын анықтауға негізделген, сондықтан бұл әдісті кейде салмақтық әдіс деп те атайды. Салмақтық әдістің негізі болып үлгінің сынаққа дейінгі және сынақтан кейінгі массасының айырымы арқылы оның коррозиялық жағдайын бағалау болып табылады. Сынақ арнайы құрастырылған стендтік құрылғыда бөлме температурасында жүргізілді, агрессивті орта ретінде 0,5М Н₃ВО₃ + 3% КСІ ерітіндісі алынды.

Гравиметрлік талдау кезінде жүргізілген есептеулерге сүйенсек, ең жоғарғы коррозиядан қорғағыш қасиет көрсеткен қаптама – 5 г/л концентрация мен 343К температурада алынған Cr-Al(OH)₃ КЭҚ пен 40 г/л концентрация мен 298К температурада алынған Cr-Al(OH)₃ КЭҚ болып табылады.

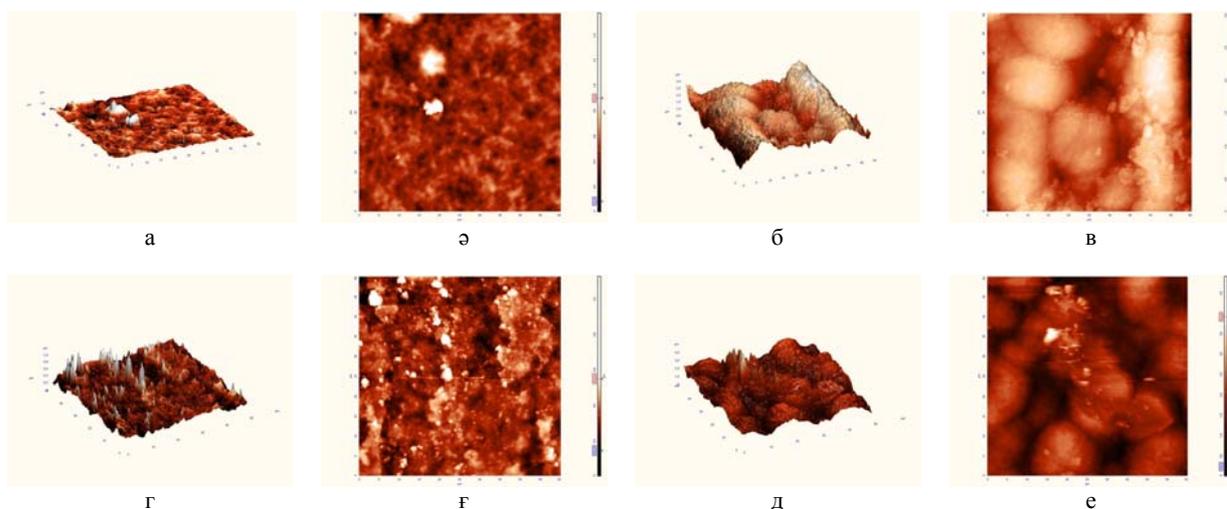
Оптикалық металлография. Кез келген материалдың қасиеті тек құрамына ғана емес, сонымен қатар құрылымына да тәуелді болады. Оптикалық металлография қаптаманың жалпы суретін береді және құрылымының өзгерісіне қарап, оның қасиетінің өзгерісін талқылауға мүмкіндік береді. Тәжірибе нәтижесінде алынған оптикалық металлография суреттерінен 343 К температурада 5 г/л концентрацияда тұндырылған қаптамалардың коррозиядан қорғау қабілеті жоғары екенін байқау қиын емес. Ал салыстырмалы төмен температураларда 298К алынған қаптамалардың дәндері үлкен болып тұнатыны белгілі, осының салдарынан оның механикалық қасиеттері, соның ішінде коррозияға қарсы сипаттамалары төмен, ал сызаттануға бейімділігі жоғары. Бұл мәліметтерге үлгілердің коррозияға дейінгі және коррозиядан кейінгі түсірілген оптикалық металлография нәтижелеріне көз жүгіртіп, кәміл көз жеткізуге болады (1-сурет).



а – С = 5 г/л, Т = 343 К; ә – С = 40 г/л, Т = 298 К; б – С = 5 г/л, Т = 343 К; в – С = 40 г/л, Т = 298К

1-сурет – Хромға негізделген нано-КЭЖ коррозияға сынаққа дейінгі (а, ә) және сынақтан кейінгі (б, в) оптикалық металлографиясы

Нано-КЭЖ-тердің атомдық күштік микроскопиясы. Атомдық күштік микроскопия нәтижелері коррозияға төзімді қаптама 5, 40 г/л $Al(OH)_3$ концентрация мен 343, 298 К температурада алынған екенін көрсетеді, оны түсірілген суреттерден (2-сурет) байқауға болады (ақ дақтар коррозия өнімдері болып табылады).



а – 3D-С = 5 г/л, Т = 343 К; ә – С = 5 г/л, Т = 343 К; б – 3D-С = 40 г/л, Т = 298 К; в – С = 40 г/л, Т = 298 К;
г – 3D-С = 5 г/л, Т = 343К; з – С = 5 г/л, Т = 343 К; д – 3D-С = 40 г/л, Т = 298 К; е – С = 40 г/л, Т = 298 К

2-сурет – Коррозияға дейінгі (а, ә, б, в) және коррозиядан кейінгі (г, з, д, е) нано-КЭЖ-тің атомдық күштік микроскопиясы

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері әртүрлі температурада және әртүрлі концентрацияда алынған Cr-Al(OH)₃ КЭҚ-тің коррозиялық тұрақтылығы әртүрлі екенін көрсетті. Біз 0,5 М Н₃ВО₃ + 3% КСІ ерітіндісінде (Cr-Al(OH)₃) тұндыру температурасы мен концентрациясының мәндері әртүрлі үлгілерді қарастырдық.

Алынған нәтижелер келесідей:

1. Коррозияға төзімділікті массалық әдіспен жүргізілген зерттеу нәтижелері, концентрациясы 5 г/л, температурасы 343К болғанда алынған Cr-Al(OH)₃ үлгілері ең жоғарғы коррозиялық төзімділікке ие екенін көрсетті ($K = 0,006815 \text{ г/м}^2\text{сағ}$). Ең төменгі коррозиялық төзімділікті 5 г/л концентрациядағы және 303К, 313К температурадағы Cr-Al(OH)₃ үлгілері көрсетті (сәйкесінше $K = 0,0456 \text{ г/м}^2\text{сағ}$, $K = 0,04735 \text{ г/м}^2\text{сағ}$). Бұл тұжырымдамалар оптикалық металлография мен атомдық күштік микроскопия әдістерімен расталды.

2. Нано-КЭҚ бетінің коррозияға дейінгі және коррозиядан кейінгі металлографиясы коррозия әсерінен ең қатты бүлінген үлгілер – 5 г/л концентрация мен 303К температурада және 40 г/л концентрация мен 298, 323, 333 К температурада алынғандар, ал коррозияға ең төзімдісі 5 г/л концентрация мен 343 К температурада алынған қаптама екенін көрсетті.

3. Атомдық күштік микроскопия нәтижелері коррозияға төзімді қаптама 5 г/л концентрация мен 343 К температурада алынған екенін көрсетеді, оны түсірілген 2-суреттерден байқауға болады (ақ дақтар коррозия өнімдері болып табылады).

ӘДЕБИЕТ

- 1 Улиг Г.Г., Ревы Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – Л.: Химия, 1999. – 456 с.
- 2 Xingen Y., Chuman C., Zhiming Y., Derui Zh., Zhongda Y. // Corrosion Science. – 2001. – Vol. 43. – 1283 p.
- 3 Чукубаева А.Ж., Айдарбекова Р.Ы., Яр-Мухамедова Г.Ш. Обзор современного состояния получения композиционных электролитических покрытий (КЭП) // Сб. науч. трудов КазНТУ. – Алматы, 2004. – Т. 2. – 412-414 с.
- 4 Кузенков Ю. А., Олейник С.В. // Коррозия: материалы, защита. – 2009. – № 4. – 36 с.
- 5 Олейник С. В., Малыгина Е. М., Зими́на Ю. М. // Коррозия: материалы, защита. – 2007. – № 2. – 29 с.
- 6 Мардаревич Р. С., Далисов В. Б., Гуслиенко Ю. А. Влияние структуры композиционных электрохимических покрытий на прочность углеродистой стали // Защитные покрытия на металлах. – 2006. – Вып. 20. – 80-83 с.
- 7 Яр-Мухамедова Г.Ш., Татарченко Г.О. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей в присутствии озона // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 82-87.
- 8 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. Investigation of nano-dispersion phase components ratio influence on corrosion resistance of Cr-SiO₂-C nano-composition electrolytic coatings // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 87-92.
- 9 Hiromoto S., Sisido T., Yamamoto A., Maruyama N., Somekowa H., Mukai T. // Corrosion Science. – 2008. – Vol. 50. – P. 2096-2913.
- 10 Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. – Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 413 с.
- 11 Тарчигина Н.Ф., Русин В.Н. Галкина Ю.М. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. – М.: МГОУ, 2012. – 154 с.

REFERENCES

- 1 Ulig G. G., Revi R.U. **1999**. 456 (in Russ).
- 2 Xingen Y, Chuman C, Zhiming Y, Derui Zh, Zhongda Y. // Corrosion Science. **2001**. Vol. 43. 1283.
- 3 Chukubaeva A.Zh., Aydarbekova R.Y., Yar-Muhamedova G. Sh. // Sb. nauch. trudov KazNTU, **2004**. T.2. 412-414 (in Russ).
- 4 Kuzenkov Yu.A., Oleynik S.V. // Korrosiya: materialy i zashita. **2009**. №4. 36 (in Russ).
- 5 Oleynik S.V., Malygina E.M., Zimina Yu.M. // Korrosiya: materialy i zashita. **2007**. №2. 29 (in Russ).
- 6 Mardarevich R.S., Dalisov V.B., Guslienko Yu.A. // Zashitnye pokritiya na metallakh. **2006**. V.20. 80-83 (in Russ).
- 7 Yar-Mukhamedova G.Sh., Tatarchenko G.O. // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2012**. №3. 82-87 (in Russ).
- 8 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2012**. №3. 87-92.
- 9 Hiromoto S., Sisido T., Yamamoto A., Maruyama N., Somekowa H., Mukai T. // Corrosion Science. **2008**. Vol. 50. 2096-2913.
- 10 Semenova I.V., Florianovich G.M., Horowilov A.V. // Korrosiya: materialy, zashita. **2010**. 413 (in Russ).
- 11 Tarchigina N.F., Rusin V.N., Galkina Yu.M. **2012**. 154 (in Russ).

Резюме

У. Ж. Таженбаева¹, Г. Ш. Яр-Мухамедова²

(¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,
²АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»)

ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ Cr-Al(OH)₃
НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Приведены результаты исследований коррозионной стойкости наноструктурированных композиционных электролитических покрытий (нано-КЭП) Cr-Al(OH)₃, полученных при температурах осаждения 298–343 К. Испытание проводили на стенде конструкции НТЦ АО «КИНГ» в течение 45 часов при температуре 293 К и перемешивании 0,5М Н₃ВО₃ + 3% КСl раствора. Для осаждения нано-КЭП применяли электролит-суспензию следующего состава (г/л): хромовый ангидрид 200–300, серная кислота 2–3, Al(OH)₃ – 5 и 40. Процесс осуществляли в диапазоне температур электролита 298–343 К и плотности тока 3,5 кА/м². Анализ результатов исследования показал, что изменение температуры электроосаждения неоднозначно влияет на коррозионную стойкость наноконпозиционных электролитических покрытий Cr-Al(OH)₃. Мы определили класс коррозионной стойкости покрытий гравиметрическим методом, методами атомно-силовой микроскопии и оптической металлографии. Результаты исследования показали, что наилучшую стойкость к коррозии показали покрытия, полученные при концентрации 5 г/л и температуре 343 К и при концентрации 40 г/л и температуре 298 К.

Ключевые слова: наноконпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), гравиметрический метод, коррозионная стойкость, атомно-силовая микроскопия, оптическая металлография.

Summary

U. Zh. Tazhenbayeva¹, G. Sh. Yar-Mukhamedova²

(¹ Al-Farabi Kazakh national university, Almaty,
²«Center of Earth Science, metallurgy and benification» JSC, Almaty)

INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF Cr-Al(OH)₃
NANO-COMPOSITION ELEKTROLYTE COATINGS

In the article the results of nanostructured composition electrolytic coatings (nano-CEC) Cr-Al(OH)₃, obtained under the temperature 293–343 K, corrosion resistance gravimetrical investigation. Testing was realized at the stand of scientific and technological center «KING» JSC within 45 hours at temperature 293 K and mixing in 0,5M H₃BO₃ + 3% KCl solution. For electrolytic deposition of nano-CEC was using electrolyte containing (g/l): chromic anhydride 200–300, sulfuric acid 2–3, Al(OH)₃ – 5 and 40. Process was carried out in the range of temperatures 298–343 K and current density 3.5 kA/m². The analysis of investigation results showed that electrodeposition temperature changing ambiguously influences on nanocomposite electrolytic coatings Cr-Al(OH)₃ corrosion resistance. We determined a class of coatings corrosion resistance by gravimetrical investigation, atomic force microscopy and optical metallographic. In our case the most resistant nano-CEC, received at temperature 343 K and with concentration 5 g/l and the coatings received at temperature 298 K and with concentration 40 g/l.

Keywords: nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), gravimetrical method, corrosion resistance, atomic force microscopy, optical metallographic.

Поступила 27.03.2013г.

З. Я. ТОҚТОБАҚИЕВА¹, Г. Ш. ЯР-МҰХАМЕДОВА²¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,² «Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ)

НАНОКОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚАПТАМАЛАР БЕТИНІҢ МОРФОЛОГИЯСЫНА ТҰНДЫРУ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЭЛЕКТРОНДЫҚ МИКРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аннотация

Мақалада наноөлшемді бөлшектердің дисперсті фаза ретінде кремний қостотығы SiO_2 мен шам күйесінің С хромдық қаптамаларды құрылымдау және микроқұрылымды зерттеу нәтижелері ұсынылған. Нанокөмір қаптамалар 5 кА/м^2 ток тығыздығымен және әртүрлі температурада 303–343 К алынған. Қаптамалар 8/12 л шам күйесі С және кремний қостотығы SiO_2 концентрация арақатынастарындағы электролиттен тұндырылды. Зерттеу жұмыстары JEOL JXA-8230 электрондық микроскоп арқылы COMPO, WDS, EDS және SEI режимдерінде зерттелді. Температураның жоғарылауы наноқұрылымдалған композициялық электролиттік қаптаманың морфологиясына бірқалыпты әсер етпейтіндігі анықталды. Тұндыру үдерісі кезінде микрокеуектер, глобулалар, түйіршік тәрізді көріністер, микрожарықшалар пайда болады. Электротұндыру температурасының микроқұрылымға әсерін талдау нәтижесінде, 303 К – глобула (шар) тәрізді микроқұрылым қалыптасады, 313 К – тегіс, 323 К – фонда тегіс, жеке қарағанда көпіршік тәрізді көріністер және көптеген микрожарықшалар, 333 К – аса тегіс сирек микрожарықшалармен, 343 К – тегіс, жеке ұсақ көпіршікті микроқұрылымдардың пайда болуы байқалады.

Кілт сөздер: нано-құрылымданған композициялық электролиттік қаптамалар (нано-КЭК), электрондық микроскоп, микроқұрылым.

Ключевые слова: наноструктурированные композиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), электронный микроскоп, микроструктура.

Keywords: nano-structured composition electrolytic coatings (nano-CEC), electronic microscope, microstructure.

Кіріспе. Ғылыми-техникалық әлеуеттің деңгейі, жалпы түрде өркениеттің деңгейі – бұл жаңа материалдардың қажеттілігін анықтайды. Қажеттілік әсіресе ХХ ғасырдың соңғы он жылдығы мен ХХІ ғасырдың басында жоғары дәрежеге жете бастады. Ғылыми-техникалық прогресс пен даму деңгейлері жаңа материалдар жасаудың қажеттілігін арттырады [1, 2].

Қазіргі заманғы ең маңызды мәселелердің бірі – нанокөмір композициялық қаптамалар бетінің морфологиясына тұндыру температурасының әсерін зерттеу болып табылады. Негізінен қаптаманың ролі, коррозиядан қорғаушы ретінде, металды сыртқы ортада оқшаулауға, гальваноэлементтердің металл бетінде жұмысын тоқтатуына және металдың термодинамикалық тұрақтылығын арттыруға негізделген [3, 4]. Біздің жағдайымызда негізгі металл – хром, ал қапталатын металл – болат төсеніштер болып табылады. Хром-күміс-болатты түсті металл, қатты, морт, темірге қарағанда теріс әлеуетті, бірақ оны электролиттік ауа да және қышқылдық орта да қорғамайды, себебі өте күшті пассивтену қабілетіне байланысты ол асыл металдардың қасиетіне ие. Жалпы хромдық қаптамалар ыстыққа төзімді және үлкен қаттылық пен тозуға тұрақты болып келеді. Қаттылығы бойынша олар жоғары көміртегілі және шыныққан болаттардан асып түседі. Біздегі ең маңыздысы ол нанокөмір композициялық қаптамалар мен негізгі зерттеу жұмыстары, олардың құрылымы мен қасиетін анықтайды [5, 6].

Зерттеу бөлімі және нәтижелерді талдау. Нанокөмір композициялық қаптамалар бетінің морфологиясына тұндыру температурасы әсерінің бірнеше әдістері бар, солардың бірі және ғылыми-зерттеу жұмысына арқау болған әдіс – бұл электрондық микроскоп әдісі. Бұл әдіс – жарық ағынының орнына 200В÷400 кэВ және одан да көп энергиялы электрондар шоғырын пайдалану арқылы объектің бейнесін 10^6 дейінгі максимум үлкеюімен алуға мүмкіндік беретін құрылғы. Электрондық микроскоптың көрсеткіштік қабілеті өте жоғары. Қазіргі электрондық микроскоптың көрсеткіштік қабілеттілігі 0,1–0,3 нм-ге дейін жетеді. Электрондық микроскоптың құрылыс принципі жарық микроскопына ұқсас, сәулелерінің ролін электр тоғымен қыздырылған вакуумда орналасқан В пішінді фольфрам сымы электрондар ағынының қызметін атқарады, әйнек линзалардың орнында электромагниттік линзалар қолданылады [7, 8]. Жарық микроскопының объективі мен окулярының орнына электрондық микроскоптың магниттік катушкалары сәйкес келеді. Электрондық микроскопта (ЭМ) міндетті түрде вакуум болуы қажет, себебі ауада электрондар алысқа кете алмайды,

оттегі, азот немесе көмір қышқыл газы молекулалармен кездесе, олар бөгіліп өз жолын өзгертіп шашырай кетеді. Электрондар тасқынының бағытын қажетіне қарай қуатты электр өрісі немесе магнит өрісімен өзгертуге болады. Электрондардың жылдамдығы үдесе, электрондық микроскоптың ажырату қабілеті артады.

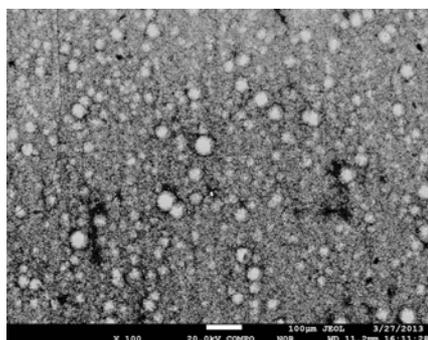
Электрондық микроскоптың экраны мен фотопластинкада 50 000 есе үлкейтуге, сурет шығаруда одан да көп есе үлкейтуге (10) болады. Қазіргі уақытта флуоресценцияланатын экраннан электронды-микроскопиялық суреттерді сандық телекамерамен компьютерге беріледі. Принтерді пайдалана отырып, суреттерді шығара алады. Электрондық микроскоптың көмегімен металл мен кристалды торларды зерттеуге қолданады. Электрондық микроскоптарда жарықтың орнына электрон сәулелері қолданылады, осыған байланысты қолданылатын қуаттың күші 50–100 кВ-қа дейін жетеді, ал толқын ұзындығы 0,056–0,035 Å-ге жетеді. Толқын ұзындығы неғұрлым қысқа болса, микроскоптың ажырату (көрсеткіштік) қабілеттілігі соғұрлым артатынын физика курсынан жақсы білеміз. Осыған байланысты электрондық микроскоптардың көрсеткіштік қабілеттілігі – 1–7 Å-ға, ал үлкейткіштік қабілеттілігі 600 000-ға дейін жетеді. Электрондық микроскоптың көмегімен қарайтын заттың қалыңдығы 400–600 Å препаратты көруге болады, өйткені қалың препараттан электрондар өте алмайды, олардың өткізгіштік қасиеті төмен. Электрондық микроскопқа препарат дайындайтын аспаптары ультрамикротом деп атайды. Осы аспаптың көмегімен жұқа кесінді жасап, оны объекті торына орналастырып, арнайы бояулармен бояп, электронды микроскоппен қарайды. Электрон сәулелері препарат арқылы өткенде объектінің үлкейтілген «көлеңкесі» экранға түседі [9, 10].

Қорытынды. Біздің негізгі зерттеуіміз нанокөмпазициялық қаптамалар (нано-КЭҚ) хром-кремний-костотығы – көміртек C/SiO₂ 8/12 г/л концентрация қатынастарына және электротұндыру 303–343 К температурауларында өткізілді. 1-суретте нанокөмпазициялық қаптамалардың үлгілері көрсетілген. Келесі кезекте сынақ нәтижелері электрондық микроскопия әдісімен зерттелді. Зерттеу JEOL JXA-8230 электрондық микроскоп арқылы COMPO, WDS, EDS және SEI режимдерінде зерттеліп, үлгілердің ішкі құрылымының құрамы және өзгерістері жайлы нәтижелердің суреттерін алынды [7].

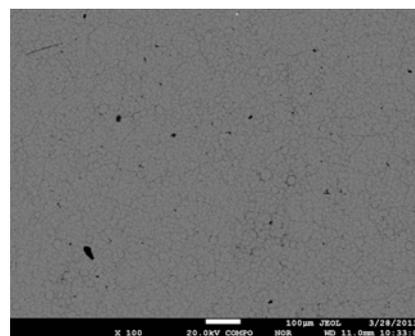


1-сурет – Нанокөмпазициялық қаптамалардың үлгілері

Жүргізілген зерттеу жұмыстары нәтижесінде, кремний костотығы бөлшектерімен 303 К температурада және тоқ тығыздығы 5 кА/м² болғанда глобула (шар) тәрізді микроқұрылым қалыптасады (1,а-сурет). 313 К температурада тегіс микроқұрылым алынады (1,б-сурет).



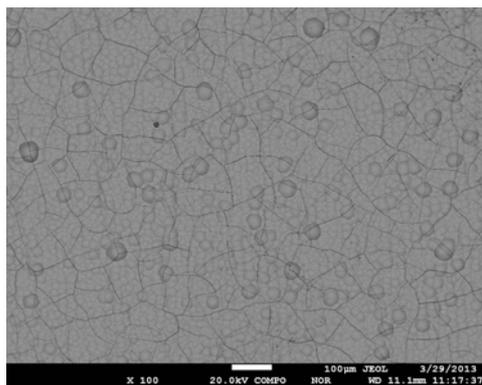
а



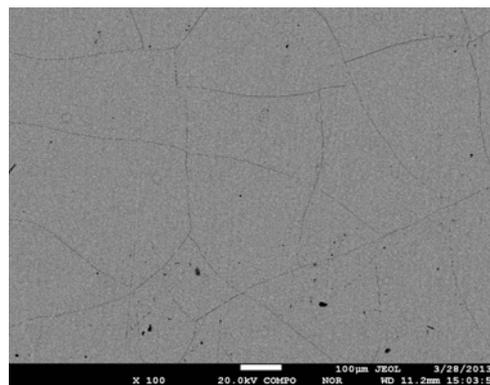
б

а – 303 К, б – 313 К

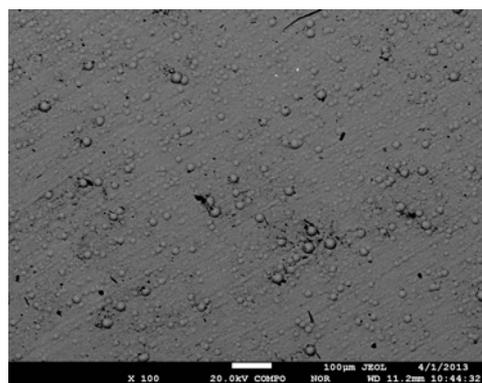
1-сурет – Нано-КЭҚ-тің электрондық микроскопиясы



а



б



в

а – 323 К, б – 333 К, в – 343 К

2-сурет – Нано-КЭЖ-тің электрондық микроскопиясы

Құрылымның температураға тәуелді өзгерістерінің зерттеу нәтижелерін талдау жұмыстары 8/12 г/л концентрация қатынасындағы және тоқ тығыздығы 5 кА/м^2 кезінде микроқұрылым бетінің өзгерулеріне алып келеді. 323 К температурада фонда тегіс, жеке қарағанда көпіршік тәрізді көріністер және көптеген микрожарықшалар көрінеді (2, а-сурет), 333 К температурада аса тегіс сирек микрожарықшалармен (2, б-сурет), 343 К температурада тегіс, жеке ұсақ көпіршікті микроқұрылым пайда болады (2, в-сурет).

Электрондық микроскопиялық зерттеудің нәтижелерінен төмендегідей қорытындылар жасай аламыз: нано-КЭЖ-ның температурасының жоғарылауына байланысты қаптамалардың құрылымдары өзгеріске ұшырайды. Оны біз суреттерден көре аламыз. Сонымен 313 К температурада алынған нано-КЭЖ тегіс, 323 К температурада алынған нано-КЭЖ сан жағынан да, өлшемі жағынан да өзгерген, ал 333 К температурада алынған нано-КЭЖ аса тегіс микроқұрылымға ие болатыны суреттерден анық көрінеді.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Lawrence D., Yang F., Junyan M., David C. Low-voltage electron microscopy of polymer and organic molecular thin films. – 2004. – 247–256 p.
- 2 Wells O. G. Scanning Electron Microscopy. – New York: McGraw-Hill, 2004. – 112 p.
- 3 Яр-Мухамедова Г.Ш., Татарченко Г.О. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей в присутствии озона // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 82-87.
- 4 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. Investigation of nano-dispersion phase components ratio influence on corrosion resistance of Cr-SiO₂-C nano-composition electrolytic coatings // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 87-92.
- 5 Морис Ф., Мени Л., Тиксье Р. Микроанализ и растровая электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 2008. – 392 с.
- 6 Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. – М.: Мир, 2004. – Т. 1. – 303 с.
- 7 Arenas M.A., de Frutos A., Liu Y. // Surface and Coating Tehnology. – 2008. – Vol. 202(16). – 379 p.
- 8 Сайфуллин Р.С. Композиционные покрытия и материалы. – М.: Химия, 1997. – 272 с.
- 9 Yar-Mukhametova G.Sh., Kalipekova M.A., Kshibekova B.B., Moldabaev M. The role of healing effect in increasing of corrosion resistance of chromium nano-CEC // Комплексное использование минерального сырья. – 2010. – № 6. – 114 с.
- 10 Weinberg F. Tools and techniques in physical metallurgy. – 2010. – Vol. 2. – 368 p.

REFERENCES

- 1 Lawrence D., Yang F., Junyan M., David C. **2004**. 247–256.
- 2 Wells O. G. **2004**. 112.

- 3 Yar-Mukhamedova G.Sh., Tatarchenko G.O. // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2012.** №3. 82-87 (in Russ).
4 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2012.** №3. 87-92.
5 Moris F., Meni L., Tikse R. **2008.** 392 (in Russ).
6 Gouldsteyn Dzh., Nyuberi D., Echlin P., Dzhoy D., Fiori Ch., Lifshin E. **2004.** Т. 1. 303 (in Russ).
7 Arenas M.A., de Frutos A., Liu Y. // Surface and Coating Tehnology. **2008.** Vol. 202 (16). 379.
8 Sayfullin R.S. **1997.** 272 .
9 Yar-Mukhametova G.Sh., Kalipekova M.A., Kshibekova B.B., Moldabaev M. The role of healing effect in increasing of corrosion resistance of chromium nano-CEC // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2010.** №6.114(in Russ).
10 Weinberg F. **2010.** 368.

Резюме

З. Я. Токтобакиева¹, Г. Ш. Яр-Мухамедова²

(¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,
²АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»)

ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАЖДЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ

В статье рассматривается использование наноразмерных частиц диоксида кремния SiO₂, сажи ламповой С в качестве дисперсной фазы для структурирования хромовых электролитических покрытий и представлены результаты исследований микроструктуры. Нанокпозиционные покрытия получены при плотности тока 5 кА/м², температурах электроосаждения 303–343 К из электролита с соотношением концентраций C/SiO₂ – 8/12. Исследования проводили на электронном микроскопе JEOL JXA-8230 в режиме COMPO, SEI, WDS, и EDS. Установлено, что увеличение температуры неоднозначно влияет на морфологию наноструктурированных композиционных электролитических покрытий. В процессе осаждения на поверхности появляются микропоры, глобулы, пузырьковые образования и микротрещины. По результатам анализа влияния температуры электроосаждения на микроструктуру выявлено, что при 303 К формируется глобулярная микроструктура, 313 К – гладкая, 323 К – на фоне гладкой наблюдаются пузырьковые образования и множественные микротрещины, 333 К – совершенно гладкая с редкими микротрещинами, 343 К – гладкая с отдельными мелкими пузырьками.

Ключевые слова: наноструктурированные композиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), электронный микроскоп, микроструктура.

Summary

Z. Ya. Toktokbayeva¹, G. Sh. Yar-Mukhamedova²

(¹ Al-Farabi Kazakh national university, Almaty,
²«Center of Earth Science, Metallurgy and Benification» JSC, Almaty)

ELECTRON MICROSCOPY INVESTIGATION OF TEMPERATURE INFLUENCE ON NANO-COMPOSITION COATINGS SURFACE MORPHOLOGY

In article the using of nanodimensional particles of silicon dioxide SiO₂ and soot lamp C as a disperse phase for structuring chromic electrolytic coatings is considered and results of microstructure researches are presented. Nanocomposite coatings are obtained at 5 kA/m² current density, electrodeposition temperatures 303–343 K, from electrolyte with concentration ratio of C/SiO₂ -8/12. Researches conducted on an electronic microscope of JEOL JXA-8230 in the COMPO, SEI, WDS and EDS mode. It is established that temperature increasing ambiguously influences on nanostructured composite electrolytic coatings morphology. During electro deposition process on the coatings surface there are micropores, globules, vesiculate formations and microcracks. The results of analysis electrodeposition temperature influencing on microstructure revealed that at 303 K – globular microstructure, 313 K – smooth, 323 K – multiple microcracks are formed and on the phone of smooth structure there are observed bubble formations, 333 K – perfect smooth with rare microcracks, 343 K – smooth with separate small bubbles are established.

Keywords: nano-structured composition electrolytic coatings (nano-CEC), electronic microscope, microstructure.

Поступила 27.03.2013г.

М. Т. ӨМІРТАЕВА¹, Г. Ш. ЯР-МҰХАМЕДОВА², М. МОЛДАБАЕВ³

¹ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,

² «Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ,

³ Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.)

НАНОКОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОЛИТТІК ҚАПТАМАЛАРДЫҢ КОРРОЗИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ТҰНДЫРУ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӘСЕРІН АТОМДЫҚ-КҮШТІК МИКРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аннотация

Мақалада, атомдық-күштік микроскопия әдісімен нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың (нано-КЭҚ) микроқұрылымын анықтау жұмысының нәтижелері және олардың талқыланулары берілген. Cr-SiO₂ нано-КЭҚ бет морфологиясын коррозияға дейін және коррозиядан кейін зерттеуді «NTEGRA Thermo» атомдық-күштік микроскоп қондырғысында жүргіздік. Нано-КЭҚ тұндырылуы үшін келесі құрамдағы электролит-суспензия пайдаланды (г/л): хром ангидриді 200–300, күкірт қышқылы 2–3, SiO₂ – 14, С – 6. Тұндыру үдерісі 303–343 К температура аралығында және тоқ тығыздығы 5 кА/м² болғанда жүргізілді. Коррозиялық орта ретінде 3% NaCl 298 К температурада қолданылды. Зерттеу жұмысының нәтижесі 303 К және 343 К температураларда алынған үлгілер нүктелік (питтингтік) коррозияның пайда болғанын көрсетті. Яғни, бұл қаптамалардың коррозиялық беріктілігінің төмендеу болуымен түсіндіріледі. Ал 313 К, 323 К, 333 К температураларында ерекше бір морфологиялық өзгерістің болмайтындығы байқалады. Бұл нано-КЭҚ-ның жоғары коррозиялық тұрақтылығына ие екендігін дәлелдейді.

Кілт сөздер: нанокөмпозициялық электролиттік қаптама (нано-КЭҚ), коррозиялық беріктілік, атомдық-күштік микроскопия.

Ключевые слова: нанокөмпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), коррозионная стойкость, атомно-силовая микроскопия.

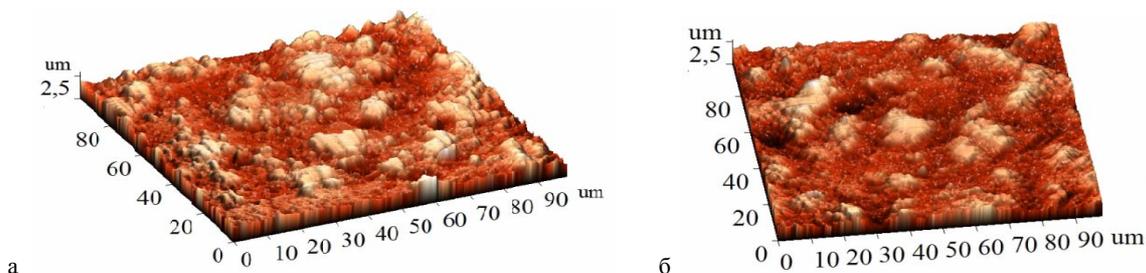
Keywords: nanocomposition electrolytic coating (nano-CEC), corrosion resistance, atomic force microscopy.

Кіріспе. Қазіргі таңдағы ғылымдағы маңызды мәселелердің бірі – металдардың тотығуы және тозуымен күресу болып табылады. Композиттік электролиттік қаптамалар осы мәселені шешуде басты рөл атқарады. Композиттік электролиттік қаптамалар – бұл металдық матрицадан тұратын және айрықша физика-химиялық қасиеттерге ие, дисперстік фазалары бар электролиттік композит болып табылады. Дисперсті бөлшектер 100 нм-ден кіші болса, онда олар наноматериалдардың қатарына кіреді және дисперсті бөлшектер металдық матрицаның қасиеттерін түбегейлі өзгертеді. Сондықтан бұл композиттік электролиттік қаптамалар түсінігін жеке топқа бөліп реттейді, ал ең бастысы нанокөмпозиттік электролиттік қаптамаларды негізгі зерттеу жұмыстары олардың құрылымы мен қасиеттерін нақтылай түседі [1].

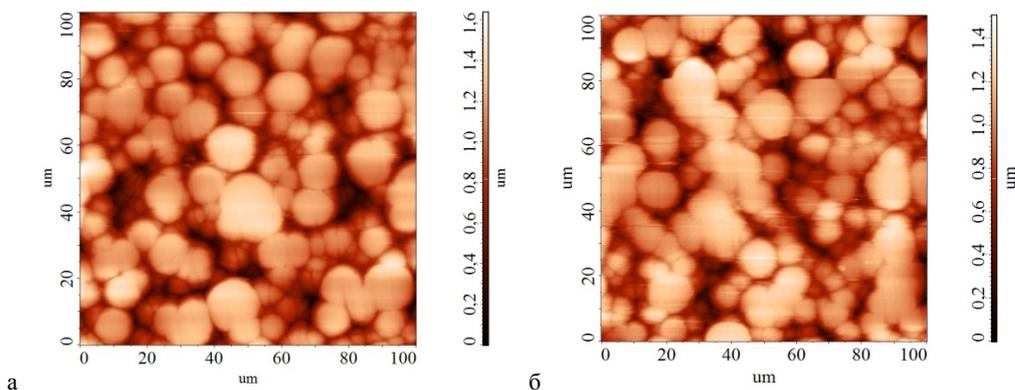
Наноқұрылымдалған материалдар туралы негізгі түсінік – КЭҚ ол металдық матрицадан тұратын, құрамында кейбір дисперстік фазасы бар, матрицаның физика-химиялық қасиетін өзгертіп отыратын электролиттік композиция. Наноматериалдардың дисперсті аймағына енетін дисперсті бөлшектер болып табылады, және олар матрицаның қасиеттерін толығымен өзгертеді. КЭҚ-ны жалпы түсінік бойынша топқа бөлетін болсақ, ол қаптама дегенді білдіреді, ал нано-КЭҚ оның түзілу ерекшелігін, қасиетін және т.б. ерекшеліктерін анықтайды. Р. С. Сайфуллиннің зерттеулері бойынша КЭҚ-ның отырғызылуы үшін қолданылатын ұнтақтың дисперстілігі үш градациядан тұрады: 5–15 мкм – орташа, 1–5 мкм – жұқа, 0.1–0.001 мкм – коллоидты. Егер ұнтақтың дисперстілігі 0.01 мкм, яғни 10 нм-ден төмен болса, КЭҚ-ны алуға қажетті өлшем аймағына кірмейтінін білдіреді [2].

Металдардың мен қорғау қаптамаларының микроқұрылымдарын зерттеу аумағында жеткен жетістіктер [3-10]: ультрадыбыстың тұрақты және периодты әсерінде алынған КЭҚ-ның морфологиясы зерттелді, коррозиялық беріктіліктің әртүрлі ортада ұлғаюына материал құрамының әсері, микротүйіршіктер мен микрожарықшақтардың пайда болуына наноөлшемді бөлшектердің әсерінің заңдылықтары анықталды. Сонымен қатар осы уақытқа дейін наноқұрылымдалған қаптамалардың коррозияға қарсы қасиеттеріне қалыптасу температурасының әсері жеткілікті зерттелмеді. Осыған байланысты жұмыстың мақсаты – коррозия үдерісі кезінде, 303–343 К температурада алынған Cr-SiO₂-С нано-КЭҚ-ның микроқұрылымын зерттеу болып табылады.

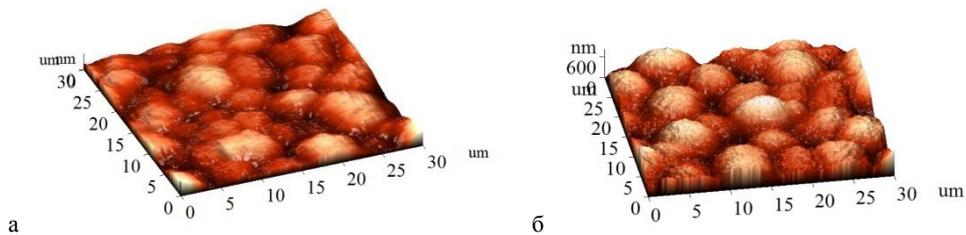
Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Біз 50x20x2 өлшемдегі Ст 3 болатынан дайындалған үлгілерді пайдаландық. Дисперсті фаза ретінде шам күйесі С (11–100 нм) мен кремний қостотығының SiO₂ (5–500 нм) ұнтақтарын пайдаландық. Нано-КЭҚ тұндырылуы үшін келесі құрамдағы электролит-суспензия қолданылды (г/л): хром ангидридi – 200–300, күкірт қышқылы – 2–3, SiO₂ – 14, С – 6. Тұндыру үдерісі 303–343 К температура аралығында және тоқ тығыздығы 5 кА/м² болғанда жүргізілді. Коррозиялық орта ретінде 3% NaCl 298 К температурада қолданылды. Зерттеу «КИНГ» ҰТО «КазТрансОйл» АҚ стендінде 5 үлгіні бір уақытта сынау арқылы жүргізілді. Микроқұрылымды коррозиялық сынауға дейін және кейін «NTEGRA Thermo» атомдық-күштік микроскопының (СоСг зонд, биіктігі h = 10 мкм, дөңгеленуі r = 1–10 нм болған, NSG01 маркалы кантилеверден тұрады) көмегімен зерттедік. Төменде зерттеу жұмыстардың нәтижелері көрсетілген. 1–5-суретте 303–343 К температурада алынған үлгілер коррозияға дейін (а) және коррозиядан кейін (б) көрсетілген.



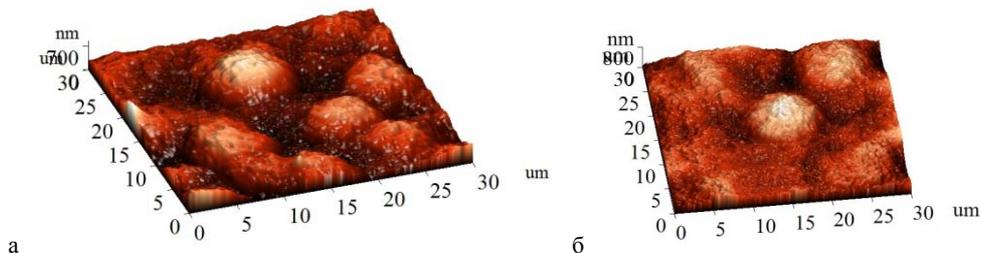
а – коррозияға дейін және б – коррозиядан кейін
1-сурет – АКМ 3D бейнесі 303 К (ұлғайтылымы – 100x100)



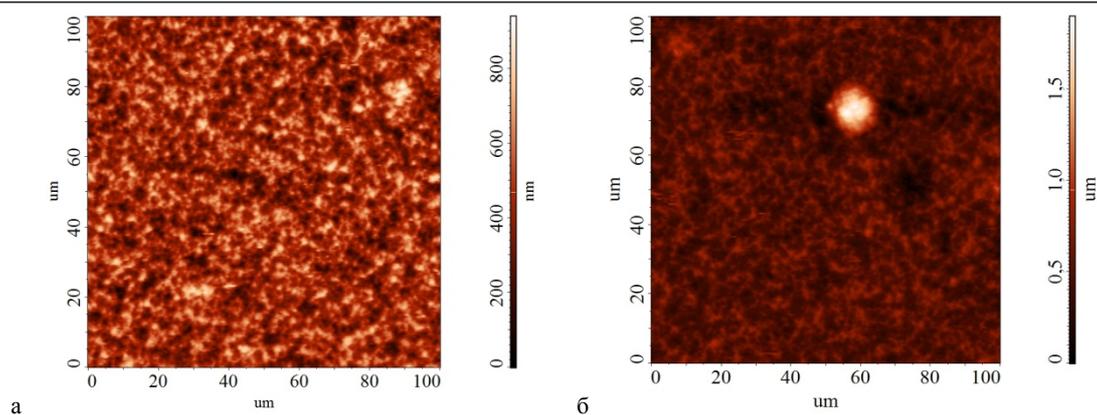
а – коррозияға дейін және б – коррозиядан кейін
2-сурет – АКМ әдісімен алынған үлгі беттерінің жалпы көрінісі 313 К (ұлғайтылымы – 100x100)



а – коррозияға дейін және б – коррозиядан кейін
3-сурет – АКМ 3D бейнесі 323 К (ұлғайтылымы – 30x30)



а – коррозияға дейін және б – коррозиядан кейін
4-сурет – АКМ 3D бейнесі 333 К (ұлғайтылымы – 30x30)



а – коррозияға дейін және б –коррозиядан кейін

5-сурет – АКМ әдісімен алынған үлгі беттерінің жалпы көрінісі 343 К (ұлғайтылымы – 100x100)

Нано-КЭЖ бетінде таза хромдық электролиттік қаптамаларға тән микротүйіршіктер мен микрожарықшақтар жоқ екені суреттен көрініп тұр. 303 К (1-сурет) және 343 К (5-сурет) температураларда алынған нано-КЭЖ үшін 50 сағат коррозиялық сынаудан кейін питтингтік коррозия байқалады. Және де 343 К температурада алынған нано-КЭЖ үшін олардың саны да, өлшемі де бірталай аз. Яғни бұл қаптамалардың коррозиялық беріктілігі нашарлау екендігін түсіндіреді. Сонымен қатар, 313, 323, 333 К (2–4-сурет) температураларда алынған басқа қаптамалар үшін 50 сағаттық коррозиялық сынаудан кейін ешқандай өзгеріс байқалмайды. Бұл нано-КЭЖ-ның жоғары коррозиялық тұрақтылығын дәлелдейді.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде 303–343 К температураларда алынған Cr-SiO₂-C нано-КЭЖ-ның микроқұрылымының өзгерісі анықталды. Хромдық матрицаны құрылымдауға наноөлшемді бөлшектерді пайдалану микротүйіршіктер мен микрожарықшақтардың пайда болу есебінен коррозиялық беріктіктің өсуіне әкеледі.

Зерттеу жұмысының нәтижесінде 303 К және 343 К температураларда алынған үлгілер нүктелік (питтингтік) коррозияның пайда болғанын көрсетті. Яғни бұл қаптамалардың коррозиялық беріктілігінің төмендеу болуымен түсіндіріледі. Ал 313 К, 323 К, 333 К температураларында ерекше бір морфологиялық өзгерістің болмайтындығы байқалады. Бұл нано-КЭЖ-ның жоғары коррозиялық тұрақтылығына ие екендігін дәлелдейді.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Мардаревич Р. С., Далисов В. Б., Гуслиенко Ю. А. *Mardarevich R. S., Dalisov V. B., Guslienco Yu. A. Влияние структуры композиционных электрохимических покрытий на прочность углеродистой стали // Защитные покрытия на металлах. – 2008. – С. 80-83.*
- 2 Binnig G., Rohrer H. *Scanning tunneling microscopy // Helv. Phys. Acta. – 2002. – Vol. 55, № 6. – P. 726-735.*
- 3 Eibl R. H., Moy V.T. *Atomic force microscopy measurements of protein-ligand interactions on living cells // Methods Mol Biol. – 2005. – P. 305.*
- 4 Эдельман В.С. *Развитие сканирующей туннельной и силовой микроскопии // Приборы и техника эксперимента. – 1991. – № 1. – С. 24-42.*
- 5 Магонов С.Н. *Сканирующая силовая микроскопия полимеров и родственных материалов // Высокомолекулярные соединения. – 1996. – Т. 38, № 1. – С. 143-182.*
- 6 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. *Investigation of nano-dispersion phase components ratio influence on corrosion resistance of Cr-SiO₂-C nano-composition electrolytic coatings // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 87-92.*
- 7 Быков В.А., Лазарев М.И., Саунин С.А. *Сканирующая зондовая микроскопия для науки и промышленности // Электроника: наука, технология, бизнес. – 1997. – № 5. – С. 7-14.*
- 8 Wickramasinghe H.K. *Progress in scanning probe microscopy // Acta materialia. – 2000. – 48. – P. 347-358.*
- 9 Yar-Mukhamedova G.Sh., Kalipekova M.A., Kshibekova B.B., Moldabaev M. *The role of healing effect in increasing of corrosion resistance of chromium nano-CEC // Комплексное использование минерального сырья. – 2010. – № 6. – 114 с.*
- 10 Яр-Мухамедова Г.Ш., Татарченко Г.О. *Коррозионная стойкость нержавеющей сталей в присутствии озона // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы: ЦНЗМО, 2012. – № 3. – С. 82-87.*

REFERENCES

- 1 Mardarevich R. S., Dalisov V. B., Guslienco Yu. A. **2008.** 80-83 (in Russ).
- 2 Binnig G., Rohrer H. *Scanning tunneling microscopy.* **2002.** № 6. 726 – 735.
- 3 Eibl R. H., Moy V.T. **2005.** 305.

- 4 Edel'man V. S. **1991**. 24-42 (in Russ).
5 Magonov S. N. Skaniruyushaya silovaya mikroskopiya polimerov i rodstvennih materialov. **1996**. № 1. 143-182 (in Russ).
6 Yar-Mukhamedova G.Sh., Darisheva A.M., Moldabaev M., Zabortcev S.P. // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2012**. № 3. 87-92.
7 Bikov V.A., Lazerov M.I., Saunin S.A. Skaniruyushaya zondvaya mikroskopiya dlya nauki i promishlennosti. **1997**. № 5. 7-14 (in Russ).
8 Wickramasinghe H.K. **2000**. 347-358.
9 Yar-Mukhamedova G.Sh., Kalipekova M.A., Kshibekova B.B., Moldabaev M. The role of healing effect in increasing of corrosion resistance of chromium nano-CEC // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2010**. №6.114 (in Russ).
10 Yar-Mukhamedova G.Sh., Tatarchenko G.O. // Kompleksnoye ispol'zovaniye mineral'nogo syr'ya. **2012**. №3. 82-87 (in Russ).

Резюме

М. Т. Умуртаева¹, Г. Ш. Яр-Мухамедова², М. М. Молдабаев³

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,
²АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»,
³ Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАЖДЕНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Приведены результаты исследования изменения микроструктуры нанокomпозиционных электролитических покрытий (нано-КЭП) в процессе коррозии методом атомно-силовой микроскопии. Исследования морфологии поверхности нано-КЭП Cr-C-SiO₂ до и после коррозии проводили на микроскопе «NTEGRA Thermo». Для осаждения нано-КЭП применяли электролит-суспензию следующего состава (г/л): хромовый ангидрид 200–300, серная кислота 2–3, SiO₂ – 14, C – 6. Процесс осаждения осуществляли в диапазоне температур электролита 303–343 К и плотности тока 5 кА/м². В качестве коррозионной среды использовали 3% NaCl при температуре 298 К. Установлено, что в покрытиях, полученных при температурах 303 К и 343 К обнаруживаются питтинговая коррозия, они обладают низкой коррозионной стойкостью. При температурах 313 К, 323 К, 333 К особых морфологических изменений после коррозионных испытаний нет. Это свидетельствует о стабильности и высокой коррозионной стойкости нано-КЭП.

Ключевые слова: нанокomпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), коррозионная стойкость, атомно-силовая микроскопия.

Summary

M. T. Umurtaeva¹, G. Sh. Yar-Mukhamedova², M. M. Moldabaev³

¹ Al-Farabi Kazakh national university, Almaty,
² «Center of Earth Science, Metallurgy and Benification» JSC, Almaty,
³ Kazakh national pedagogical university named after Abai, Almaty)

INVESTIGATION OF OBTAINING SEDIMENT TEMPERATURE INFLUENCE ON NANO-COMPOSITION ELECTROLYTIC COATINGS CORROSION RESISTANCE BY ATOM-FORCE MICROSCOPE METHOD

It is the presented results of investigation of changes of the microstructure of nanocomposite electrolytic coating (nano-CEC) in the process of corrosion by atomic force microscopy. It was conducted the investigations of the surface morphology of nano-CEC Cr-C-SiO₂ conducted before and after the corrosion on the microscope NTEGRA Thermo. It was used electrolyte-suspension in the following composition (g/l) for deposition of nano-CEC: chromic anhydride 200–300, sulfuric acid 2–3, SiO₂ – 14, C – 6. Deposition process was carried out in the temperature range of the electrolyte of 303–343 K and current density 5 kA/m². It was used a 3% NaCl at 298 K as a corrosive environment. It is detected the pitting corrosion in the coatings produced in the temperatures of 303 and 343 K, they have low corrosion resistance. There are no special morfological changes after corrosional tests at the temperatures 313 K, 323 K and 333 K. This indicates the stability and high corrosion resistance on nano-CEC.

Keywords: nanocomposition electrolytic coating (nano-CEC), corrosion resistance, atomic force microscopy.

Поступила 27.03.2013г.

А. ХАЛЫҚБЕРГЕНҚЫЗЫ¹, Г. Ш. ЯР-МҰХАМЕДОВА²

¹ Ұл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,
² «Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ)

НАНОКОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОЛИТТІК ҚАПТАМАЛАРДЫҢ Cr-SiO₂-C КОРРОЗИЯҒА БЕРІКТІЛІГІН ГРАВИМЕТРЛІК ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аннотация

Мақалада 303–343 К тұндыру температураларында алынған Cr-SiO₂-C нанокұрылымдалған композициялық электролиттік қаптамалардың (нано-КЭЖ) коррозиялық тұрақтылығын гравиметрлік зерттеу және оның нәтижелері ұсынылады. Сынақ «КИНГ» ҰТО АҚ-да конструкция стендінде 35 сағат ішінде 293 К температурада және 3% NaCl ерітіндісінің араласуында жүргізілді. Нано-КЭЖ тұндыру үшін мынадай құрамдағы электролит-суспензия қолданылды (г/л): хром ангидриді – 200–300, күкірт қышқылы 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. Үдеріс электролит температурасы 303–343 К диапазонда және тоқ тығыздығы 6кА/м² болғанда жүргізілді. Зерттеу нәтижелерін талдау электротұндыру температурасының өзгерісі нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың Cr-SiO₂-C коррозиялық тұрақтылығына бірқалыпты емес әсер ететіндігін көрсетті. Металдардың коррозиялық тұрақтылығының онбалдық шкаласы бойынша, қаптамалардың коррозиялық тұрақтылық класын анықтадық. Бізде беріктілігі ең жақсы болған 333 К температурада алынған нано-КЭЖ коррозияға өте тұрақты, яғни 2 баллдық көрсеткішке ие болды. Ал беріктілігі төмен болған 323 К температурада алынған нан-КЭЖ тұрақты, яғни 4 баллдық көрсеткішті көрсетті.

Кілт сөздер: нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалар (нано-КЭЖ), гравиметрлік әдіс, коррозиялық беріктілік.

Ключевые слова: нанокөмпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), гравиметрический метод, коррозионная стойкость.

Keywords: nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), gravimetric method, corrosion resistance.

Кіріспе. Жалпы металдар күнделікті өмірде, техникада, ауыл шаруашылығында, өндірісте де ең жоғары қолданысқа ие конструкциялық материалдар болып табылады. Бірақ металдар табиғатта сыртқы ортамен байланысқанда қарқынды дәрежеде химиялық немесе технологиялық ортада коррозияға ұшырайды [1].

Қазіргі уақытта коррозия және металдың тозуы жалпы ғылымдағы үлкен маңызы бар мәселе болып отыр. Бұл үдерістер машина өңдеу, агрессивті орталарда, әртүрлі тұздарды өңдеу, көмір мен руда және т.б. өндірістерінде көп кездеседі. Сонымен қатар осы металдардың тотығуы және тозуымен күресу маңызды рөлге ие. Металдарды коррозиядан қорғау мақсатында оларды әртүрлі қаптамалармен қаптайды. Композиттік электролиттік қаптамалар осы мәселені шешуде басты рөлді атқарады [2, 3].

Қаптаманы сапалы коррозиялық қорғаныспен қамтамасыз ету үшін, оның беті тегіс, негізгі металмен жақсы адгезияға ие болуы тиіс, агрессивті ортаға қол жетпейтін болуы керек, металл бетінде біркелкі таралуы, ыстыққа төзімділікке және қаттылыққа ие болуы керек. Көптеген салаларда электротұндырылатын металдар ішінде жоғары қаттылыққа ие және көптеген агрессивті орталарда коррозияға төзімді, химиялық әсерлерге қарсы тұру қабілеті жоғары электролиттік хром кең қолданылады [4].

Нанотехнологияның дамуымен қатар наноматериалдардың айрықша қасиеттерінің байқалуына байланысты КЭЖ салаларында жаңа нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалар тарауы пайда болды. Нано-КЭЖ жүргізілген салыстырмалы сынақ жұмыстары олардың коррозияға, желінуге және жылуға жыдамдылығының 30-60 есеге дейін артатынын көрсетті [5].

Зерттеу әдістері мен объектілері. Металдардың коррозияға беріктілігін зерттеудің бірнеше әдістері бар, солардың бірі және біздің ғылыми жұмысымызға негіз болған әдіс – бұл гравиметрлік әдіс. Бұл әдіс – ингибирилген немесе керісінше ингибирилбеген сынау орталарында болған уақытта коррозия жылдамдығының өзгеруіне байланысты металл үлгілер массаларының өзгеруімен сипатталады. Гравиметрлік талдау зат массасын анықтауға негізделген, сондықтан бұл әдісті кейде салмақ әдісі деп те атайды. Талдау барысында анықталатын зат немесе қандай да бір ұшатын қосылыс түрінде айдалады (айдау әдісі), немесе ерітіндіден азертін қосылыс түрінде тұндырылады (тұндыру әдісі).

Металл мен қорытпалардың коррозия үдерістерін сандық зерттеу тәсілі олардың агрессивті ортаның әсерінен өзгеріске ұшыраған механикалық, электрохимиялық қасиеттерінің сипаттамасын қамтиды. Металдар мен қорытпалардың коррозия жылдамдығының сандық көрсеткіштерін есептеп анықтауға болады.



1-сурет – Стендік құрылғы

Ал олардың сандық көрсеткіштерімен есептеп анықтау үшін дайындалған үлгілердің салмақтарын алдын-ала аналитикалық немесе техникалық әдіспен өлшеп алу қажет. Содан соң үлгілер спиртке буланған таза мақтамен сүртіліп, 30 минутқа жуық уақыт арнайы реактивке батырылып ұсталады. Осы реактивке суға үш дүркін жуылып, кептіргіш шкафқа құрғатылады. Сонымен, металдар мен қорытпалардың арнайы реактивтермен өзара әрекеттесуінің салдарынан олардың үстем немесе жалпы кеміген салмақтарын өлшеп, коррозия үдерісі жылдамдығының сандық көрсеткіштерімен анықтауға болады [6, 7].

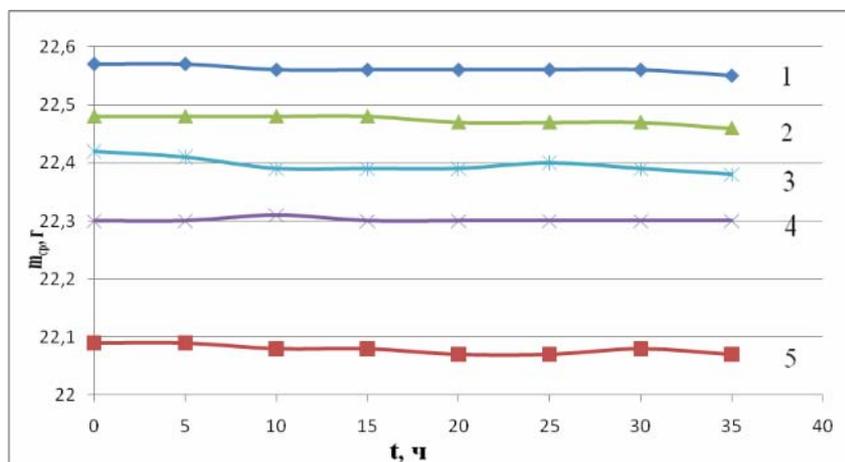
Гравиметрлік әдіс – әмбебап әдістердің бір түрі. Ол кез келген элементті анықтауда қолданыла береді. Бұл әдістің көп бөлігінде, яғни талданатын қоспадан жеке қосылыс түрінде өлшенетін компонент бөлініп шыққанда тура анықтау пайдаланылады [8-10].

Зерттеуді бастау үшін ең алдымен бізге агрессивті орта қажет. Агрессивті орта ретінде натрий хлордың 3%-тік ерітіндісі алынды. Ерітіндіні алдын ала дайындап, берілген үлгілердің массасын алдымен аналитикалық таразыда өлшеп, одан соң оларды тазалап, майсыздандырып ерітіндіге бірдей уақытта саламыз.

Нано-КЭЖ-тің коррозиялық төзімділігін зерттеу арнайы құрастырылған стендік құрылғыда жүргізіледі. Ол стендтің әр иығына 2 және 3 үлгіден қойып, бір уақытта 5 үлгіні сынауға мүмкіндік берді.

Нанокөмірдің электролиттік қаптамалардың коррозияға беріктілігін салмақтық әдіспен анықтауға арналған тәжірибелік қондырғының сызбанұсқасы 1-суретте келтірілген.

Қорытынды. Гравиметрлік сынау жұмысының нәтижесі 2-суретте көрсетілген. Нанодисперциялық фазалардың $C\ 8\ г/л + SiO_2\ 12\ г/л$ концентрацияларының арақатынасымен 303 К, 313 К, 323 К, 333 К және 343 К температураларда және тоқ тығыздығы $6\ кА/м^2$ болғанда алынған масса орташаларының кинетикалық қисығының сынау уақытына тәуелділігін зерттеу жұмыстары, қаптаманың коррозияға беріктілігінің ең жақсысы 333 К температурада алынған (коррозияның тереңдік көрсеткіші $0,00499\ мм/жыл$), ал ең төмен болған 323 К алынған ($0,031824\ мм/жыл$) қаптама екенін дәлелдейді.



1 – 303 К; 2 – 313 К; 3 – 343 К; 4 – 333 К; 5 – 323 К

2-сурет – Масса орташасының сынау уақытына тәуелділік графигі

Зерттеу жұмысының нәтижесінде, біз қаптамалардың коррозияға беріктілік деңгейлерін білдік. Металдардың коррозиялық тұрақтылығының онбалдық шкаласы бойынша, бізде беріктілігі ең жақсы болған 333 К температурада алынған нано-КЭЖ коррозияға өте тұрақты, яғни 2 баллдық көрсеткішке ие болды. Ал беріктілігі неғұрлым төмен болған 323 К температурада алынған нан-КЭЖ тұрақты, яғни 4 балл көрсеткіш көрсетті.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Улиг Г.Г., Реви Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – Л.: Химия, 1999. – 456 с.
- 2 Xingen Y., Chuman C., Zhiming Y., Derui Zh., Zhongda Y. // Corrosion Science. – 2001. – Vol. 43. – 1283 p.
- 3 Чукубаева А.Ж., Айдарбекова Р.Ы., Яр-Мухамедова Г.Ш. Обзор современного состояния получения композиционных электролитических покрытий (КЭП) // Сб. науч. трудов КазНТУ. – Алматы, 2004. – Т. 2. – 412-414 с.
- 4 Кузенков Ю.А., Олейник С.В. // Коррозия: материалы, защита. – 2009. – № 4. – 36 с.
- 5 Олейник С.В., Малыгина Е.М., Зимина Ю.М. // Коррозия: материалы, защита. – 2007. – № 2. – 29 с.
- 6 Мардаревич Р.С., Далисов В.Б., Гуслиенко Ю.А. Влияние структуры композиционных электрохимических покрытий на прочность углеродистой стали // Защитные покрытия на металлах. – 2006. – Вып. 20. – 80-83 с.
- 7 ГОСТ 9.506-87. Единая система защиты от коррозии и старения. – 1988. – 6 с.
- 8 Hiromoto S., Sisido T., Yamamoto A., Maruyama N., Somekowa H., Mukai T. // Corrosion Science. – 2008. – Vol. 50. – P. 2096-2913.
- 9 Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. – Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 413 с.
- 10 Тарчигина Н.Ф., Русин В.Н., Галкина Ю.М. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. – М.: МГОУ, 2012. – 154 с.

REFERENCES

- 1 Ulig G. G., Revi R.U. **1999**. 456 (in Russ).
- 2 Xingen Y, Chuman C, Zhiming Y, Derui Zh, Zhongda Y. // Corrosion Science. **2001**. Vol. 43. 1283.
- 3 Chukubaeva A.Zh., Aydarbekova R.Y., Yar-Muhamedova G. Sh. // Sb. nauch. trudov KazNTU. – **2004**. T. 2. 412-414 (in Russ).
- 4 Kuzenkov Yu.A., Oleynik S.V. // Korrosiya: materialy i zashita. **2009**. №4. 36 (in Russ).
- 5 Oleynik S.V., Malygina E.M., Zimina Yu.M. // Korrosiya: materialy i zashita. **2007**. № 2. 29 (in Russ).
- 6 Mardarevich R.S., Dalisov V.B., Guslienko Yu.A. // Zashitnye pokritiya na metallakh. **2006**. V.20. 80-83 (in Russ).
- 7 GOST 9.506-87. **1988**. 6 (in Russ).
- 8 Hiromoto S., Sisido T., Yamamoto A., Maruyama N., Somekowa H., Mukai T. // Corrosion Science. **2008**. V.50. 2096-2913.
- 9 Semenova I.V., Florianovich G.M., Horowilov A.V. // Korrosiya: materialy, zashita. **2010**. 413 (in Russ).
- 10 Tarchigina N.F., Rusin V.N., Galkina Yu.M. **2012**. 154 (in Russ).

Резюме

А. Халықбергенқызы¹, Г. Ш. Яр-Мухамедова²

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,
²АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», г. Алматы)

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ
НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ Cr-SiO₂-C

Приведены результаты гравиметрических исследований коррозионной стойкости наноструктурированных композиционных электролитических покрытий (нано-КЭП) Cr-SiO₂-C, полученных при температурах осаждения 303–343 К. Испытание проводили на стенде конструкции НТЦ АО «КИНГ» в течение 35 часов при температуре 293 К и перемешивании 3% раствора NaCl. Для осаждения нано-КЭП применяли электролит-суспензию следующего состава (г/л): хромовый ангидрид 200-300, серная кислота 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. Процесс осуществляли в диапазоне температур электролита 303–343 К и плотности тока 6 кА/м². Анализ результатов исследования показал, что изменение температуры электроосаждения неоднозначно влияет на коррозионную стойкость наноконпозиционных электролитических покрытий Cr-SiO₂-C. Мы определили класс коррозионной стойкости покрытий по десятибалльной шкале. В нашем случае самое стойкое нано-КЭП, полученное при температуре 333 К, что соответствует 2 баллам. Самой низкой стойкостью обладает нано-КЭП, полученное при температуре 323 К (4 балла).

Ключевые слова: наноконпозиционные электролитические покрытия (нано-КЭП), гравиметрический метод, коррозионная стойкость.

Summary

A. Khalykbergenkyzy¹, G. Sh. Yar-Mukhamedova²

¹Al-Farabi Kazakh national university, Almaty,

²«Center of Earth Science, metallurgy and beneficiation» JSC, Almaty)

**GRAVIMETRICAL INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE
OF NANO-COMPOSITION ELECTROLYTIC COATINGS Cr-SiO₂-C**

In the article the results of nanostructured composition electrolytic coatings (nano-CEC) Cr-SiO₂-C, obtained under the temperature 303–343 K, corrosion resistance gravimetical investigation. Testing was realized at the stand of scientific and technological center "KING" JSC within 35 hours at temperature 293 K and mixing in 3% NaCl solution. For electrolytic deposition of nano-CEC was using electrolyte containing (g/l): chromic anhydride 200–300, sulfuric acid 2–3, SiO₂ – 12, C – 8. Process was carried out in the range of temperatures 303–343 K and current density 6 kA/m². The analysis of investigation results showed that electrodeposition temperature changing ambiguously influences on nanocomposite electrolytic coatings Cr-SiO₂-C corrosion resistance. We determined a class of coatings corrosion resistance by a ten point scale. In our case the most resistant nano-CEC, received at temperature 333 K that corresponds to 2 point. The lowest corrosion resistance possesses nano-CEC, obtained at temperature 323 K (4 points).

Keywords: nanocomposition electrolytic coatings (nano-CEC), gravimetical method, corrosion resistance.

Поступила 27.03.2013г.

Физика атомного ядра и элементарных частиц

УДК 539.17

А. Х. АРГЫНОВА, А. Ш. ГАЙТИНОВ, А. А. ЛОКТИОНОВ, П. Б. ХАРЧЕВНИКОВ

(Физико-технический институт, г. Алматы)

ОЦЕНКА НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ТЯЖЕЛЫХ И ЛЕГКИХ ЯДЕР ПРИ JINR-AGS-SPS ЭНЕРГИЯХ

Аннотация

Актуальность современных проблем релятивистской ядерной физики определяется исключительной важностью задач поиска и анализа процессов фазового перехода вещества из адронного состояния в кварк-глюонную плазму в условиях высоких давлений и температур, создающихся в объеме реакции при соударениях ядер. Множественность заряженных частиц является ключевой наблюдаемой характеристикой свойств возбужденного вещества, рожденного в соударениях ионов высоких энергий. Множественность определяется не только энергией и массами взаимодействующих ядер, но и степенью перекрытия соударяющихся объектов. Поэтому для исследований «истинных» динамических процессов необходимо исключить влияние изменяющейся геометрии столкновения ядер. Оценка начальных условий в отдельных соударениях ядер выполнена на основе методов множественно-фрагментационного корреляционного анализа. Исследования проведены для взаимодействий первичных легких – (C, O, Ne), средних – (Si, S) и тяжелых – (Au, Pb) ионов с тяжелыми – (Ag/Br) и легким – (C/N/O) ядрами эмульсии при JINR-AGS-SPS энергиях. Широкий спектр масс и энергий первичных ионов позволил нам выполнить «двумерное сканирование» начальных условий взаимодействий и оценить ожидаемые тренды.

Ключевые слова: физика ионов высоких энергий, деконфайнмент адронов, ядро-ядерные взаимодействия, JINR-AGS-SPS энергии, начальные условия, множественно-фрагментационный корреляционный анализ.

Кілт сөздер: жоғары энергиялы иондардың физикасы, адрондардың деконфайнменті, ядро-ядролық әрекеттестік, JINR-AGS-SPS энергиялар, бастапқы шарт, жиынды-фрагментациялы корреляциялық талдау.

Keywords: high energy ions physics, hadron deconfinement, nucleus-nucleus collisions, JINR-AGS-SPS energies, initial conditions, multiplicity-fragmentation correlation analysis.

Введение. Международные эксперименты 2001–2005 гг. по физике ионов высоких энергий, выполненные на коллайдере RHIC, привели к выводу о рождении кварк-глюонной плазмы [1] в процессах взаимодействия ядер золота при энергии 200 ГэВ на нуклон в СЦМ. Дальнейшие исследования проблем конфайнмента-деконфайнмента адронов нацелены на детализацию процессов фазового перехода из адронной в кварк-глюонную фазу. Для этого готовятся новые эксперименты детального «двухмерного сканирования» параметров процессов по энергиям и геометрическим условиям столкновений ядер в новом энергетическом интервале. В ОИЯИ (Дубна) для решения таких новых задач во взаимодействиях ионов высоких энергий создается коллайдер NICA [2] – Nuclotron-based Ion Collider fAcility. В Германии, в GSI-центре (Дармштадт), готовится аналогичный эксперимент с фиксированной мишенью FAIR [3] – Facility for Anti-protons and Ion Research. Эксперименты на коллайдере RHIC (Брукхейвен) соответственно переориентированы в проект RHIC II на интервал меньших энергий, с выполнением программы «Beam energy scan» [4]. В ЦЕРНе (Женева) полномасштабное исследование задач «двухмерного сканирования» взаимодействий ионов высоких энергий проводится в эксперименте NA-61 [5], являющимся развитием известного эксперимента NA-49.

Экспериментально процесс фазового перехода может быть зарегистрирован по общему признаку фазовых переходов – усилению флуктуаций параметров изучаемой системы вблизи критической точки. Одним из таких параметров является множественность, т.е. обнаружение усиления флуктуаций множественности при сканировании параметров взаимодействий по энергиям и массам сталкивающихся ядер, что должно

свидетельствовать о приближении системы к точке фазового перехода. Но во взаимодействиях ядер множественность вторичных частиц определяется не только энергией и массами сталкивающихся ядер, но и степенью перекрытия соударяющихся объектов. При соударениях ядер, близких к центральным, с малыми параметрами удара, будут преобладать процессы высокой множественности. Крайне периферические соударения будут характеризоваться сравнительно низкой множественностью и повышенной вероятностью фрагментационных процессов. Поэтому оценка влияния изменяющейся геометрии в столкновении ядер является необходимым условием исследования «истинных» динамических флуктуаций возбужденных адронных систем. В настоящей работе оценка роли начальных условий в столкновении ядер выполнена на основе анализа корреляций между множественностью и суммой заряженных фрагментов во взаимодействиях тяжелых и легких ионов при JINR–AGS–SPS энергиях.

Первичные данные и варианты анализа. Экспериментальную основу анализа составляет банк данных ФТИ по взаимодействиям тяжелых и легких ионов, сформированный по результатам выполнения международных экспериментов коллаборацией EMU [6]. Эксперименты выполнялись на нуклотроне Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) при энергиях 3.7 А ГэВ на ускорительном комплексе Alternating Gradient Synchrotron (AGS) Брукхейвенской национальной лаборатории в США при энергиях 10.7 А ГэВ для ионов Au и 14 А ГэВ для ионов Si и на ускорительном комплексе Super Proton Synchrotron (SPS) Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН, Женева), при энергиях 158 А ГэВ для ионов Pb и 200 А ГэВ для ионов S.

Множественно-фрагментационный корреляционный анализ выполнен для следующих групп взаимодействий первичных ядер с тяжелыми Ag/Bg и легкими C/N/O ядрами эмульсии (и тяжелыми Ag/Bg ядрами при малом возбуждении, при $N_h < 9$): соударений тяжелых ионов Au (10.7 А ГэВ) и Pb (158 А ГэВ); соударений средних ионов Si (14 А ГэВ) и S (200 А ГэВ); соударений средних ионов Si и S при энергиях 3.7 А ГэВ; соударений легких ионов C, Ne и O при энергиях 3.7 А ГэВ. Анализ выполнен в переменных нормированных множественностях $N_s/N_s \max$ и нормированной суммы масс быстрых фрагментов $A/A \max$ первичного иона. Множественность каждого события нормировалась на максимальное значение множественности $N_s \max$ в соответствующем эксперименте. Сумма масс быстрых фрагментов в каждом событии нормировалась на величину массы налетающего иона $A \max$.

Результаты анализа

Основной результат анализа корреляций между множественностью и суммой заряженных фрагментов во взаимодействиях тяжелых и легких ионов при JINR–AGS–SPS энергиях состоит в оценке зависимости флуктуаций нормированной множественности ($N_s/N_s \max$) и нормированной суммы масс ($A/A \max$) фрагментов налетающего ядра от начальных условий столкновения ядер. Установлено, что увеличение массы сталкивающихся ядер и рост степени центральности соударений приводит к уменьшению флуктуаций нормированной множественности и нормированной суммы масс фрагментов. В графической форме обзорные результаты корреляционного анализа для всех групп взаимодействий первичных ядер представлены на рисунке. Количественные характеристики анализа сведены в таблице 1. Совокупность двумерных распределений рисунка 1 наглядно показывает, что наименьшие флуктуации нормированной множественности ($N_s/N_s \max$) и нормированной суммы масс ($A/A \max$) фрагментов налетающего ядра имеют место во взаимодействиях самых тяжелых ионов (Au-79 и Pb-82) с тяжелыми (Ag-47/Bg-35) ядрами эмульсии при малых параметрах удара. В этом случае разброс данных для нормированной суммы масс ($A/A \max$) фрагментов вокруг среднего значения составляет 0.20 ± 0.11 и 0.19 ± 0.12 соответственно.

Во взаимодействиях первичных средних и легких ионов с легкими ядрами эмульсии аналогичные величины флуктуаций значительно больше. Флуктуации нормированной суммы масс фрагментов во взаимодействиях ионов S с легкими ядрами эмульсии при энергиях 200 А ГэВ составляют 0.33 ± 0.20 , а во взаимодействиях ионов Si при энергиях 14 А ГэВ – 0.29 ± 0.19 .

Такие же большие флуктуации нормированной суммы масс фрагментов показывают взаимодействия средних и легких ионов при дубненских энергиях 3.7 А ГэВ. В этих соударениях у ядер углерода разброс данных для нормированной суммы масс ($A/A \max$) фрагментов равен 0.31 ± 0.21 , а у ядер неона – 0.32 ± 0.19 .

Таким образом, при переходе от взаимодействий первичных тяжелых ионов к взаимодействиям средних и легких ионов разброс данных вокруг среднего значения суммы масс ($A/A \max$) фрагментов значительно – в 1.7–2.0 раза – увеличивается. Более того, полная картина разброса $N_s/N_s \max$ и $A/A \max$ распределений во взаимодействиях тяжелых первичных ионов систематически отличаются от аналогичных распределений во взаимодействиях средних и легких первичных ионов.

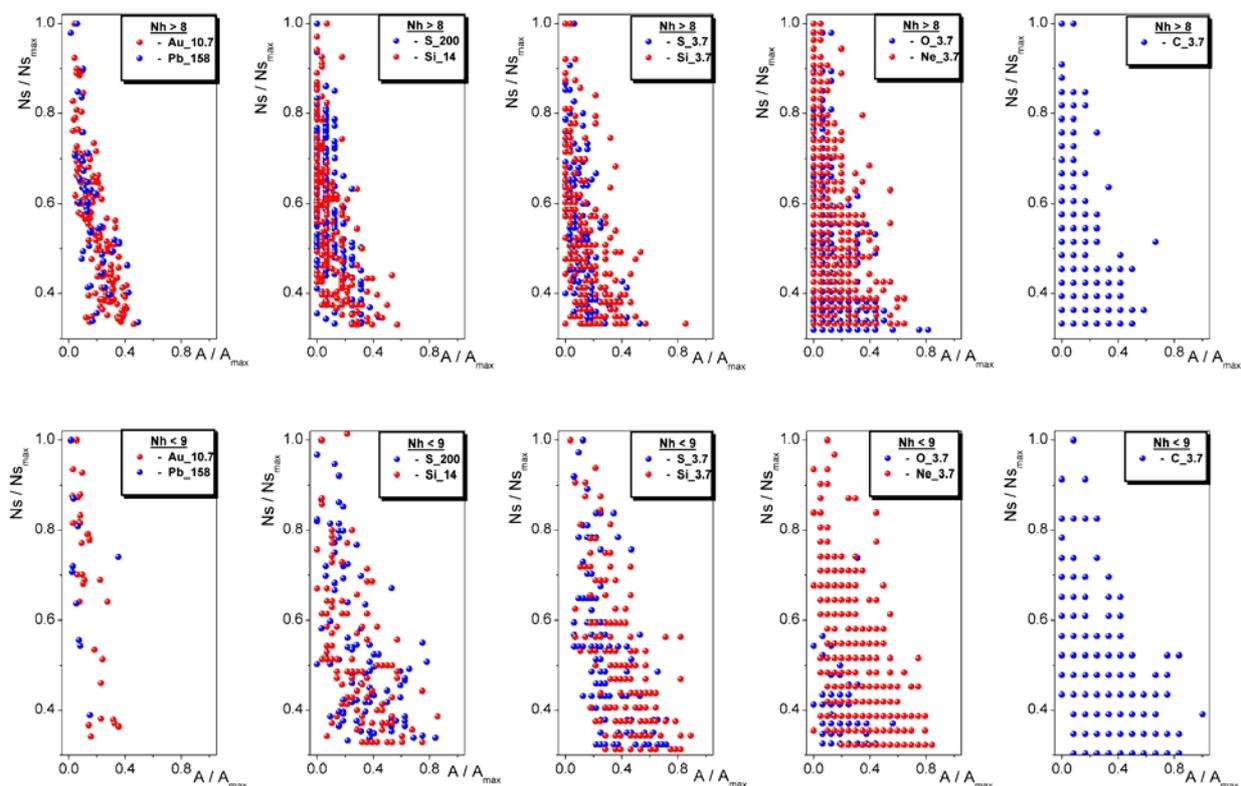


Рисунок 1 – Результаты корреляционного множественно-фрагментационного анализа взаимодействий тяжелых и легких ионов с тяжелыми и легкими ядрами эмульсии при SPS – AGS – JINR энергиях

Таблица 1

№	Перв. ион	ГэВ	Число событий		Nh > 8 & Ns > Ns/3			Nh < 9 & Ns > Ns/3		
			всего	анализ	Ns /Nmax	Z/Z_max	A/A_max	Ns /Nmax	Z/Z_max	A/A_max
SPS										
1	²⁰⁸ Pb ₈₂	158	476	46 / 10	0.58±0.16	0.35±0.20	0.19±0.12	0.70±0.17	0.19±0.16	0.11±0.11
2	³² S ₁₆	200	993	202 / 97	0.62±0.15	0.13±0.09	0.08±0.07	0.54±0.17	0.41±0.19	0.33±0.20
AGS										
3	¹⁹⁷ Au ₇₉	10.7	1227	157 / 32	0.55±0.15	0.33±0.15	0.20±0.11	0.69±0.19	0.24±0.12	0.14±0.09
4	²⁸ Si ₁₄	14	954	179 / 102	0.56±0.17	0.22±0.14	0.15±0.12	0.52±0.15	0.39±0.20	0.29±0.19
JINR										
5	³² S ₁₆	3.7	1033	148 / 128	0.54±0.15	0.24±0.14	0.16±0.11	0.52±0.17	0.50±0.19	0.38±0.18
6	²⁸ Si ₁₄	3.7	1299	233 / 172	0.54±0.15	0.25±0.15	0.17±0.13	0.50±0.15	0.53±0.18	0.40±0.18
7	²⁸ C ₁₄	3.7	1487	356 / 232	0.55±0.15	0.29±0.15	0.18±0.13	0.47±0.14	0.45±0.22	0.31±0.21
8	²² Ne ₁₀	3.7	4275	789 / 439	0.54±0.15	0.24±0.13	0.15±0.12	0.49±0.14	0.44±0.19	0.32±0.19

Обсуждение результатов

В настоящей работе показано, что начальные условия взаимодействий тяжелых первичных ионов с тяжелыми ядрами мишеней в среднем обладают достаточно регулярным поведением. Напротив, начальные условия соударений легких ионов с легкими ядрами мишеней демонстрируют сильно флуктуирующую картину. Эти результаты показывают, что понимание флуктуаций начального состояния возбужденной партонной системы в отдельных взаимодействиях ядер является важным этапом решения актуальных проблем эволюции множественных и фрагментационных процессов [7, 8]. Близкая постановка вопросов была рассмотрена на мини-симпозиуме on Initial State Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions, организованном на конференции по ядерной физике Американского физического общества 24–27 октября 2012 г. (Ньюпорт, Калифорния). В приглашенном докладе [9] «Initial State and Hydrodynamic Models for Particle Production from

Little Bangs» было подчеркнуто, что оценка начального состояния системы и ее флуктуаций по наблюдаемым переменным является ключевым элементом понимания свойств систем, рожденных во взаимодействиях ядер. В развитие этой темы в [10] были рассмотрены вопросы оценки начальных условий на основе анализа совокупности параметров взаимодействий ионов высоких энергий. Таким образом, совершенно очевидно, что глауберовское описание сталкивающихся ядер в виде геометрически правильных сфер или релятивистски сжатых дисков может служить лишь первым приближением к реальной картине взаимодействий.

Более того, следует подчеркнуть, что проблемы флуктуаций барионной материи при экстремальных условиях начинают приобретать важное самостоятельное значение. Европейский центр теоретической ядерной физики в 2012 г. организовал по этой проблематике конференцию «Initial State Fluctuations and Final State Correlations in Heavy Ion Collisions», (2-6 Jul, 2012, Trento, Italy). Отметим два доклада с этой конференции по проблемам RHIC-экспериментов, наиболее близких по постановке вопросов к нашей тематике. Это «Participant Geometry and Flow Fluctuations» [11] и «Initial State Fluctuations and Final State Flows in Heavy Ion Collisions» [12].

Выводы

При оценке роли начальных условий в столкновениях тяжелых (Au-79 и Pb-82), средних (Si и S) и легких ионов (O, Ne и C) с тяжелыми и легкими ядрами эмульсии установлено, что:

1. В JINR-AGS-SPS экспериментах начальные условия столкновений ядер в пределах статистической обеспеченности не зависят от энергии.

2. Регулярное поведение начальных условий во взаимодействиях ядер достаточно четко проявляется при высоких относительных множественностях $N_s/N_s \text{ max} \sim 0.8$ и малых значениях $A/A \text{ max} \sim 0.05$ нормированной суммы масс быстрых фрагментов.

2.1. Наиболее отчетливая картина поведения начальных условий взаимодействия ядер проявляется в варианте анализа взаимодействий тяжелых (Au-79 и Pb-82) первичных ионов с тяжелыми (Ag-47 и Br-35) ядрами эмульсии.

2.2. Взаимодействия средних (Si-14 и S-16) и легких (Ne-10, O-8 и C-6) ионов с легкими (C-6, N-7, O-8) ядрами эмульсии приводят к размытой картине поведения начальных условий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hunting the Quark Gluon Plasma, Results from the first 3 years at RHIC, April 18, 2005, Report BNL-73847-2005, 361 p.
- 2 <http://theor.jinr.ru/twiki-cgi/view/NICA/webHome>
- 3 <http://www.fair-center.de>.
- 4 <http://www.bnl.gov/npp>.
- 5 <http://na61.web.cern.ch>
- 6 List of Super Proton Synchrotron experiments in <http://en.wikipedia.org/wiki/NA61/SHINE>
- 7 Аргынова А.Х., Гайтинов А.Ш., Локтионов А.А. и др. Особенности фрагментации ядер Au (10.7 А·ГэВ) и Pb (158 А·ГэВ) во взаимодействиях с ядрами эмульсии // Матер. 8-ой междунар. Конф. ICNRP 2011, «Ядерная и радиационная физика» / ИЯФ НЯЦ РК, Алматы, 2011. – С. 248-250.
- 8 Аргынова А.Х., Гайтинов А.Ш., Локтионов А.А. и др. Эволюция возбужденного фajerболла во взаимодействиях ионов Au и Pb с тяжелыми ядрами эмульсии при энергиях AGS и SPS ускорителей // Матер. 8-ой междунар. конф. ICNRP 2011 / «Ядерная и радиационная физика», ИЯФ НЯЦ РК, Алматы, 2011. – С. 275-279.
- 9 Schenke B. – Initial State and Hydrodynamic Models for Particle Production from Little Bangs, Mini-Symposium on Initial State Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions, воркшоп по ядерной физике 24-27 октября 2012 г. Ньюпорт, Калифорния.
- 10 Soltz R., Garishvili I., Abelev B. Using Data to Determine the Initial Condition in Heavy Ion Collisions, Mini-Symposium on Initial State Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions, воркшоп по ядерной физике 24-27 октября 2012 г. Ньюпорт, Калифорния.
- 11 Roland G. Participant Geometry and Flow Fluctuations, Conf. Initial State Fluctuations and Final State Correlations in Heavy Ion Collisions, 2-6 Jul, 2012, Trento, Italy.
- 12 Heinz U. Initial State Fluctuations and Final State Flows in Heavy Ion Collisions, Conf. Initial State Fluctuations and Final State Correlations in Heavy Ion Collisions, 2-6 Jul, 2012, Trento, Italy.

REFERENCES

- 1 Hunting the Quark Gluon Plasma, Results from the first 3 years at RHIC, April 18, 2005, Report BNL-73847-2005, 361 p.
- 2 <http://theor.jinr.ru/twiki-cgi/view/NICA/webHome>
- 3 <http://www.fair-center.de>.
- 4 <http://www.bnl.gov/npp>.
- 5 <http://na61.web.cern.ch>
- 6 List of Super Proton Synchrotron experiments in <http://en.wikipedia.org/wiki/NA61/SHINE>
- 7 Argyonova A.H., Gajtinov A.Sh., Loktionov A.A. i dr. Osobennosti fragmentacii jader Au (10.7 A·GjeV) i Pb (158 A·GjeV) vo vzaimodejstvijah s jadrami jemul'sii Mater. 8-oj mezhhdunar. Konf. ICNRP 2011, «Jadernaja i radiacionnaja fizika» IJaF NJaC RK, Almaty, 2011. – S. 248-250.
- 8 Argyonova A.H., Gajtinov A.Sh., Loktionov A.A. i dr. Jevoljucija vozbuždennogo fajerbolla vo vzaimodejstvijah ionov Au i Pb s tjazhelymi jadrami jemul'sii pri jenergijah AGS i SPS uskoritelej Mater. 8-oj mezhhdunar. Konf. ICNRP 2011 «Jadernaja i radiacionnaja fizika», IJaF NJaC RK, Almaty, 2011. – S. 275-279.

9 Schenke B. – Initial State and Hydrodynamic Models for Particle Production from Little Bangs, Mini-Symposium on Initial State Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions, vorkshop po jadernoj fizike 24-27 oktjabrja 2012 g. N'juport, Kalifornija.

10 Soltz R., Garishvili I., Abelev B. Using Data to Determine the Initial Condition in Heavy Ion Collisions, Mini-Symposium on Initial State Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions, vorkshop po jadernoj fizike 24-27 oktjabrja 2012 g. N'juport, Kalifornija.

11 Roland G. Participant Geometry and Flow Fluctuations, Sonf. Initial State Fluctuations and Final State Correlations in Heavy Ion Collisions, 2-6 Jul, 2012, Trento, Italy.

12 Heinz U. Initial State Fluctuations and Final State Flows in Heavy Ion Collisions, Sonf. Initial State Fluctuations and Final State Correlations in Heavy Ion Collisions, 2-6 Jul, 2012, Trento, Italy.

Резюме

А. Х. Аргынова, А. Ш. Гайтинов, А. А. Локтионов, П. Б. Харчевников

(Физика-техникалық институты, Алматы)

JINR-AGS-SPS ЭНЕРГИЯЛАРДА АУЫР ЖӘНЕ ЖЕҢІЛ ЯДРОЛАРДЫҢ ӘРЕКЕТТЕСТІКТЕРІНІҢ БАСТАПҚЫ ШАРТТАРЫН БАҒАЛАУ

Релятивистік ядролық физиканың қазіргі келелі мәселелерінің өзектілігі реакция көлемінде ядролардың соқтығысуынан туындайтын, жоғары қысымдар мен температуралар жағдайында заттың адрондық күйден кварк-глюондық плазмаға фазалық өту үрдістерін іздеу және талдау міндеттерінің ерекше маңыздылығымен анықталады. Зарядталған бөлшектердің жиындылығы жоғары энергиялы иондардың соқтығысуларында пайда болған қоздырылған заттың қасиеттерінің басты бақыланатын сипаттамасы болып табылады. Жиындылық өзара әрекеттесетін ядролардың энергиясы және массаларымен ғана емес, сонымен бірге соқтығысатын нысандардың жапсарласу дәрежесімен де анықталады. Сондықтан «ақиқат» динамикалық үрдістерді зерттеу үшін ядролар соқтығысуының өзгертетін геометриясының әсерін алып тастау қажет болады. Ядролардың жеке соқтығысуларында бастапқы шартты бағалау жиынды-фрагментациялы корреляциялық талдау әдістерінің негізінде орындалды. Зерттеулер JINR-AGS-SPS энергияларда (C, O, Ne) – алғашқы жеңіл, (Si, S) – орташа және (Au, Pb) – ауыр иондардың эмульсияның (Ag/Br) – ауыр және (C/N/O) – жеңіл ядроларымен өзара әрекеттесуі үшін жүргізілді. Бастапқы иондардың кең массалар спектрі мен энергиялары әрекеттесулердің бастапқы шарттарын «екі өлшемді сканерлеуді» орындауға және күтілетін трендті бағалауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: Жоғары энергиялы иондардың физикасы, адрондардың деконфайнменті, ядро-ядролық әрекеттестік, JINR-AGS-SPS энергиялар, бастапқы шарт, жиынды-фрагментациялы корреляциялық талдау.

Summary

A. H. Argynova, A. Sh. Gaytinov, A. A. Loktionov, P. B. Harchevnikov

(Physical-Technical Institute, Almaty, Kazakhstan)

INITIAL EVALUATION OF INTERACTION HEAVY AND LIGHT NUCLEI AT JINR-AGS-SPS ENERGIES

The urgency of modern problems of relativistic nuclear physics is defined by exclusive importance of problems of search and the analysis of processes of phase transition of matter from hadron state to a quark-gluon plasma in the conditions of high pressures and temperatures created in volume of reaction in nucleus-nucleus collisions. Charged particle multiplicity is a key observable to characterize the properties of exited mater created in high energy ion collisions. Multiplicity is defined not only energy and mass of colliding nuclei, but also overlapping degree colliding objects. Therefore, it is necessary to exclude influences of changing geometry of nucleus-nucleus collision for research of «true» dynamic processes. The initial condition estimation in individual nucleus-nucleus collisions has been performed on the basis multiplicity-fragmentation correlation analysis methods. The investigations have been made for the interaction of primary light – (C, O, Ne), average – (Si, S) and heavy – (Au, Pb) ions with heavy – (Ag/Br) and light – (C/N/O) emulsion nuclei at JINR-AGS-SPS energies. The wide spectrum of mass and energy of primary ions will allow us to perform «two-dimensional scanning» initial conditions of the interactions and to estimate expected trends.

Keywords: High energy ions physics, hadron deconfinement, nucleus-nucleus collisions, JINR-AGS-SPS energies, initial conditions, multiplicity-fragmentation correlation analysis.

Поступила 27.03.2013г.

М. ДИНЕЙХАН¹, Д. М. ДЖАНСЕЙТОВ¹, Д. Т. АЗНАБАЕВ², А. Н. ИСАДЫКОВ¹, Д. С. ВАЛИОЛДА¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,

²Лаборатория Нейтронной физики им. И. М. Франка, ОИЯИ, г. Дубна, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ, НАЦЕЛЕННЫХ НА РЕГИСТРАЦИЮ ПРОТОНОВ ($E < 200$ МЭВ) И ГАММА КВАНТОВ ($E < 30$ МЭВ) В ПРОЕКТЕ R3B И EXL

Аннотация

Проводится исследование современных материалов: неорганических сцинтилляторов (CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380), фотоприемников (ФЭУ с различными фотокатодами) и отражателей – основных составляющих сцинтилляционных детекторов гамма-излучения с точки зрения удовлетворения техническим требованиям, предъявляемым к калориметрам установок R3B и EXL по условиям планируемых экспериментов.

Ключевые слова: сцинтилляционный детектор гамма-излучения, неорганический сцинтиллятор CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380, ФЭУ R7600-100, XP4312, светосбор, энергетическое разрешение.

Кілт сөздер: гамма сәулесінің сцинтилляциялық детекторы, CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380 бейорганикалық сцинтилляторлар, ФЭЖ (фотоэлектрондық көбейткіштер), жарық жинағыш, энергетикалық рұқсат.

Keywords: gamma-ray scintillation detector, an inorganic scintillator CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380 PMT R7600-100, XP4312, light collection, energy resolution.

Введение. В ближайшие несколько лет в GSI (г. Дармштадт, Германия) реализуется новый крупный международный проект FAIR[1], в рамках которого вступит в строй целый ряд мощных современных базовых установок. В двух проектах NUSTAR@FAIR: R3B и EXL[2] требуется создание калориметров для регистрации гамма-квантов и заряженных частиц с большим пробегом. Для обеспечения необходимого углового разрешения калориметра составляющие его отдельные детекторы должны иметь сечение $20 \times 40 \text{ мм}^2$, при этом поглощение 90% гамма-квантов обеспечивается толщиной этих детекторов от 100 до 200 мм. Сцинтиллятор CsI(Tl) на данный момент является главным претендентом на создание детекторов для этих калориметров, но существуют еще несколько сцинтилляторов, которые отвечают предъявляемым требованиям, это PreLude 420 и BriLanCe 380, производимых компанией Saint-Gobain (Франция) [5]. Обзор этой статьи как раз и посвящён изучению характеристик этих сцинтилляторов.

Прежде всего, необходимы прототипы будущих детекторов, на которых проверяются различные решения. Для этого из целиковых монокристаллов размерами $150 \times 100 \text{ мм}^3$, $200 \times 150 \text{ мм}^3$ вдоль направления роста и соответственно изменения концентрации активатора Tl в сцинтилляторе CsI(Tl) вырезаны параллелепипеды размерами: $25 \times 25 \times 25 \text{ мм}^3$, $25 \times 25 \times 50 \text{ мм}^3$, $25 \times 25 \times 75 \text{ мм}^3$, $25 \times 25 \times 100 \text{ мм}^3$.

Различные фотоприемники, такие как pín и лавинные фотодиоды, а также ФЭУ имеют различные площади, поэтому нет прямой возможности сравнивать их без адаптации кристаллов. Существует возможность разделить задачу поиска оптимальной конфигурации детектора на несколько этапов. При сравнении различных отражательных материалов и подготовке поверхности светосбор проводится спектрометрическим ФЭУ Photonis XP4312B. Размер фотокатода такого ФЭУ с запасом превышает размеры самого крупного из кристаллов. Изготовлен измерительный стенд, состоящий из крепежа для ФЭУ и длинных кристаллов, а также маски для гамма-источника, позволяющей производить засвечивание локальной области сцинтиллятора. Все механические части помещены внутрь светозащитного бокса, имеется возможность использовать магнитную защиту ФЭУ для уменьшения воздействия рассеянных магнитных полей.

Следующим этапом требуется изготовление прототипов для поиска оптимальной формы световода, изготовление кристаллов с непараллельными сторонами. Такая форма дает некий эффект фокусировки [3].

Проведено измерение нелинейности светосбора на пучке тритонов установки ACCULINA ЛЯР, ОИЯИ. Исследуемый кристалл подготовлен по технологии компактных CsI(Tl) детекторов высокого разрешения.

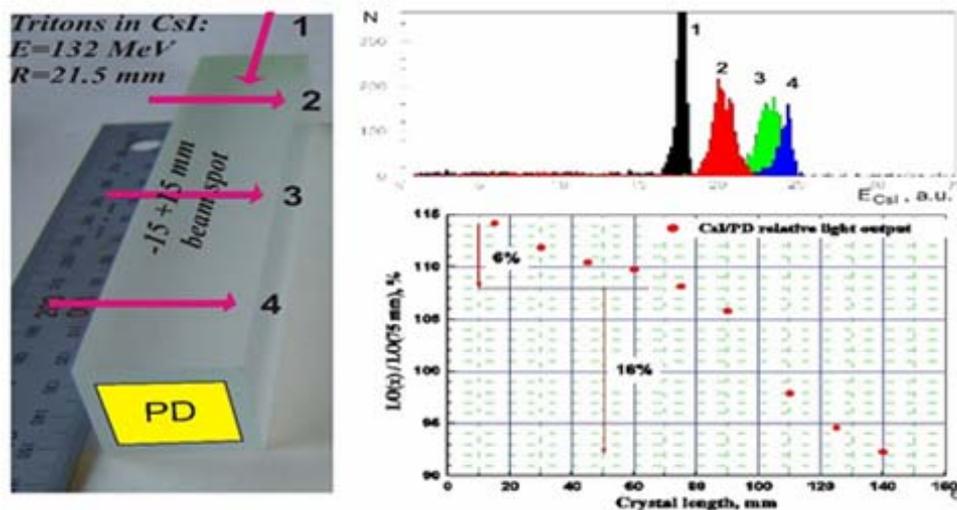


Рисунок 1 – Результаты нелинейности светосбора на пучке тритонов

Требования к калориметрам в проектах NUSTAR@FAIR предельно высоки – это и высокое энергетическое разрешение в широком диапазоне энергий и высокая гранулярность, призванная повысить позиционное разрешение. Чтобы удовлетворить необходимым условиям, составные части калориметра – отдельные детекторы, должны иметь большую длину по отношению к поперечным размерам. Выгнутая форма значительно усложняет производство, так как, во-первых, требуется изготовление сцинтилляторов сложной формы, во-вторых, необходима разработка метода обработки поверхности, обеспечивающего заданную линейность характеристик по всему объему детектора. Второй по важности стоит задача выбора фотодетектора. Исследования проводились с использованием двух современных ФЭУ: французским Photonic XP4312B и японским Hamamatsu R7600U[4]. Последний является наиболее подходящей кандидатурой среди ФЭУ для создания калориметров, т.к. обладает замечательными характеристиками:

- низкая чувствительность к магнитному полю;
- повышенная чувствительность фотокатода;
- компактный размер;
- высокое быстродействие.

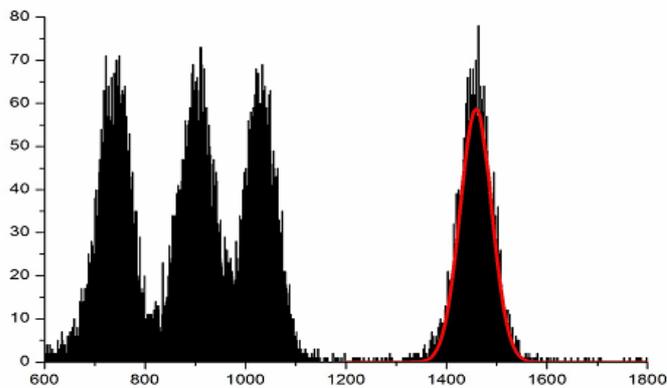
Сцинтилляторы:

1. CsI(Tl). Как материал, CsI(Tl) является чрезвычайно нежным и капризным. Прежде всего, он обладает заметной гигроскопичностью и растворяется в воде. Также он обладает склонностью к выкрашиванию поверхности при механической обработке и очень низкой твердостью. При неосторожном обращении и нарушении защитной оболочки поверхность сцинтиллятора быстро деградирует и детектор теряет свои первоначальные характеристики.

В случае CsI(Tl) детекторов малых энергий, таких как в нижнем диапазоне энергий калориметров R3B и EXL, энергетическое разрешение складывается из шумов фотоприемника и разрешения сцинтиллятора, в свою очередь определяемых качеством материала и количеством собираемого света.

Исследования были проведены с ФЭУ Hamamatsu R7600U в качестве фотоприемника. Фотоприемник обладает меньшим шумом и позволяет достичь высоких результатов. Разрешение по альфа-линии ^{226}Ra составило 3% при 7,68 МэВ. На анод ФЭУ подавалось напряжение 700V.

Дальнейшие исследования были проведены с ФЭУ XP4312 в качестве фотоприемника. Были выбраны другие источники: ^{60}Co и ^{137}Cs . Разрешение по гамма-линиям ^{60}Co и ^{137}Cs имеют 5,6% при 1,37 МэВ и 7,1% при 0,67 МэВ. Анод ФЭУ, при рабочем напряжении 700V, был соединен со входом спектрометрического усилителя без восстановителя, с настраиваемыми временами интегрирования и дифференцирования в пределах от 0,5 до 8 мкс.

Рисунок 2 – ^{226}Ra альфа спектр с ФЭУ Hamamatsu R7600U, 3% @ 7.68 МэВ при 22°C

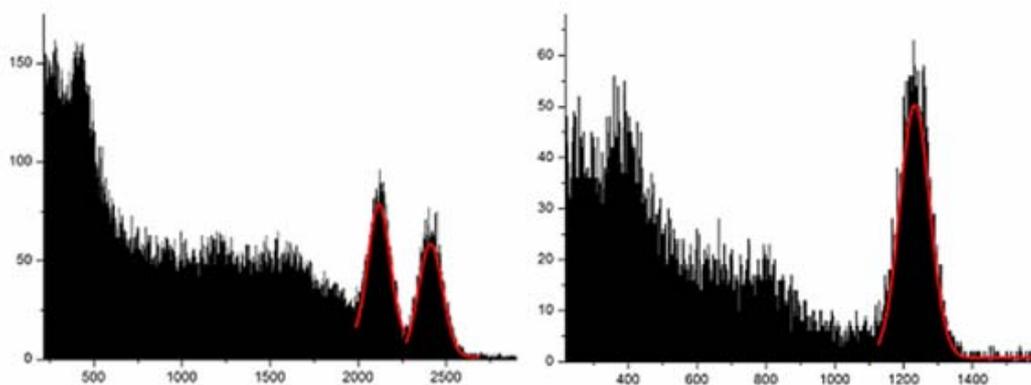


Рисунок 3 – ^{60}Co (слева) и ^{137}Cs (справа) гамма 5.6 % @ 1.37 МэВ и 7.1% @ 0.67 МэВ, ФЭУ ХР 4312 при 700 В 22 °С

Для достижения данного результата система была оптимизирована, а именно проверялось влияние нагрузки на анод ФЭУ и формировок спектрометрического усилителя. В результате выбрана нагрузка 50 Ом, формировки усилителя выбраны 6 мкс.

2. PreLude 420. PreLude 420 представляет из себя плотный (7.1 г/см^3) и крепкий прозрачный материал, нейтральный ко влаге [6]. Для тестирования был взят полированный кристалл с размерами $20 \times 20 \times 100 \text{ мм}^3$.

Кристалл обернут со всех сторон зеркальным отражателем 3M Vikuity ESR и через оптическую смазку Viscon 430 соединен с фотокатодом ФЭУ Hamamatsu R7600U.

Сцинтиллятор демонстрирует сравнимое с CsI(Tl) разрешение при лучшем быстродействии.

Критическим параметром, исключающим возможность применения данного сцинтиллятора, является собственный счет. Даже сравнительно небольшой объем 40 см^3 дает около тысячи всплесков в секунду в широком диапазоне вокруг 600 кэВ, что делает невозможным иметь порог ниже 2 МэВ.

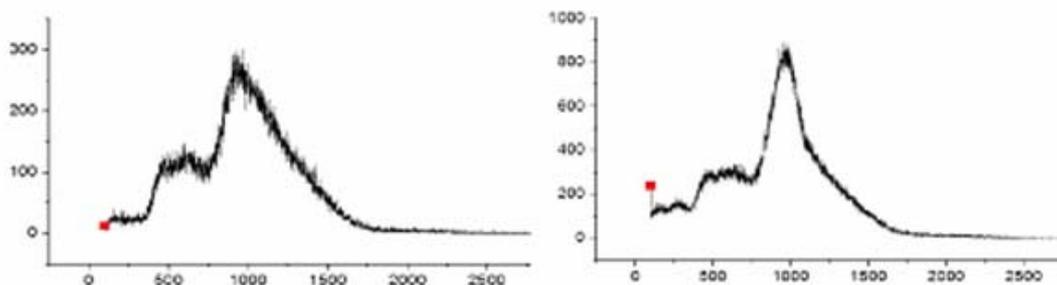


Рисунок 4 – PreLude 420 собственный спектр в отсутствии источника (слева) и спектр регистрации гамма ^{137}Cs в дальней части кристалла (справа)

3. BriLanCe 380. BriLanCe 380 обладает целым рядом выдающихся характеристик, включая стоимость [7]. Никакая модификация поверхности нам не доступна (возможна только по согласованию с производителем). Сцинтиллятор соединяется с фотокатодом ФЭУ Hamamatsu R7600U через оптическую смазку Viscon 430.

BriLanCe 380 продемонстрировал разрешение $2.9\% @ 662 \text{ кэВ}$ на гамма-квантах из ^{137}Cs . Собственный счет для объема 40 см^3 на уровне единиц в секунду. Облучение ^{241}Am показало, что 60кэВ гамма-кванты отделяются от шумов, что дает возможность иметь порог около 100 кэВ.

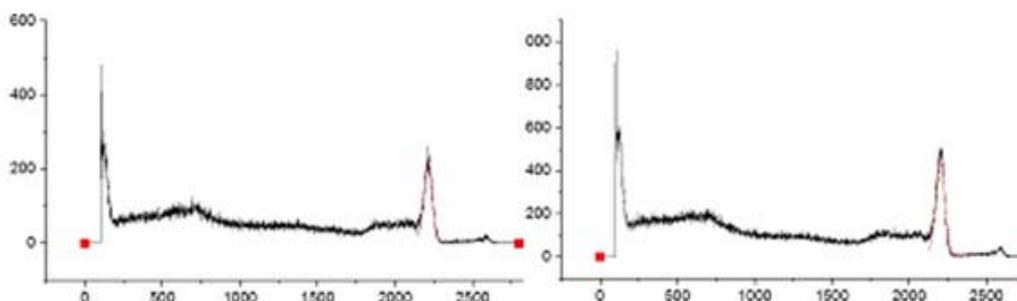


Рисунок 5 – BriLanCe 380 регистрирует гамма ^{137}Cs в дальней части кристалла (слева) и регистрирует гамма ^{137}Cs полной боковой поверхностью кристалла (справа)

Серьезным недостатком является гигроскопичность, потому тестовый кристалл $20 \times 20 \times 100$ мм³ упакован в алюминиевый контейнер и цена 30 \$ за 1 см³. Применительно к проектам NUSTAR замена CsI(Tl) (4 \$ за 1 см³) на другие сцинтилляторы с исходно более высоким разрешением приводит к резкому росту стоимости калориметров и потому является неосуществимой.

Заключение. В результате проделанной работы были изучены свойства некоторых сцинтилляционных детекторов.

В частности, исследовались неорганические сцинтилляционные материалы (CsI(Tl), PreLude 420 BriLanCe 380) в сочетании с разными фотоприемниками (ФЭУ различных свойств и размеров) и другими составляющими (отражательные материалы), применимых для создания детекторов гамма-излучения широкого диапазона энергий, контроль результатов проводился измерением спектров контрольных источников ионизирующего излучения ²²⁶Ra, ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co. Формы импульсов записывались цифровым запоминающим осциллографом, записывались одномерные спектры с амплитудно-цифрового преобразователя после спектрометрического формирующего усилителя.

Проводимая работа является частью научно-исследовательской деятельности по созданию гамма-калориметров для установок R3B и EXL в рамках NuSTAR – FAIR, крупного международного проекта, реализуемого в GSI, Германия [8]. Работа нацелена на достижение детекторами набора свойств, максимально удовлетворяющих небывалым высочайшим требованиям к качеству измерений, необходимых для получения физических результатов с заданной точностью.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 www.gsi.de/portrait/fair.html
- 2 www.gsi.de/forschung/fair_experiments/NUSTAR/
- 3 Акимов Ю.К. Фотонные методы регистрации излучения. – Дубна: ОИЯИ, 2006. – 281 с.
- 4 Каталог фирмы Hamamatsu Photonics. 2004.
- 5 Meister M. et al. The $t+n+n$ System and ⁵H // Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 162504.
- 6 <http://www.detectors.saint-gobain.com/PreLude420.aspx>
- 7 <http://www.detectors.saint-gobain.com/Brilliance380.aspx>
- 8 Scheidenberger C. et al. Energy and range focussing of in-flight separated exotic nuclei – A study for the energy buncher stage of the low-energy branch of the Super-FRS // Nucl. Inst. Meth. B 204 (2003) 282.

REFERENCES

- 1 www.gsi.de/portrait/fair.html
- 2 www.gsi.de/forschung/fair_experiments/NUSTAR/
- 3 Akimov Ju.K. Fotonnye metody registracii izlucheniya. – Dubna: OIJAИ, 2006 – 281 s. (In Russ.).
- 4 Katalog firmy Hamamatsu Photonics. 2004, (In Russ.).
- 5 Meister M. et al. The $t+n+n$ System and ⁵H // Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 162504.
- 6 <http://www.detectors.saint-gobain.com/PreLude420.aspx>
- 7 <http://www.detectors.saint-gobain.com/Brilliance380.aspx>
- 8 Scheidenberger C. et al. Energy and range focussing of in-flight separated exotic nuclei – A study for the energy buncher stage of the low-energy branch of the Super-FRS // Nucl. Inst. Meth. B 204 (2003) 282.

Резюме

М. Дінейхан¹, Д. М. Жансейітов¹, Д. Т. Азнабаев², А. Н. Исадықов¹, Д. С. Валиолда¹

¹ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.,

²Франк атындағы Нейтрондық физика лабораториясы, Дубна қ., Ресей)

R3B ЖӘНЕ EXL ЖОБАЛАРЫНДА ПРОТОНДАР (E < 200 МЭВ) МЕН ГАММА КВАНТТАРДЫ (E < 30 МЭВ) ТІРКЕУГЕ АРНАЛҒАН СЦИНТИЛЛЯЦИЯЛЫҚ ДЕТЕКТОРЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Осы жұмыста заманауи материалдардың зерттеулері жүргізіледі: бейорганикалық сцинтилляторлар (CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380), фото қабылдағыштар (әртүрлі фотокатодтары бар фотоэлектрондық көбейткіш) және шағылдырғыштар – гамма-сәулелерін тіркейтін сцинтилляциялық детекторлар негізін құрайтын, жоспарланып отырған тәжірибелердің шарттары бойынша R3B және EXL калориметрлік қондырғыларында көрсетілетін техникалық талаптарды қанағаттандырушы.

Кілт сөздер: гамма сәулесінің сцинтилляциялық детекторы, CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380 бейорганикалық сцинтилляторлар, ФЭК (фотоэлектрондық көбейткіштер), жарық жинағыш, энергетикалық рұқсат.

Summary

M. Dineikhan¹, D. M. Janseitov¹, D. T. Aznabaev², A. N. Issadykov¹, D. S. Valiolda¹

¹Al-Farabi Kazakh national university, Almaty Al Farabi,
²Frank Laboratory of neutron physics, JINR, Dubna, Russia)

INVESTIGATION OF SCINTILLATION DETECTORS, AIMED AT DETECTION OF PROTONS
($E < 200$ MEV) AND GAMMA RAYS ($E < 30$ MEV) IN THE PROJECT R3B AND EXL

Research of modern materials is conducted in the given work: inorganic scintillator (CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380), photodetectors (PMT with various photocathodes) and reflectors – the main components of gamma-ray scintillation detectors, in order to satisfy the technical requirements to the calorimeter systems R3B and EXL on conditions of the planned experiments.

Keywords: gamma-ray scintillation detector, an inorganic scintillator CsI(Tl), PreLude 420, BriLanCe 380 PMT R7600-100, XP4312, light collection, energy resolution.

Поступила 27.03.2013г.

УДК 51:004-047.37

Б. К. АСИЛБЕКОВ¹, Н. Т. КАРЫМСАКОВА²

(¹Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы,
²Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЙ НЕФТИ ИЗ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО ПЛАСТА ВОДОЙ С РАДИАЛЬНЫМИ ВЫСОКОПРОНИЦАЕМЫМИ КАНАЛАМИ

Аннотация

Исследованы механизмы вытеснения нефти из низкопроницаемого пласта водой с радиальными высокопроницаемыми каналами, созданные технологией радиального бурения для повышения продуктивности скважины. Получены кривые распределения дебита, обводненности и объема накопленной нефти скважины и анализированы.

Ключевые слова: радиальное бурение, вытеснение, численный метод, дебит, моделирование, высокопроницаемый канал.

Кілт сөздер: радиалды бұрғылау, ығыстыру, сандық әдіс, дебит, үлгілеу, жоғарыөткізгішті канал.

Keywords: radial drilling, displacement, numerical method, flow rate, modeling, high permeable channel.

Исследование вытеснений нефти водой с вертикальными и горизонтальными скважинами приведены во многих работах таких, как [1-8].

Коэффициент охвата залежей вытеснением – один из основных показателей эффективности систем разработки нефтяных месторождений. Для его определения существует различные методики: определение коэффициента охвата на основе построения и анализа карт зональных интервалов с учетом доли непрерывной части пласта, вероятно-статический метод на основе использования геолого-статических разрезов и произведения коэффициентов, учитывающих неоднородность пласта по проницаемости, его прерывистость, потери нефти в стягивающих и разрезающих рядах, с помощью эмпирических формул и т.д. [2]. Поэтому проведение и анализ расчетов по увеличению коэффициента охвата вытеснением является актуальной задачей. Коэффициент охвата вытеснением определяется как отношение нефтенасыщенного объема продуктивного пласта, охваченного процессом вытеснения ко всему нефтенасыщенному объему пласта в выбранном условном расчетном контуре. Этот коэффициент показывает полноту возможной выработки подвижных запасов при принятой системе разработки данного эксплуатационного объекта и характеризует предельную технологическую эффективность системы разработки без учета технико-экономических ограничений.

В работе [2] предлагается прямой расчет коэффициента охвата вытеснением, для этого выделяет необходимые расчеты, как выделение дренируемых и недренируемых ячеек в гидродинамической модели, расчет нефтенасыщенные объемы в дренируемых и недренируемых ячейках, определение дренируемые и недренируемые запасы, плотность их распределения для построения соответствующих карт.

Коэффициент охвата вытеснением можно увеличить, применяя скважины радиальными каналами, которые радиальные каналы из существующей скважины или в новых скважинах пробурены

технологией радиального бурения. Моделирование работы скважин с радиальными каналами рассмотрено в работе [9]. Но в этой работе скважины с радиальными каналами использованы для разработки пласта с подошвенной водой, построена численная модель и алгоритм расчета.

На рисунке 1 показан контур нефтяного месторождения со скважинами (маленькие кружки) без радиальных каналов (а) и с радиальными каналами (б). Большими кружками (рисунок 1а) выделены зоны дренирования скважин без радиальных каналов, а фигурами типа эллипс выделены зоны дренирования скважин с радиальными каналами (б).

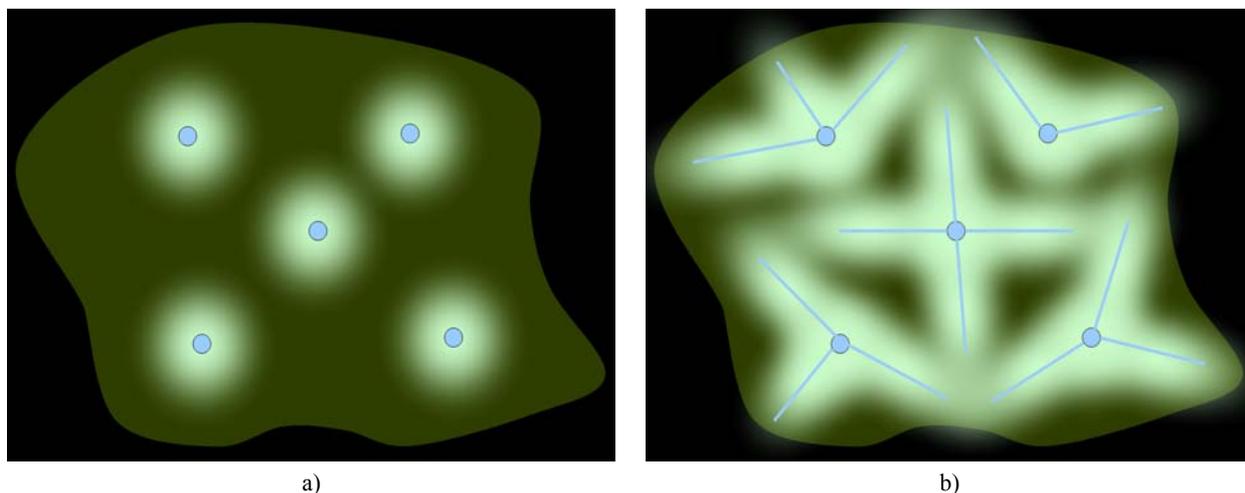


Рисунок 1 – Вид нефтяного месторождения (вид сверху) со скважинами (маленькие кружки) без радиальных каналов (а) и с радиальными каналами (б)

Нефтяное месторождение разрабатываются традиционным методом – вытеснение нефти водой. Предполагается, что нефтенасыщенные коллекторы рассматриваемого месторождения имеют низкие фильтрационные характеристики, т.е. проницаемость этих коллекторов очень низкая (≈ 1 мД). Предполагается, что на скважинах (на нагнетательных и добывающих) уже пробурены несколько радиальные высокопроводимые каналы с помощью технологией радиального бурения. Преимуществами этих радиальных каналов являются увеличение приемистости нагнетательных скважин, продуктивности добывающих скважин, зоны дренирования. Рассматриваем четыре варианта разработки месторождений, первый – вытеснение нефти без радиальных каналов (рисунок 2а), второй – вытеснение с радиальными каналами (рисунок 2б). Все остальные характеристики скважины и пласта одинаковые. На рисунках треугольниками обозначены нагнетательные

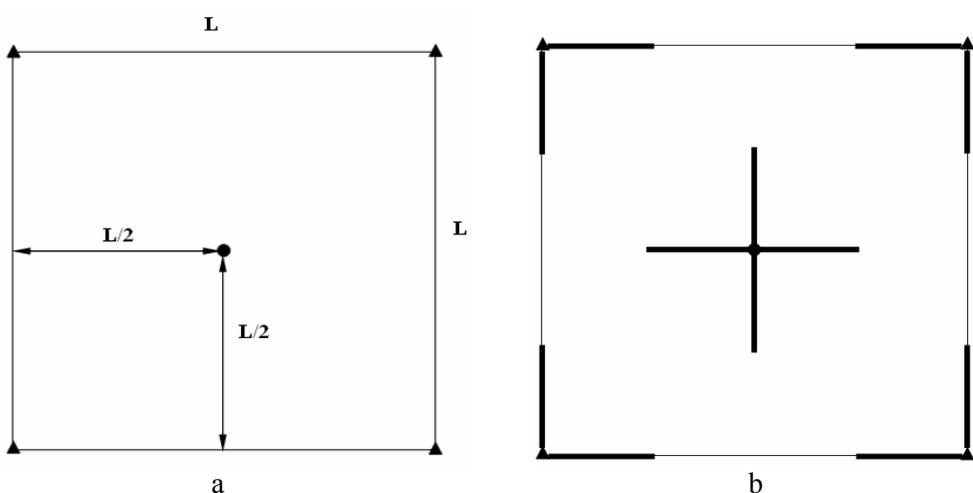


Рисунок 2 – Схема расчетного блока с пятиточечным расположением скважины с радиальными каналами при вытеснении нефти с водой: а – расположения скважин без каналов; б – радиальные каналы пробурены и в нагнетательных и в добывающих скважинах

скважины, а круглыми – добывающие скважины. Жирными линиями обозначены радиальные каналы. Ширина этих радиальных каналов 50 мм, а длина в зависимости от размеров рассматриваемого блока достигает 150 м. Нашей задачей является исследовать процесс вытеснения нефти из низкопроницаемого блока в радиальный канал, оценить эффективность работы радиальных каналов в процессе вытеснения нефти водой. Граничным условием является – непроницаемость границ расчетного блока.

Будем рассматривать процесс фильтрации двухфазной жидкости, состоящей из воды и нефти, сквозь пористую среду. Пласт считается неоднородным и тонким, что позволяет исследовать поставленную задачу в двумерной постановке.

Граничными условиями являются: для давления – непроницаемость, а для насыщенности воды – равенство нулю нормальной производной.

На поверхности раздела областей ставятся условия сопряжения, т.е. нормальная составляющая скорости и давления непрерывны.

Результаты численных расчетов и их обсуждение

Для численных расчетов использовались следующие параметры: депрессия на нагнетательной и добывающей скважине изменилась от 0,1 до 1МПа, проницаемость низкопроницаемого пласта – $3 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$, проницаемость радиального канала менялась от $3 \cdot 10^{-12}$ до $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$, длина и ширина рассматриваемой области фильтрации – 100 м (расстояние от линии нагнетательных и добывающих скважины – 50 м), вязкость нефти и воды $4 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с соответственно, ширина радиального канала – 50 мм, длина – менялась от 12,5 до 25 м. Нагнетательная скважина находится в левом нижнем угле области, а добывающая скважина находится в правом верхнем угле рассматриваемой области.

Для выяснения механизмов вытеснения нефти из пласта в радиальный высокопроницаемый канал проведена серия численных расчетов сравнительно с традиционным способом вытеснения, т.е. когда в скважине не пробурены радиальные каналы. Расчеты проведены при различных значениях безразмерных параметров, таких как соотношения проводимостей k радиального канала и низкопроницаемого продуктивного пласта, соотношения длины радиальных каналов lf и размеров рассматриваемого пласта, отсчитанные от ствола скважины. Результаты численных расчетов для этого случая представлены ниже на рисунках 3, 4.

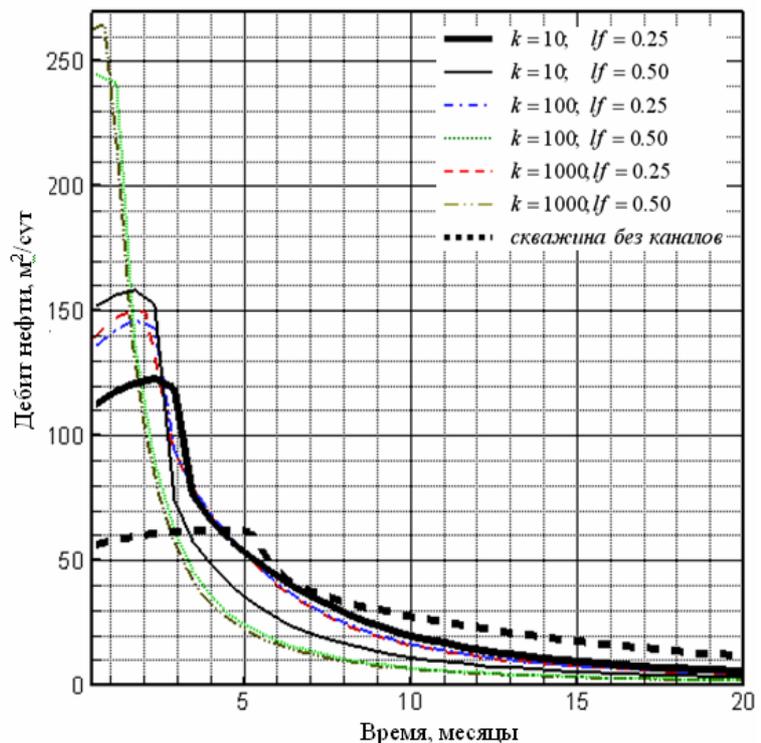


Рисунок 3 – Изменение дебита нефти скважины с и без радиальных каналов во времени, когда радиальные каналы пробурены и в нагнетательных, и в добывающих скважинах

На рисунке 3 показано изменение дебита нефти на скважине без радиальных каналов и с радиальными каналами по времени при различных значениях соотношения проводимостей и длины каналов. Значения соотношений проводимостей меняются в диапазоне $k = 10-1000$, а отношение длины каналов к размерам пласта – $lf = 0.25-0.50$.

Как видно из рисунка 3, дебиты скважины с радиальными каналами по сравнению скважины без радиальных каналов намного больше.

На рисунке 4 показано изменение объема накопленной нефти в скважине с радиальными каналами при различных значениях безразмерных параметров задачи и скважине без радиальных каналов со временем.

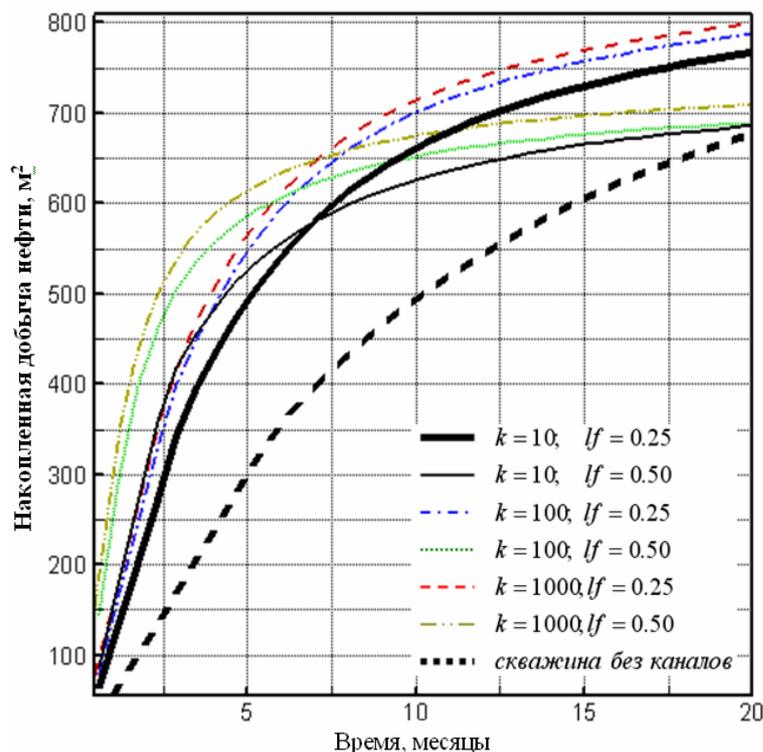


Рисунок 4 – Изменение объема накопленной нефти скважины с и без радиальных каналов во времени, когда радиальные каналы пробурены и в нагнетательных, и в добывающих скважинах

Также видно, что если увеличить отношений длины канала при различных значениях безразмерной проводимости, то с увеличением времени разработки графики объема накопленной нефти приближаются к графику соответствующей скважине без радиальных каналов. Но при таких условиях в первых моментах разработки можно быстро добывать больше нефти. Отсюда можно заключить, чтобы добывать больше нефти за короткое время, нужно пробурить радиальные каналы с проводимостью превышающей 100–1000 раз проводимости низкопроводимого пласта и длиной, которой охватывают половину длины пласта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Коновалов А.Н. Задачи фильтрации многофазной несжимаемой жидкости. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1988. – 165 с.
- 2 Костюченко С.В. Прямой расчет текущего коэффициента охвата вытеснением при геолого-гидродинамическом моделировании. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. 2006. – С. 112-115
- 3 Алишаев М.Г., Розенберг М.Д., Теслюк Е.В. Неизотермическая фильтрация при разработке нефтяных месторождений / Под ред. Г. Г. Вахитова. – М.: Недра, 1985. – 271 с.
- 4 Дробышев В.И., Литвиненко С.А. Алгоритм решения задачи двухфазной фильтрации несжимаемых жидкостей в двумерной постановке // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2007. – Т. X, № 3(31). – С. 37-42.
- 5 Таранчук В.Б. Численный метод определения давления и насыщенности при плоско-радиальном вытеснении нефти водой // Численные методы механики сплошной среды. – Новосибирск, 1974. – Т. 5, № 3. – С. 88-95.
- 6 Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. – М.: Недра, 1972. – 290 с.

7 Faruqi S.A. Finite difference modeling of oil recovery by waterflooding using horizontal well injectors: A dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Texas University. December, 1998. – P. 147.

8 Westermark R.V., Dauben D., Robinowitz S., Weyland H.V. Enhanced oil recovery with horizontal waterflooding. SPE 89373. 2004.

9 Асилбеков Б.К. Моделирование повышения нефтеотдачи пласта способом радиального бурения: диссертация на соискание академической степени доктора философии (PhD) в области механики по специальности «Механика жидкости, газа и плазмы». – Алматы, 2009. – С. 77.

REFERENCES

1 Konovalov A.N. Zadachi fil'tracii mnogofaznoj neszhimaemoj zhidkosti. – Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1988. – 165 s.

2 Kostjuchenko S.V. Prjamoj raschet tekushhego koeficienta ohvata vytesneniem pri geologo-gidrodinamicheskom modelirovanii. Razrabotka i jekspluatacija nef'tjanyh mestorozhdenij. 2006. – S. 112-115

3 Alishaev M.G., Rozenberg M.D., Tesljuk E.V. Neizotermicheskaja fil'tracija pri razrabotke nef'tjanyh mesto-rozhdenij / Pod red. G. G. Vahitova. – M.: Nedra, 1985. – 271 s.

4 Drobyshevich V.I., Litvinenko S.A. Algoritm reshenija zadachi dvuhfaznoj fil'tracii neszhimaemyh zhidkostej v dvumernoj postanovke // Sibirskij zhurnal industrial'noj matematiki. – 2007. – Т. II, № 3(31). – С. 37-42.

5 Taranchuk V.B. Chislennyj metod opredelenija davlenija i nasyshhennosti pri plosko-radial'nom vytesnenii nef'ti vodoj // Chislennye metody mehaniki sploshnoj sredy. – Novosibirsk, 1974. – Т. 5, № 3. – С. 88-95.

6 Barenblatt G.I., Entov V.M., Ryzhik V.M. Teorija nestacionarnoj fil'tracii zhidkosti i gaza. – M.: Nedra, 1972. – 290 s.

7 Faruqi S.A. Finite difference modeling of oil recovery by waterflooding using horizontal well injectors: A dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Texas University. December, 1998. – P. 147.

8 Westermark R.V., Dauben D., Robinowitz S., Weyland H.V. Enhanced oil recovery with horizontal waterflooding. SPE 89373. 2004.

9 Asilbekov B.K. Modelirovanie povyshenija nef'teotdachi plasta sposobom radial'nogo burenija: dissertacija na soiskanie akademicheskoi stepeni doktora filosofii (PhD) v oblasti mehaniki po special'nosti «mehanika zhidkosti, gaza i plazmy». – Almaty, 2009. – S. 77.

Резюме

Б. К. Асылбеков¹, Н. Т. Қарымсақова²

¹Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы қ.,
²Алматы энергетика және байланыс университеті, г. Алматы)

ТӨМЕНГІ-ӨТІМДІ ҚАБАТТАН РАДИАЛДЫ СУМЕН ЖОҒАРҒЫ-ӨТІМДІ АРНАЛАРҒА МҰНАЙДЫ ЫҒЫСТЫРУ ҮДЕРІСІН ЗЕРТТЕУ

Бұл жұмыста төменгі-өтімді қабаттан радиалды сумен жоғарғы-өтімді арналарға мұнайды ығыстыру үдерісін зерттеу нәтижесінде, мұнай ұңғымаларының өнімділігін арттыру үшін радиалды бұрғылау әдісі қолданылады. Мұнай ұңғымаларының жиналған көлемі мен сумен қоршалған, қисық орналасқан дебиті алынып, талдау жасалынды.

Кілт сөздер: радиалды бұрғылау, ығыстыру, сандық әдіс, дебит, үлгілеу, жоғарыөткізгішті канал.

Summary

B. K. Asilbekov¹, N. T. Karymsakova²

(Kazakh-British Technical University, Almaty,
²Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty)

STUDY OF OIL DISPLACEMENT PROCESS FROM THE LOW-PERMEABILITY WATER SHELF BY THE RADIAL HIGH-PERMEABLE CHANNELS

In this paper we study the mechanisms of displacement of oil from the low-permeability water shelf by the radial high permeability channels, created by radial drilling technology, to increase the productivity of the well. The curves of the distribution of flow rate, water content and volume of accumulated oil wells and analyzed, were obtained.

Keywords: radial drilling, displacement, numerical method, flow rate, modeling, high permeable channel.

Поступила 25.04.2013г.

Е. Н. АМИРГАЛИЕВ, С. Х. ИСКАКОВ, Я. В. КУЧИН, Р. И. МУХАМЕДИЕВ

(Институт проблем информатики и управления,
Международный университет информационных технологий, г. Алматы)

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОРОД НА УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Аннотация

Рассмотрены и проанализированы методы машинного обучения с использованием технологии искусственных нейронных сетей в задачах распознавания пород на урановых месторождениях.

Ключевые слова: распознавание образов, машинное обучение, искусственные нейронные сети, искусственный интеллект, индукционный каротаж, эвристические алгоритмы, пространство признаков, петрография.

Кілт сөздер: бейне тану, машиналық оқыту, жасанды нейрондық желілер, жасанды зерде, индукциялық каротаж, эвристикалық алгоритмдер, белгілемелер кеңістігі, петрография.

Keywords: pattern recognition, machine learning, artificial neural networks, machine intelligence, induction caritas, heuristic algorithms, space of signs, petrography.

Подготовка и интерпретация данных в задачах распознавания литологических типов является одной из важнейших в процессе добычи урана на месторождения Казахстана. По своей сути данная задача является слабоформализуемой, решение которой можно искать в рамках научного направления, именуемого «машинное обучение» [1]. Существует множество задач и успешных приложений машинного обучения.

К методам машинного обучения относится широкий класс алгоритмов, начиная от деревьев принятия решений, генетических алгоритмов, байесовских сетей и заканчивая искусственными нейронными сетями

Искусственные нейронные сети (ИНС) широко используются в задачах классификации и распознавания образов [2, 3]. Отдельный класс сетей (сети Хопфилда, Хемминга и Кохонена [4]) используется как средство ассоциативной памяти. Со времени своего возникновения в конце 50-х годов прошлого столетия (персептрон Розенблата) ИНС прочно ассоциируются с искусственным интеллектом, поскольку имитируют важные особенности естественного интеллекта – способность к обучению и ассоциативность. Обширная библиография, посвященная нейронным сетям и их приложениям, отражает неослабевающий интерес исследователей к данному направлению (например, библиография в классических изданиях [2, 3], включает более 2000 источников).

В процессе изучения аппарата нейронных сетей возникло несколько основных направлений.

Первое направление связано с возможностью применения формируемых нейронных сетей для решения классических задач вычислительной математики. Возможность такого подхода объясняется особенностями искусственного нейрона, который представляет собой элементарный процессор, а нейронная сеть из искусственных нейронов – параллельную структуру. Возможность распараллеливания вычислений и потенциальная высокая устойчивость сети к ошибкам открыла путь к созданию аппаратно формируемых нейронных сетей.

Второе направление связано с поисками способов обучения нейронной сети и переходом от однослойной сети нейронов к многослойной. Теоретическая ограниченность решения сложных задач классификации объектов с применением однослойных сетей обоснована в книге [5]. В то же время многослойные сети не имеют таких ограничений и могут моделировать разделяющие функции практически любой степени сложности. В рамках этого направления исследуются архитектуры нейронных сетей и их способность к решению практических задач. При этом применяются многочисленные эмуляторы, например, Neuro Office, NeuroPro, Matlab, NeuroStock, Deductor, Alyuda NeuroIntelligence и другие, моделирующие работу нейронной сети на стандартном компьютере.

Третье направление связано с решением вопросов построения универсального нейронного компьютера, способного обучаться и решать после обучения сложные задачи классификации.

Массовое внимание получило второе из упоминавшихся направлений, так как оно позволяет эмулировать нейронную сеть на стандартном персональном компьютере и использовать возможности обучения нейронных сетей. Важной задачей при использовании современных ИНС с прямым распространением сигналов является формирование обучающей выборки. Обучающую выборку и набор параметров для обучения ИНС формирует исследователь. При этом в некоторых случаях исследователь руководствуется мнением экспертов. Тем самым нейронная сеть становится способной «работать как эксперт» без необходимости выявления или моделирования причинно-следственной связи факт-вывод.

Начиная с 70-х годов прошлого столетия, искусственные нейронные сети стали применяться в задачах петрографии как средство анализа каротажных данных, в литологии, оценке минерально-сырьевой базы и т.п. [6-19]. Применение нейронных сетей к решению практических задач интерпретации каротажных данных в области нефтедобычи посвящена работа [13]. В работах [15, 16] описаны некоторые результаты применения нейронных сетей прямого распространения для интерпретации данных геофизического исследования скважин при добыче урана.

Добыча урана на месторождениях Казахстана ведется методом подземного скважинного выщелачивания, который относится к числу малозатратных, экологически безвредных способов добычи [16] (рисунок 1).

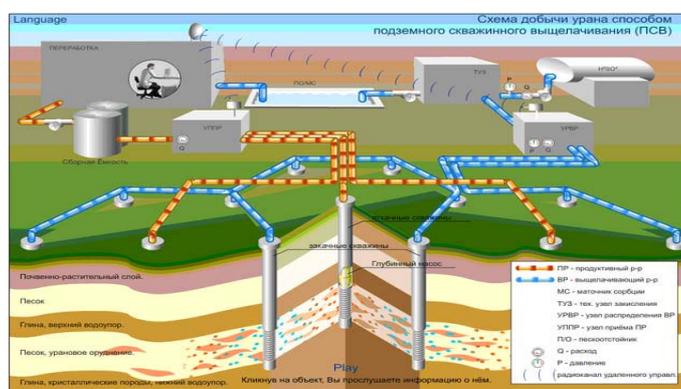


Рисунок 1 – Метод подземного скважинного выщелачивания

При этом экономические показатели процесса добычи зависят от скорости и точности интерпретации геофизических данных. В основном применяются электрические методы: индукционный каротаж (ИК), каротаж методом кажущихся сопротивлений (КС) и методом естественной поляризации (ПС). Широкое применение кернового апробирования при анализе пород невозможно в силу медленности процесса получения данных. Результаты каротажа представляются в виде каротажных диаграмм, на основании которых эксперт делает заключение о глубине залегания и качестве пород (рисунок 2).

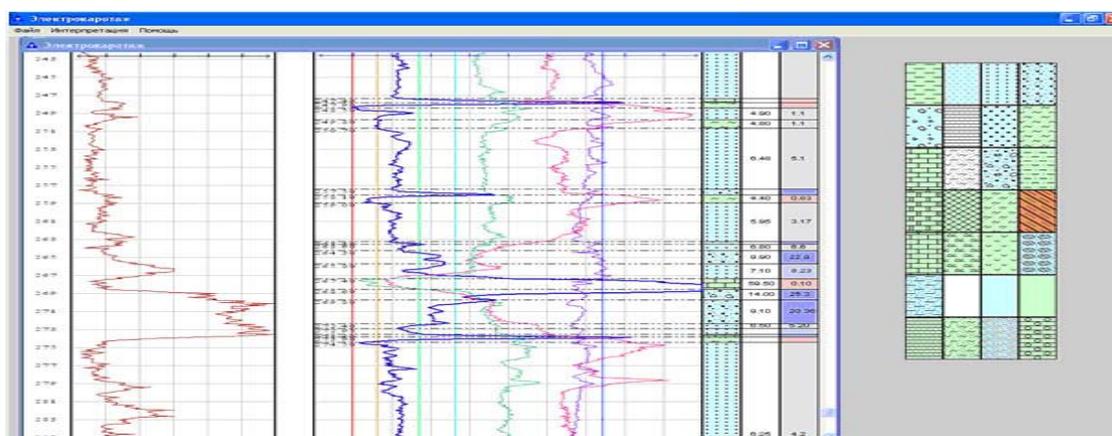


Рисунок 2 – Каротажная диаграмма

Ошибочный или неточный анализ геофизических данных приводит к потерям скважин, неоправданным трудозатратам и, в конечном счете, снижает экономические показатели добычи. Поскольку интерпретация данных каротажа носит во многом эмпирический характер, точные закономерности отсутствуют, становится очевидным возможность применения обучаемых систем, в частности, нейронных сетей. Однако, несмотря на достоинства ИНС, главная из которых это способность ИНС решать слабо-формализованные задачи, в процессе их использования имеются существенные проблемы:

- неоднозначность мнений экспертов;
- необходимость большого и равного количества примеров из разных классов;
- невозможность нейронной сети объяснить полученный результат;
- необходимость тщательной предварительной подготовки данных (очистка от аномальных значений, нормирование, сглаживание).

Перечисленные проблемы проявились на первом этапе исследования по созданию нейросетевой системы интерпретации данных каротажа на пластово-инфильтрационных месторождениях Казахстана [16, 18].

В процессе исследования выполнялась настройка нейронной сети на решаемую задачу, и анализировалось влияние следующих факторов: алгоритма обучения нейронной сети; архитектуры нейронной сети; вида нормировки; методов сглаживания; специальные методы формирования обучающей выборки; исключения сдвига каротажных данных относительно друг друга.

В общей сложности было проведено около 2 тысяч вычислительных экспериментов. В процессе экспериментов на вход сети подавалось «плавающее окно данных» с параметрами 5+1+5 (по пять точек выше и ниже текущей, плюс текущая точка) трех видов каротажа.

Разработана методика проведения экспериментов, которая включила следующие этапы:

1) этапы предобработки данных: выбор скважины; удаление аномальных значений; нелинейная или линейная нормировка; вейвлет анализ; устранение сдвига каротажных данных; форматирование данных в виде «плавающего окна»;

2) этапы формирования обучающей выборки и обучения сети: объединение данных скважин или использование специального набора данных («идеальной скважины»); подбор архитектуры сети; выбор алгоритма и параметров обучения.

Были подобраны алгоритмы обучения нейронной сети, оценено влияние архитектуры, методов нормировки, сглаживания данных. Рисунки 3 и 4 иллюстрируют результаты нормировки данных.

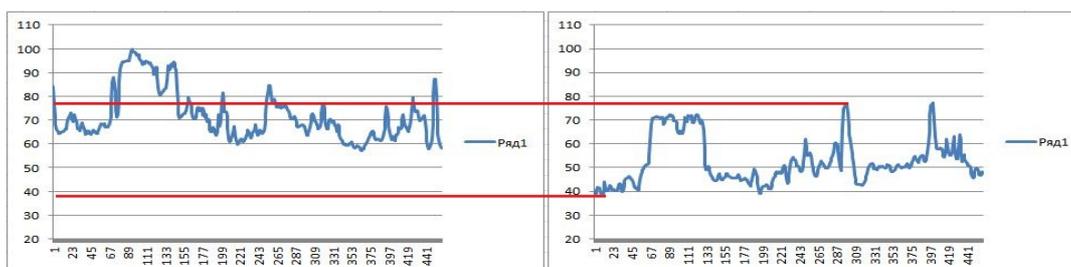


Рисунок 3 – Графики КС по двум разным скважинам

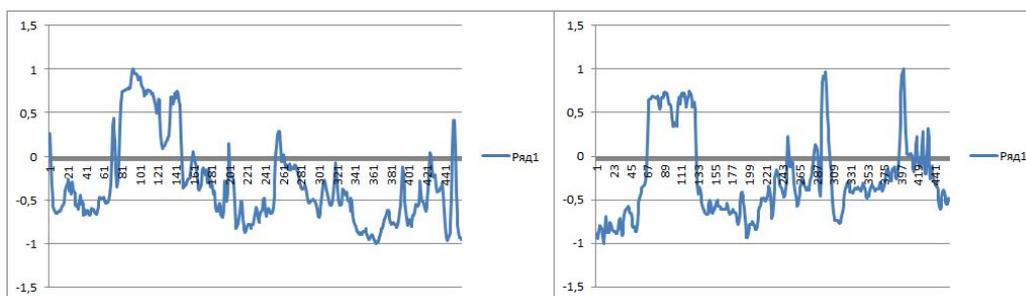


Рисунок 4 – Графики КС по двум разным скважинам после нормировки

Рисунок 5 иллюстрирует результаты сглаживания с применением вейвлета Дебоши с параметрами 1–3 (глубина разложения-масштаб).

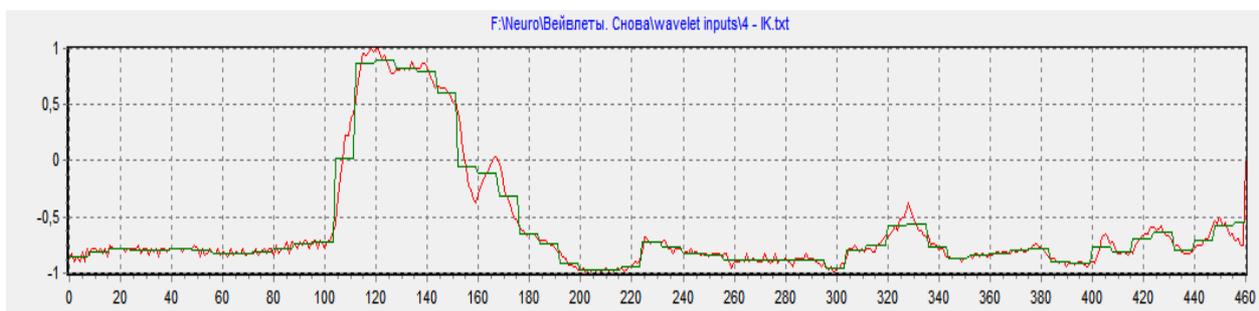


Рисунок 5 – Сигнал, сглаженный параметрами 1-3.
Красный сигнал – необработанный, зелёный – сглаженный параметрами 1-3

Анализировалось влияние сдвига каротажных данных относительно друг друга по глубине, и было разработано специальное программное обеспечение для исключения сдвига (синхронизации кривых по глубине).

В целом, результаты предварительного исследования показали, что применение исключительно ИНС на имеющемся в распоряжении исследователей массиве данных (около 12 000 отсчетов) позволяет достичь в среднем 55% степени совпадения интерпретируемых данных по сравнению с экспертами. При этом сохраняется существенный разброс качественных показателей (на некоторых скважинах процент правильных ответов составляет более 70%, на других – менее 40%). Для повышения качества интерпретации необходимо применение качественных обучающих выборок и дополнительных методов классификации. Исходный набор данных сложен для распознавания и классификации вследствие того, что объекты разных классов существенно перемешаны в пространстве признаков, а количество объектов различных классов отличается в десятки раз (рисунок 6).

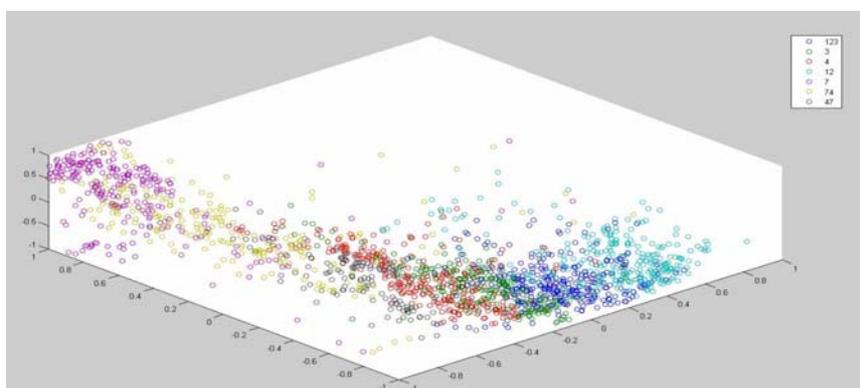


Рисунок 6 – Результаты экспертов в трехмерном (ИК, КС и ПС) пространстве признаков

Заключение. В настоящее время имеются значительные наработки в области классификации и кластеризации данных различными методами. Разработаны и применяются метрические, логические (в том числе нечеткие), байесовские, статистические, адаптивно резонансные алгоритмы (ART1,2) кластеризации и т.п. Данные методы и алгоритмы математически обоснованы. Их применение позволяет в общем случае улучшить качество обучающего множества, повысить качество распознавания данных. Результаты предварительных исследований в этой области приведены в работе [18]. Однако в результате вычислительных экспериментов показано, что применение отдельных алгоритмов, в частности, искусственных нейронных сетей, не позволяет достичь требуемой точности интерпретации данных каротажа. Применение других алгоритмов (Linear Discriminant Analysis Classifier (LDAC), Support Vector Classification (SVM) (Linear SVM и Non-linear SVM), Diagonal Linear Discriminant Analysis (DLDA), k-Nearest-Neighbor (k-NN))

обеспечивает в среднем несколько меньшую точность распознавания по сравнению с искусственными нейронными сетями.

Следовательно, необходимо создать систему, обеспечивающую качественное обучение классификатора, содержащего различные алгоритмы классификации. Иными словами, используя совокупность распознающих эвристических, в общем смысле, алгоритмов необходимо распознавать имеющиеся объекты, образующие пересекающиеся множества в пространстве признаков. Общий подход к решению таких задач изложен в [19]. Целью дальнейших исследований является создание системы интегрирующей алгоритмы распознавания различных классов и обеспечивающей повышение качественных характеристик системы распознавания литологических типов на урановых месторождениях Казахстана

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Machine learning from Wikipedia.<http://en.Wikipedia.org/wiki/>
- 2 Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A modern approach. Pearson Edition, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458. 2010.
- 3 Jones T. Artificial Intelligence: A Systems Approach. Infinity Science Press LLC Hingham, Massachusetts, New Delhi, 2008. ISBN: 978-0-9778582-3-1
- 4 Кохонен Т. Ассоциативная память. – М.: Мир, 1980. – 240 с.
- 5 Minsky M.L., Papert S.A. Perceptrons. An Introduction to Computational Geometry. – MIT, 1969
- 6 Baldwin J.L., Bateman R.M., Wheatley C.L. Application of a neural network to the problem of mineral identification from well logs // The Log Analyst. – 1990. – 3. – P. 279-293.
- 7 Benaouda B., Wadge G., Whitmark R.B., Rothwell R. G., MacLeod C. Inferring the lithology of borehole rocks by applying neural network classifiers to downhole logs – an example from the Ocean Drilling Program // Geophysical Journal International. – 1999. – 136. – P. 477- 491.
- 8 Saggaf M.M., Nebrija Ed. L. Estimation of missing logs by regularized neural networks // AAPG Bulletin. – 2003. – 87, № 8. – P. 1377-1389.
- 9 Yelbig K, Treitel S. Computational Neural Networks For Geophysical Data Processing / Editor: Mary M. Poulton 2001, 335 p.
- 10 Алёшин С.П., Ляхов А.Л. Нейросетевая оценка минерально-сырьевой базы региона по данным геофизического мониторинга // Новые технологии. – 2011. – № 1(31). – С. 25-32.
- 11 Raynal J.C, Serge A, Sagot A.M et al. Organization of field tests and evaluation of tricone bit performance using statistical analysis and sonic logs // Journal of Petroleum Technology. – 1971. – 23(4): 506-512.
- 12 Rogers S.J., Fang J.H., Karr C.L., Stanley D.A. Determination of lithology from well logs using a neural network. – AAPG Bulletin. – 1992. – 76(5): 731-739.
- 13 Benaouda D., Wadge G., Whitmarsh R.B., et al. Inferring the lithology of borehole rocks by applying neural network classifiers to downhole logs: An example from the Ocean Drilling Program // Geophysical Journal International. – 1999. – 136(2): 477-491.
- 14 Костиков Д.В. Инструментальные средства интерпретации геофизических исследований скважин на основе преобразованных каротажных диаграмм с помощью многослойной нейронной сети: дис. ... к. техн. н. – М.: РГБ, 2007. – 189 р.
- 15 Kuchin Y., Muhamedyev R., Muhamedyeva L. Interpretation of log data of boreholes // The 9th International Conference: Information Technologies and Management 2011, April 14-15, 2011. – Information Systems Management Institute, Riga, Latvia, ISSN 1691-2489, 98 с.
- 16 Kuchin Y.I., Muhamedyev R.I., Muhamedyeva E.L., Gricenko P., Nurushv Zh., Yakunin K. The analysis of the data of geophysical research of boreholes by means of artificial neural networks. 5th International Conference Innovative Information Technologies for Science, Business and Education, ИТ-2012, may 10-12, 2012, Vilnius.
- 17 Яшин С.А. Подземное скважинное выщелачивание урана на месторождениях Казахстана // Горный журнал. – 2008. – № 3, ISSN 0017-2278.
- 18 Амиргалиев Е.Н., Кучин Я.В., Искаков С.Х., Мухамедиев Р.И., Мухамедиева Е.Л. Оценка качества нейросетевого распознавания литологических слоев на урановых месторождениях // Мат-лы научно-практ. конф. «Актуальные проблемы информатики и процессов управления». – Алматы: ИПИУ. С. 262-270.
- 19 Журавлев Ю.И. Об алгебраических методах в задачах распознавания и классификации. Математические методы и их применение. Распознавание. Классификация. Прогноз. – М.: АН СССР, 1988. – Вып. 1. – С. 9-16.

REFERENCES

- 1 Machine learning from Wikipedia.<http://en.Wikipedia.org/wiki/>
- 2 Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A modern approach. Pearson Edition, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458. 2010.
- 3 Jones T. Artificial Intelligence: A Systems Approach. Infinity Science Press LLC Hingham, Massachusetts, New Delhi, 2008. ISBN: 978-0-9778582-3-1
- 4 Kokhonen T. The associative memory. – M: World, 1980. – 240 p.
- 5 Minsky M.L., Papert S.A. Perceptrons. An Introduction to Computational Geometry. – MIT, 1969
- 6 Baldwin J.L., Bateman R.M., Wheatley C.L. Application of a neural network to the problem of mineral identification from well logs // The Log Analyst. – 1990. – 3. – P. 279-293.

7 Benaouda B., Wadge G., Whitmark R.B., Rothwell R. G., MacLeod C. Inferring the lithology of borehole rocks by applying neural network classifiers to downhole logs – an example from the Ocean Drilling Program // *Geophysical Journal International*. – 1999. – 136. – P. 477-491.

8 Saggaf M.M., Nebrija Ed. L. Estimation of missing logs by regularized neural networks // *AAPG Bulletin*. – 2003. – 87, № 8. – P. 1377-1389.

9 Yelbig K., Treitel S. Computational Neural Networks For Geophysical Data Processing / Editor: Mary M. Poulton 2001, 335 p.

10 Alyoshin S. P., Poles A.L. Neyrosetevaya an assessment of mineral resources of the region according to geophysical monitoring // *New technologies*. – 2011. – № 1(31). – С. 25-32.

11 Aynal J.C, Serge A, Sagot A.M et al. Organization of field tests and evaluation of tricone bit performance using statistical analysis and sonic logs // *Journal of Petroleum Technology*. – 1971. – 23(4): 506-512.

12 Ogers S.J., Fang J.H., Karr C.L., Stanley D.A. Determination of lithology from well logs using a neural network // *AAPG Bulletin*. – 1992. – 76(5): 731-739.

13 Benaouda D., Wadge G., Whitmarsh R.B., et al. Inferring the lithology of borehole rocks by applying neural network classifiers to downhole logs: An example from the Ocean Drilling Program // *Geophysical Journal International*. – 1999. – 136(2): 477-491.

14 Kostikov D. V. Work benches of interpretation of geophysical researches of slits on the basis of the transformed logging charts by means of a multi-layer neural network. Thesis of Candidate of Technical Sciences. – М.: RGB, 2007. – 189 p.

15 Kuchin Y., Muhamedyev R., Muhamedyeva L. Interpretation of log data of boreholes // *The 9th International Conference: Information Technologies and Management 2011, April 14-15, 2011, Information Systems Management Institute, Riga, Latvia, ISSN 1691-2489, 98 c.*

16 Kuchin Y.I., Muhamedyev R.I., Muhamedyeva E.L., Gricenko P., Nurushev Zh., Yakunin K. The analysis of the data of geophysical research of boreholes by means of artificial neural networks // *5th International Conference Innovative Information Technologies for Science, Business and Education, ИТ-2012, may 10-12, 2012, Vilnius.*

17 Jashin S.A. Underground acidic in situ leaching of uranium at the Kazakhstan deposits // *“Gorny Zhurnal” Scientific-technical and industrial journal*. – 2008. – N 3.

18 Amirgaliyev Ye.N. Kuchin Ya.V. Iskakov S. X, Mukhamediyev R. I. Mukhamediyeva E.L. Assessment of quality of neuronetwork recognition of litologicheskyy layers on uranium fields // *Materials of the scientific and practical conference «Actual Problems of Informatics and Administrative Processes»*. – Almaty: IPIC. – С. 262-270.

19 Zhuravlyov Yu.I. About algebraic methods in recognition and classification tasks. *Mathematical methods and their application. Recognition. Classification. Forecast*. – М.: Academy of Sciences of the USSR, 1988. – V. 1. – P. 9-16.

Резюме

Е. Н. Әміргалиев, С. Х. Ысқақов, Я. В. Кучин, Р. И. Мұхамедиев

(Информатика және басқару проблемалары институты,
Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы қ.)

УРАН КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ҮЛГІЛЕРДІ ТАҢУ ЕСЕПТЕРІНДЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ

Уран кен орындарының үлгілерін тану есептерінде жасанды нейрондық желілер технологиясына негізделген машиналық оқыту әдістері қарастырылып талданған.

Кілт сөздер: бейне тану, машиналық оқыту, жасанды нейрондық желілер, жасанды зерде, индукциялық каротаж, эвристикалық алгоритмдер, белгілемелер кеңістігі, петрография.

Summary

Ye. N. Amirgaliyev, S. X. Iskakov, Ya. V. Kuchin, R. I. Mukhamediyev

(Institute of problems of informatics and control,
International University of Information Technologies, Almaty)

METHODS OF MACHINE LEARNING IN TASKS OF RECOGNITION OF BREEDS ON URANIUM FIELDS

Methods of machine training with use of technology of artificial neural networks in tasks of recognition of breeds on uranium fields are considered and analyzed

Keywords: pattern recognition, machine learning, artificial neural networks, machine intelligence, induction caritas, heuristic algorithms, space of signs, petrography

Поступила 25.04.2013 г.

В. Н. ЛИСИЦЫН, А. Б. АСАНОВ

(Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии, Алматы)

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ

Аннотация

Описан разработанный авторами стабилизированный блок питания магнетронного распылителя постоянного тока, который надежно обеспечивает заданную величину тока разряда в магнетроне и этим дает возможность формировать из нескольких компонентов тонкопленочные многослойные материалы высокого качества с заданными физическими свойствами.

Блок питания построен по схеме тиристорного широтно-импульсного регулятора мощности в цепи первичной обмотки сетевого трансформатора с обратной связью по датчику тока в цепи нагрузки. Наличие обратной связи позволяет стабилизировать установленное значение тока магнетрона и автоматически ограничивать его среднее значение в момент перегрузки. Дополнительный слаботочный высоковольтный генератор повышает устойчивость разряда в магнетроне.

Блок питания поддерживает максимальный ток разряда в магнетронном распылителе до 1 А при напряжении до 1 кВ. Достигнутые технические показатели стабилизированного блока питания расширяют область использования магнетронных распылителей и помогают успешному выполнению многих исследовательских задач в области физики твердого тела, а также технологических задач, связанных с получением новых материалов.

Ключевые слова: магнетрон, регулятор мощности, принципиальная схема, генератор, стабилизация тока, обратная связь.

Кілт сөздер: магнетрон, қуатты реттегіш, негізді сұлбе, генератор, токты тұрақтандыру, кері байланыс.

Keywords: magnetron, power stabilizer, principal circuit, generator, current stabilization, feedback.

Магнетронные распылители постоянного тока (МР) используют для формирования тонкопленочных материалов высокого качества, которое определяют однородность получаемых пленок, равномерность их толщины и отсутствие в них посторонних примесей [1]. Все эти преимущества магнетронного осаждения тонких покрытий реализуют с использованием специализированных источников питания МР.

Выполнение многих исследовательских и технологических задач обеспечивают источники питания с сетевым трансформатором, который повышает напряжение до 1 кВ и поддерживает максимальный ток разряда в МР до 1 А. Важным параметром источников питания является возможность ограничения тока в нагрузке. Такая защита не только предохраняет источник питания и мишень МР от повреждений, но и сохраняет качество осаждаемых покрытий [2].

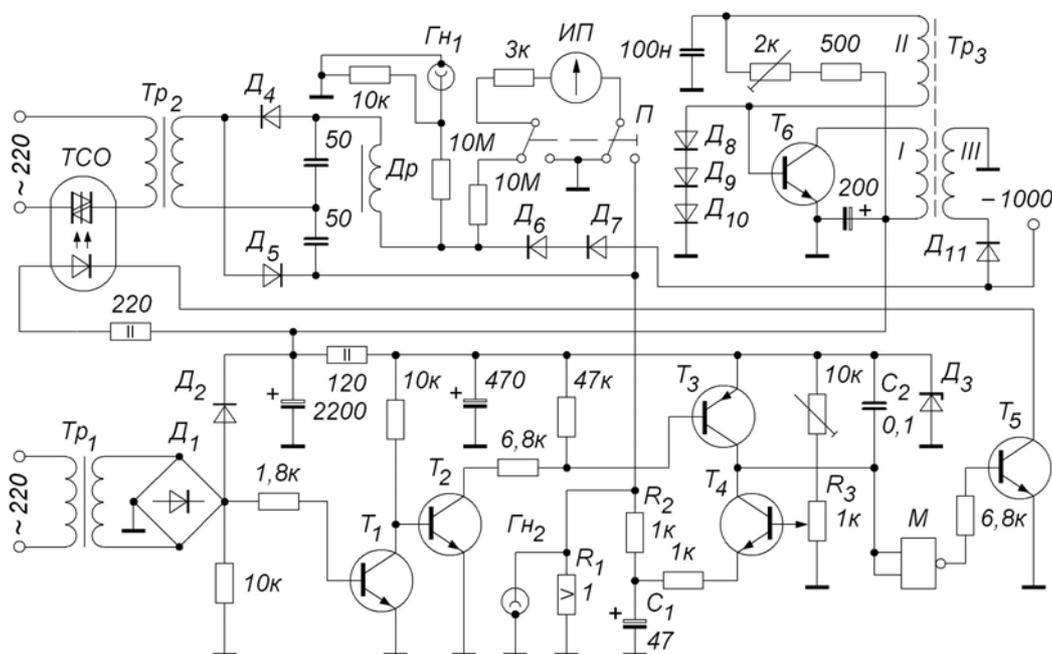
Скорость осаждения пленочных материалов определяется в основном током мишени МР, который зависит также и от износа мишени, от давления плазмообразующего газа, от колебаний напряжения сети, поэтому возникает необходимость стабилизации тока разряда в МР. Значение стабилизации тока МР существенно возрастает при формировании покрытий из нескольких химических элементов: в этом случае концентрации совместно распыляемых компонентов должны соответствовать стехиометрическому составу материала покрытий.

Предлагаемый стабилизированный блок питания МР постоянного тока успешно использовали при плазмохимическом синтезе и осаждении многокомпонентных и многослойных образцов сверхпроводящих материалов на основе соединений ниобия с оловом, азотом, алюминием, Германием и др., а также фотоэлементов на основе аморфного кремния, легированного наночастицами серебра.

Блок питания МР построен по схеме тиристорного широтно-импульсного регулятора мощности в цепи первичной обмотки сетевого трансформатора с обратной связью по датчику тока в цепи нагрузки. Наличие обратной связи позволяет стабилизировать установленное значение тока МР, а также ограничить среднее значение максимального тока в нагрузке. Формирователь импульсов управления оптосимистором содержит детектор нуля сети и генератор тока, в котором реализованы

функции регулирования и стабилизации тока МР. Повышенное напряжение дополнительного слаботокового высоковольтного генератора обеспечивает устойчивость разряда в МР в момент его включения, а также при понижении давления газа в вакуумной камере.

Схема источника питания магнетронного распылителя приведена на рисунке. Формирователь импульсов управления оптосимистором выполнен на транзисторах $T_1 \div T_5$, триггере Шмидта M (ТШ M) и питается от понижающего (до 15 В) сетевого трансформатора Tr_1 . Переменная составляющая сети с частотой пульсаций 100 Гц поступает с разделительного диода D_2 на базу транзистора T_1 и открывает его. При переходе сетевого напряжения через нуль транзистор T_1 закрывается, транзисторы T_2 и T_3 открываются, при этом происходит быстрый разряд конденсатора C_2 , который является компонентом генератора тока на транзисторе T_4 . Потенциометром R_3 в базе транзистора T_4 регулируют время зарядки конденсатора C_2 . При увеличении напряжения на конденсаторе C_2 ТШ M переключается и открывает транзистор T_5 , в цепь которого включен светодиод оптосимистора $ТСО$. Наличие ТШ M повышает помехоустойчивость цепи формирования импульсов управления оптосимистором.



Принципиальная схема стабилизированного блока питания МР:

T_1, T_2, T_4 – КТ315; T_3 – КТ361; T_5 – КТ630; T_6 – КТ838; D_1 – КЦ405; D_2 – Д310; D_3 – Д814Д; $D_4 \div D_7$ – КД203Д;
 $D_8 \div D_{10}$ – КД212; D_{11} – КЦ106; M – К561ТЛ1; $ТСО$ – ТСО142-40-12; $ИП$ – 100 мкА; $Др$ – 0,6 Гн;
 Tr_3 – У1-46 М2000Т, Tr_{3-I} – 1 мГн, Tr_{3-II} – 0,1 мГн, Tr_{3-III} – 6 Гн

В цепь эмиттера T_4 включен датчик тока R_1 для введения в генератор тока отрицательной обратной связи по току нагрузки, а также для измерения величины этого тока. Ток МР, установленный резистором R_3 , может измениться при уменьшении толщины мишени МР, при изменении параметров плазмы в МР, а также при колебаниях напряжения сети. Если по этим причинам ток нагрузки возрастет, то произойдет увеличение падения напряжения на резисторе R_1 , уменьшение тока базы T_4 , увеличение времени заряда конденсатора C_2 и угла отсечки оптосимистора $ТСО$. При этом ток нагрузки понизится и восстановит свое прежнее значение. Аналогичный процесс стабилизации тока нагрузки происходит при возможном его уменьшении.

Цепь эмиттера T_4 содержит конденсатор C_1 в составе интегральной цепочки R_2, C_1 с большой постоянной времени. Напряжение на конденсаторе C_1 пропорционально среднему значению тока в МР. При резком увеличении тока в нагрузке транзистор T_4 закрывается на время разряда конденсатора C_1 ($\sim 0,1$ с). При этом среднее значение тока в МР сравнимо с тем значением, которое установлено потенциометром R_3 . Таким образом, наличие интегральной цепочки R_2, C_1 способствует ограничению тока в нагрузке, а также защите генератора тока от помех со стороны сети и со стороны разряда в МР.

Оптосимистор T_{CO} включен в сетевую обмотку повышающего (до 380 В) трансформатора Tr_2 . МР подключен через дроссель Dr с большой индуктивностью к выпрямителю, который выполнен по схеме удвоения напряжения. Дроссель Dr демпфирует ток в нагрузке при возможных сильных пульсациях напряжения и способствует устойчивости разряда в МР. Напряжение на катоде МР (до – 1000 В) и ток в МР (до 1 А) контролируют встроенным индикатором $ИИП$ или более точно мультиметром через измерительные гнезда $Г_{н1}$ и $Г_{н2}$. На транзисторе T_6 с использованием трансформатора Tr_3 с ферритовым сердечником собран дополнительный генератор по схеме с самовозбуждением, который поддерживает вспомогательный разряд в МР с током 5-10 мА при напряжении 1,5 кВ.

Разработанный стабилизированный блок питания МР является законченным устройством, несложен в изготовлении, удобен в эксплуатации и позволяет стабилизировать и ограничивать ток, установленный в МР, что повышает качество формируемых тонкопленочных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 328 с.

2 Кузьмичёв А.И. Бестрансформаторное и импульсно-модулированное питание магнетронных распылителей от сети переменного тока // ПТЭ. – 1997. – № 6. – С. 121-124.

REFERENCES

1 Danilin B.S. *Primenenie nizkotemperaturnoj plazmy dlja nanesenija tonkih plenok*. M, Jenergoatomizdat, 1989, 328 p. (in Russ.).

2 Kuz'michjov A.I. *Instruments and Experimental Techniques*, 1997, 6, 121-124. (in Russ.).

Резюме

В. Н. Лисицын, А. Б. Асанов

(Қазақстан Республикасы Атом энергиясы агенттігінің Ядролық физика институты, Алматы)

МАГНЕТРОНДЫҚ ТОЗАНДАТҚЫШТЫҢ ТҰРАҚТАНДЫРУШЫ ҚОРЕКТЕНДІРУ БЛОГЫ

Авторлармен әзірленген магнетрондық тозаңдатқышының тұрақты тоқты тұрақтандырушы қоректендіру блогы сипатталды, ол магнетронда разрядталу тогының берілген шамасын сенімді қамтамасыз етеді және бұл берілген физикалық қасиеттермен бірнеше құрауыштардан тұратын жоғары сапалы жұқа пленкалы көп қабатты материалдардың қалыптасуына мүмкіндік береді.

Қоректендіру блогы жүктеме тізбегінде ток бергіші бойынша кері байланысы бар желілік трансформатордың бірінші реттік орамасы тізбегіндегі тиристорлық ендік-импульстік қуат реттегішінің сұлбесі бойынша жасалды. Кері байланыстың болуы магнетрон тогының белгіленген мәнін тұрақтандыруға және асқын жүктеме кезінде оның орташа мәнін автоматты түрде шектеуге мүмкіндік береді. Қосымша әлсіз тоқты жоғарғы вольтты генератор магнетронда разрядтың орнықтылығын жоғарылатады.

Қоректендіру блогы магнетрондық тозаңдатқышта ең жоғары разрядталу тогын 1 кВ дейінгі кернеуде 1 А-ге дейін ұстап тұрады. Тұрақтандырушы қоректендіру блогының қол жеткізген техникалық көрсеткіштері магнетрондық тозаңдатқыштардың қолдану аясын кеңейтеді және қатты дененің физикасы саласындағы көптеген зерттеу мәселелерін, сонымен бірге жаңа материалдарды алуға қатысты технологиялық мәселелерді табысты орындауға көмектеседі.

Кілт сөздер: магнетрон, қуатты реттегіш, негізді сұлбе, генератор, тоқты тұрақтандыру, кері байланыс.

Summary

V. N. Lisitsyn, A. B. Asanov

(Institute of Nuclear Physics of Kazakhstan Agency of Atomic Energy, Almaty)

STABILIZED POWER UNIT FOR MAGNETRON SPRAYER

The paper provides description of the stabilized DC power unit for magnetron sprayer developed by the authors that reliably maintains the pre-set value of discharge current in the magnetron and makes it possible to form the thin film multilayer material of high quality with the specified physical properties from several components.

The power unit is designed according to the circuit of thyristor pulse-width power control in the circuit of power transformer primary winding with current sensor feedback in the load circuit. The feedback stabilizes the set value of magnetron current and automatically limits its average value at the time of overload. The additional low-current high-voltage generator provides stability of discharge in magnetron.

The power unit maintains the maximum discharge current in the magnetron sprayer up to 1 A at 1 kV voltage. The achieved technical factors of the stabilized power unit broaden the scope of magnetron sprayers' application and support the successful implementation of many research challenges in the field of solid state physics, as well as the technological challenges associated with production of new materials.

Keywords: magnetron, power stabilizer, principal circuit, generator, current stabilization, feedback.

Поступила 29.04.2013 г.

А. Х. САРВАРОВ

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы)

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ИЗЛОЖЕНИЮ КУРСА «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ПЛАЗМЫ»

Аннотация

В работе рассматривается влияние развития и совершенствования ЭВМ на преподавание теоретических курсов физики. (Объект исследования курс «Основы электродинамики плазмы»). С помощью внедрения новых информационных технологий в учебный процесс, которые открывают студентам доступ к нетрадиционным источникам информации, позволяют повысить эффективность самостоятельной работы, дают новые возможности изучения теоретических курсов физики, таких как «Основы электродинамики плазмы».

Ключевые слова: сфера образования, методы обучения, учебный процесс, источники информации, теоретические курсы физики, плазма, электродинамика плазмы, развитие ЭВМ, программное обеспечение, самообучаемые программы.

Кілт сөздер: білім саласы, оқыту әдістері, оқу үдерісі, ақпарат көздері, теориялық физика курстары, плазма, плазма электродинамикасы, ЭЕМ дамуы, бағдарламалық қамтамасыз ету.

Keywords: education sphere, training methods, educational process, information sources, теоритические physics courses, plasma, electrodynamics of plasma, COMPUTER development, the software, self-trained programs.

В современных условиях, прежде всего условиях жесткой конкуренции, во многих областях техники происходит быстрая смена конструкционных материалов, идет внедрение новых, более совершенных технологий и конструкций. Большое влияние на науку и технику оказывает развитие и совершенствование ЭВМ. Современная вычислительная техника и программное обеспечение позволяют с высокой степенью достоверности моделировать реальные процессы и проектировать более совершенные конструкции.

Новые инновационные технологии позволяют реализовать принципиально новые виды и формы предоставления материала, накопленного опыта с применением профессиональных методов и средств обучения с возможностью различного типа моделирования явлений и процессов.

Учитывая, что такое условие жесткой конкуренции имеется и в преподавании, и в изучении, автор старался воспользоваться широко распространенными и универсально-прикладными программами и средствами информационных и коммуникационных технологий: текстовые процессоры, электронные таблицы, программы подготовки презентаций, системы управления базами данных, органайзеры, графические пакеты и т.п.

Создание современной образовательной информационной среды невозможно без компьютеризации учебного процесса. Именно компьютеризация образования дает необходимый эффект при условии, если создаваемые и внедряемые информационные технологии не становятся инородным элементом в традиционной системе образования, а естественным образом интегрируются в него, сочетаясь с традиционными технологиями обучения.

Сами же информационные технологии ставят перед системой образования новые задачи, которые по-новому влияют как на обучаемых, так и на преподавателей.

Учебное моделирование должно способствовать наглядному представлению изучаемого материала и повышению интереса у студентов к занятиям, более глубокому и качественному усвоению учебного материала.

Мы живем в очень динамичном мире, в котором развитие науки идет столь быстрыми темпами, что определенные знания достаточно быстро теряют свою актуальность. Вот тут можно ввести понятие «период полураспада знаний» для промежутка времени, за который знания устареют на 50%.

В настоящее время технологиям обучения уделяется большое внимание, тем не менее, не решен ряд вопросов, связанных с определением сущности некоторых ключевых понятий, систематизацией применяемых теорий педагогических технологий обучения.

Использование готовых обучающих и познавательных программ – наиболее доступный способ использования компьютера как на занятиях, так и во внеурочное время. Обучающая компьютерная программа является тренажером, который организует самостоятельную работу обучаемого, управляет ею и создает условия, при которых студенты самостоятельно формируют свои знания с помощью компьютера и даже такими устройствами, как планшеты, мобильники. Надо отметить, что в наш современный век стали очень бурно развиваться мобильные устройства. Большинство этих мобильных устройств позволяют выходить в Интернет. И сейчас доля «мобильных пользователей» продолжает расти, несмотря на то, что мобильный интернет уступает по скорости стационарному интернету во много раз, также неудобен из-за небольшого экрана просмотр страниц. Поэтому подружить наши информационные источники – **сайты с мобильными устройствами** – очередная задача, шаблоны наших блогов и сайтов просто необходимо адаптировать под экраны мобильных устройств, чтобы на мобильных дисплеях наши творения не перекашивались, а выглядели достойно и привлекательно.

Программные продукты, созданные самим преподавателем, как правило, позволяют решать ряд задач, неожиданно возникающих непосредственно в процессе обучения на том или ином этапе применительно к определенным студентам или группе студентов.

Пример самообучаемой минипрограммы созданный автором. (Программу можно скачать на сайте www.sarwar.kz после авторизации)

Самообучаемая минипрограмма, которая показана на первой странице рисунка 1.

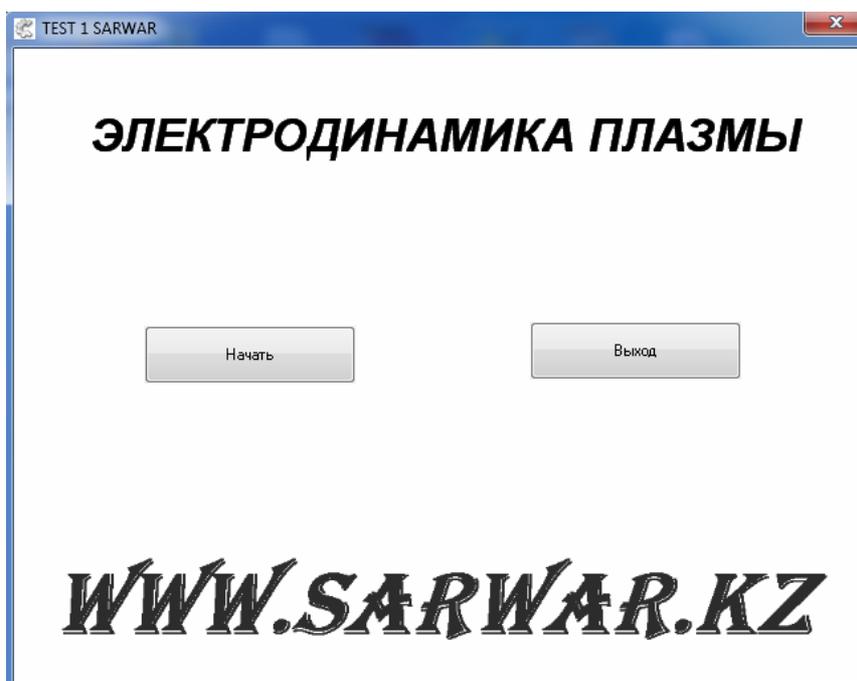


Рисунок 1

Здесь будут вопросы по краткому содержанию лекций по курсу «Электродинамика плазмы», который требуется студенту выполнить за определенный срок после начала. Разумеется, об этом надо предупредить студента, что и осуществляется в следующем шаге (рисунок 2).

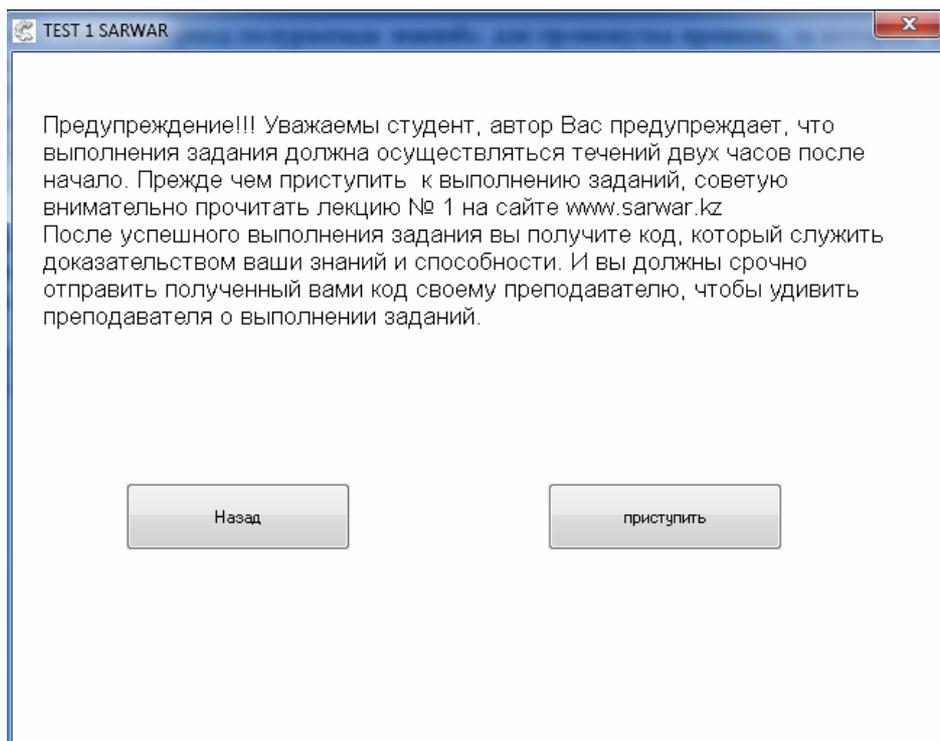


Рисунок 2

У студента, после того как прочитает предупреждение автора, есть возможности подготовиться к выполнению заданий на сайте автора (www.sarwar.kz).

Дальнейшие вопросы по дисциплине гласят, что «плазма – это квазинейтральная система заряженных частиц. (Хотя это неполное определение плазмы). В такой системе имеются электромагнитные поля, обусловленные как неоднородностью распределения заряженных частиц, так и действием внешних источников» (рисунок 3, 4).

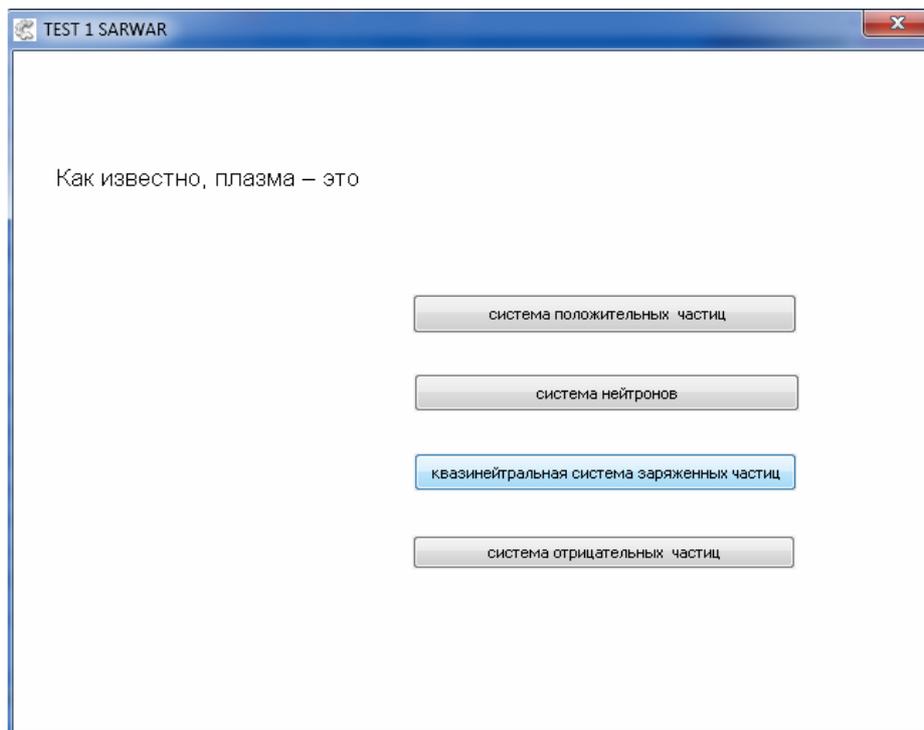


Рисунок 3

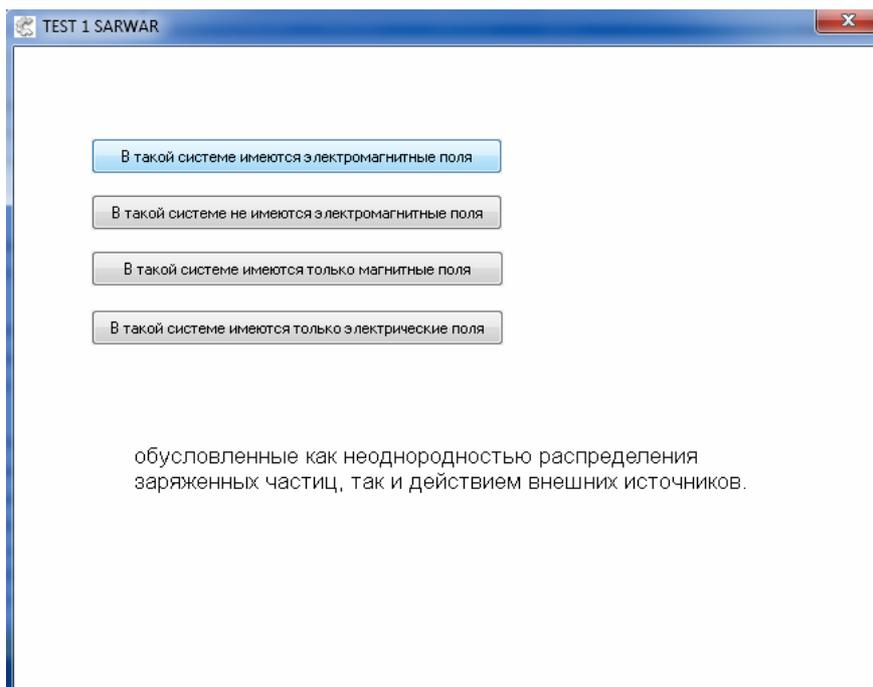


Рисунок 4

Таким образом, студент должен на каждом шагу выбирать правильные ответы, иначе в течение назначенного срока не получит код, который служит доказательством знаний и способности. У студента почти нет возможности получить код течения назначенного срока путем угадывания, потому что самообучаемая минипрограмма при ошибке переходит на начальную страницу, показанную на рисунке 1.

А что будет со студентом, который решил выполнить задание путем угадывания и получить код? Сколько времени на это уходит? Это можно подсчитать. Если каждый вопрос имеет 4 варианта ответа, 1 правильный, 3 неправильные. Вероятность попаданий на правильный ответ всего 25%, т.е. 0,25 одном вопросе. Далее смотрите таблицу.

Таблица

Количества вопросов	Вероятность попаданий на правильный ответ	
1	0,25	25%
2	$0,25 \cdot 0,25 = 0,0625$	6,25%
3	$0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,25 = 0,015625$	1,56%

Каждый следующий вопрос уменьшает вероятность успешного выполнения задания путем угадывания – в 4 раза. Начиная с третьего вопроса вероятность выполнения заданий путем угадывания меньше, чем 2%. (обычно в заданиях 8–10 вопросов). В таком случае студенту придется несколько раз перевыполнить задание, запоминать, записывать, причем успевать в срок. Срок выполнения заданий назначается преподавателем. После успешного выполнения заданий студент должен отправить полученный код своему преподавателю (рисунок 5). Время скачивания самообучаемой минипрограммы и время отправки кода студентом записываются на сайте с помощью специального таймер компонента, который отсчитывает дни, часы и минуты до определенного события.

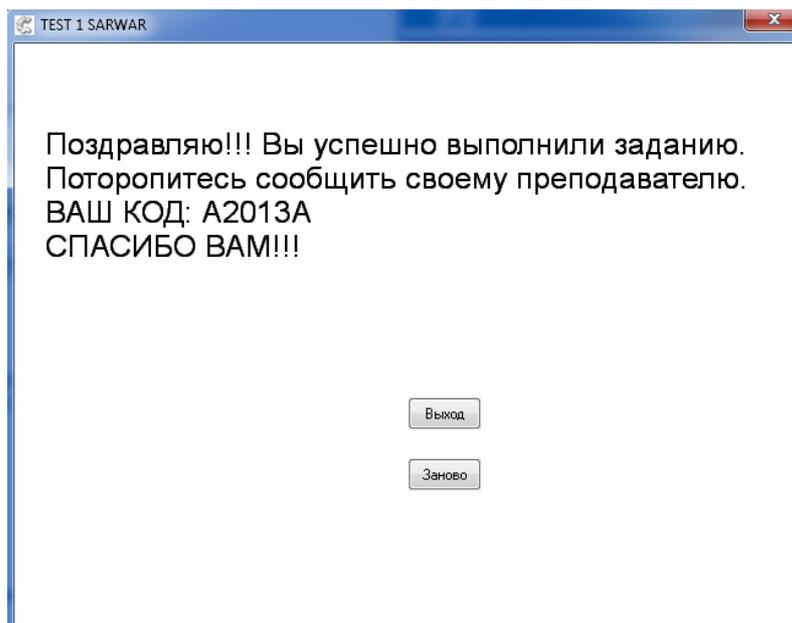


Рисунок 5

Обобщая опыт использования компьютера и мультимедийных технологий на занятиях и во внеурочное время, можно сделать вывод: мультимедийные технологии ускоряют процесс обучения; они способствуют резкому росту интереса к изучаемому предмету; улучшают качество усвоения материала; позволяют индивидуализировать процесс обучения; дают возможность избежать субъективности оценки.

Разрабатываемые для учебного процесса инновационные компьютерные средства по изучению курса «Основы электродинамики плазмы» как сочетание различных видов дистанционного обучения, так и игровых задач, с привлечением вычислительной техники позволяют студенту не только с интересом овладевать знаниями, но и **самовыразиться** как личности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Александров А.Ф., Богданкевич Л.С, Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. – М.: Высш. шк., 1988. – 424 с.
- 2 Ichimaru S., Mitake S., Tanaka S., Yan X.-Z. Theory of interparticle correlations in dense, high-temperature plasmas. I. General formalism // Phys. Rev. A. – 1985. – V. 32. – P. 1768.
- 3 Kelbg G. Einige Methoden der statistischen Thermodynamik hochionisierter Plasmen. – Ergebnisse der Plasma Physik und Gaselektronik. – Berlin: Akademie-verlag, 1972. – Band 3. – S. 3-364.
- 4 Hansen J.P., McDonald I.R. Microscopic simulation of a strongly coupled hydrogen plasma // Phys. Rev. A. – 1981. – V. 23. – P. 2041.
- 5 Arkhipov Yu. V., Baimbetov F.B., Davletov A.E., Starikov K.V., Voronkov V.V. Theoretical investigation of parametrical instability in semiclassical plasmas // Abstract of International conference on «Strongly Coupled Coulomb Systems». – Greifswald, Germany, 2002.

REFERENCES

- 1 Александров А.Ф., Богданкевич Л.С, Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. – М.: Высш. шк., 1988. – 424 с.
- 2 Ichimaru S., Mitake S., Tanaka S., Yan X.-Z. Theory of interparticle correlations in dense, high-temperature plasmas. I. General formalism // Phys. Rev. A. – 1985. – V. 32. – P. 1768.
- 3 Kelbg G. Einige Methoden der statistischen Thermodynamik hochionisierter Plasmen. – Ergebnisse der Plasma Physik und Gaselektronik. – Berlin: Akademie-verlag, 1972. – Band 3. – S. 3-364.
- 4 Hansen J.P., McDonald I.R. Microscopic simulation of a strongly coupled hydrogen plasma // Phys. Rev. A. – 1981. – V. 23. – P. 2041.
- 5 Arkhipov Yu. V., Baimbetov F.B., Davletov A.E., Starikov K.V., Voronkov V.V. Theoretical investigation of parametrical instability in semiclassical plasmas // Abstract of International conference on «Strongly Coupled Coulomb Systems». – Greifswald, Germany, 2002.

Резюме

А. Х. Сарваров

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

«ПЛАЗМА ЭЛЕКТРОДИНАМИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ» ПӘНІ ОҚЫЛҒАНДА ЖАҢА ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ӨНДЕУ

Бұл жұмыста ЭЕМ-нің шыңдалуы мен дамуының теориялық физика курстарын оқытуға әсері қарастырылады. (зерттелетін объект «Плазма электродинамикасының негіздері» курсы). Оқу үдерісіне жаңа ақпараттық технологияларды енгізу арқылы «плазма электродинамикасының негіздері» секілді теориялық физика курстарын оқытуда студенттерге жаңа мүмкіндіктер беріліп, олардың өзіндік жұмыстарының қарқынын үдетіп, дәстүрлі емес ақпараттар көзіне байланыс ашады

Кілт сөздер: білім саласы, оқыту әдістері, оқу үдерісі, ақпарат көздері, теориялық физика курстары, плазма, плазма электродинамикасы, ЭЕМ дамуы, бағдарламалық қамтамасыз ету.

Summary

A. Sarvarov

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty)

THE DEVELOPMENT OF NEW INNOVATIVE TECHNOLOGIES AT TEACHING THE SUBJECT «THE BASIS OF PLASMA ELECTRODYNAMICS»

In this paper considered the impact on the development and improvement of computers for teaching theoretical physics courses. (Object of research course «Basics of Plasma Electrodynamics». The introduction of new information technologies in the educational process for the students allows access to non-traditional sources of information that will improve the effectiveness of independent work, to provide new opportunities to study theoretical physics courses such as «Basics of Plasma Electrodynamics».

Keywords: education sphere, training methods, educational process, information sources, теоритические physics courses, plasma, electrodynamics of plasma, COMPUTER development, the software, self-trained programs.

Поступила 30.04.2013г.

Б. Д. СЫДЫҚОВ, К. Қ. ЖАНТІЛЕУОВ, А. А. ТӘУІРБЕКОВА

(Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.)

ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРНЫНДА БОЛАШАҚ МАМАННЫҢ КӘСІБИ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР НЕГІЗІНДЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ

Аннотация

Жоғары оқу орындағы болашақ маманның кәсіби құзыреттілігі қалыптасуының әдіснамалық аспектілері қарастырылған. Студенттердің ақпараттық-компьютерлік бағыттылығын жетілдіру үшін оқыту үдерістерінде ақпараттық технологияларды қолдану ерекшеліктері келтірілген.

Кілт сөздер: құзіреттілік, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, білімді ақпараттандыру.

Ключевые слова: компетентность, информационно-коммуникационные технологии, информатизация образования.

Keywords: expertise, information and communication technology, information education.

Кіріспе. Қазақстан Республикасының Президенті – Елбасы Н. Ә. Назарбаев өзінің «Қазақстан–2050» стратегиясы қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты» атты Қазақстан халқына Жолдауында: «Біз қолжетімді және сапалы білім беруді дамыту бағытын дәйекті жүргізудеміз және әлемдік деңгейдегі зияткерлік мектептермен кәсіптік-техникалық колледждер желісін дамытудамыз» – деді нақты көрсете отырып. Соңғы 12 жылда жоғары білім алуға берілетін гранттар санының 182%-ға ұлғайғандығын айтты. Ал Қазақстан-2050 Стратегиясы – тым құбылмалы тарихи жағдайдағы жаңа Қазақстан үшін жаңа саяси бағыттарды белгілеп берді. Атап айтқанда, төртінші бағыты, яғни «білім және кәсіби машық – заманауи білім беру жүйесінің, кадр даярлау мен қайта даярлаудың негізгі бағдары» негізінен бәсекеге қабілетті дамыған мемлекет болу үшін сауаттылығы жоғары елге айналуымыз қажеттігін айқындайды. Қазіргі әлемде жай ғана жаппай сауаттылық жеткіліксіз болып қалғандығын, азаматтарымыз үнемі ең озық жабдықтармен және ең заманауи өндірістерде жұмыс жасау машығын меңгеруге дайын болуға тиістігін атап көрсетеді [1].

Сондай-ақ, мұнда мемлекеттің атқарып жатқан жұмыстарының білім беру саласындағы басымдықтарына назар аударылған. Атап айтқанда, жоғары оқу орындары білім беру қызметімен шектеліп қалмай, қолданбалы және ғылыми-зерттеушілік бөлімшелерін құруы және дамытуы қажет. Ал академиялық автономия кепілдігін алған жоғары оқу орындары тек оқу бағдарламаларын жетілдірумен шектелмей, өздерінің ғылыми-зерттеушілік қызметін де белсенді дамытуы тиіс. Сонымен қатар оқыту әдістемелерін жаңғырту және өңірлік мектеп орталықтарын құра отырып, білім берудің онлайн-жүйелерін белсене дамыту керек деп нақты тұжырымдалады.

Инновациялық әдістер мен шешімдер. «Қазақстан–2050» Стратегиясы – білім беру жүйесінде қашықтықтан оқытуды және онлайн режимінде оқытуды қоса, отандық білім беру жүйесіне инновациялық әдістерді, шешімдерді және құралдарды қарқынды енгізудің және ескірген немесе сұраныс жоқ ғылыми және білім пәндерінен арылу, сонымен бірге, сұраныс көп және болашағы бар бағыттарды күшейтіп, кәсіпкерлікке бағдарланған оқу бағдарламаларын, білім беру курстары мен институттарын құрудың қажеттігін атап көрсетті. Инновациялық зерттеулерді дамытудың жаңа саясатын басшылыққа алуды ұсынды.

Ақпараттық технологиялардың қарқынды алға басуына байланысты елімізде адам еңбегін жеңілдетуге арналған барлық қолданбалы практикалық қызмет салаларында қазіргі заманға сай ЭЕМ-дер іске қосылған. Қазіргі таңдағы есептеу жүйелерінің қуаттылығын өткен ғасырдағы орташа және үлкен қуатты есептеу жүйелерімен салыстыруға болады. Өндірісте, кеңселерде, білім беру мекемелерінде әбден жетілдірілген технологиялық және бағдарламалық жабдықтармен қамтамасыздандырылған ЭЕМ-дер адамдардың күнделікті жұмысына үлкен көмек көрсетуде. Истәжірибеде көрсетілгендей өндіріске ЭЕМ-дердің сауатты, ойланып және жан-жақты енгізілуі өзінің тиімді әсерін тигізуде, әсіресе біркелкі жұмыста үлкен үлесі бар. Мұндай жұмыс тез, дәл

және аз шығындармен орындалады. Компьютер тез арада еңбек өнімділігін сапалы жаңа деңгейге көтереді және адамдар аз уақыттың ішінде өздерінің жұмысын ЭЕМ-сыз істей алмайтынына көздері жетеді [2].

Елбасымыз Қазақстан халқына Жолдауында елімізді жаңғырту стратегиясын іске асырудың табыстылығы, ең алдымен, қазақстандықтардың біліміне, әлеуметтік және дене болмысы, көңіл күйлеріне байланысты дей келе, жоғары білім сапасы ең жоғары халықаралық талаптарға жауап беруі тиіс екендігін атап көрсетті. Сондықтан жоғары оқу орнында сапалы білім беру арқылы, еліміздің әлеуметтік-экономикалық жоғары қарқынмен дамуын қамтамасыз етуге қабілетті мамандарды дайындауға болады. Ал бұл мемлекеттік кадр саясатындағы басты мақсат болып табылады.

Қоғамның ақпараттық даму жағдайында дайын технологияларды пайдалану деңгейі мен оларды жасау деңгейі арасында алшақтық байқалып тұрады, ол білім беру арқылы біліктілігі жоғары мамандарды даярлауды баяулатуға болмайтындығына талап қояды. Осыған байланысты жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімнің кәсіби технологиялық құзыреттілігін қалыптастыру басты назарда болуда.

Бүгінгі таңдағы оқу үдерісінде қолданылатын ақпараттық технологиялар ЭЕМ қолдануға негізделген. Заманауи ЭЕМ-дер формальданған білімдерді өңдеу мен бейнелеу үшін үлкен есептеу мүмкіндіктеріне ие және білімді ұйымдастырудың мейлінше жетілдірілген формаларын жасау және оларды оқытуда қолдану үшін жағдай туғызады. Дегенмен біздің анықтауымыз бойынша, ЖОО оқу үдерісі білімді формальдау әдістеріне оқытуды жетілдіру қажеттілігі анықталды. Бұл студенттерге болашақ кәсіби іс-әрекетінде қазіргі заманғы ақпараттық технологияларды тиімді қолданумен қатар оларды жасау мүмкіндігін бермей отыр.

Сондықтан қазіргі кездегі оқыту әдістемелерінде, маман даярлауда ЭЕМ мүмкіндіктері толық жеткілікті түрде қолданылмауда, бұл аз кезегінде, ақпараттық технологиялардың дамуының қол жеткен деңгейімен, осы кезде қалыптасқан оқыту әдістемелері мен технологияларының арасында қарама-қайшылықтың пайда болуына алып келеді.

Бұл қайшылықты шешу үшін педагогика ғылымы мен оқыту теориясынан терең ойластырылған, дербес білім беру міндеттерін шешуге бағытталған жаңа инновациялық білім беру технологияларын құру қажет болады.

Қазіргі кезде елімізде қоғамды ақпараттандыру – мемлекеттік саясаттың негізгі элементтерінің біріне айналып отыр. Қоғамды ақпараттандыру деп – ақпараттық технологияның құралдарын елдің экономикалық нығаятын қамтамасыз ететін, ғылыми-техникалық прогресті жеделдетін қоғамдық қор ретінде жаппай пайдалану және жылдам әрі нақты ақпараттар алмасудың жолдарын түсінеміз.

Білім беруді ақпараттандыру жағдайында соңғы жылдары кәсіби-педагогикалық, әдістемелік және ақпараттық-логикалық құзыреттіліктің жаңа компоненттері анықталып, толықтырылуда. Бұл өз кезегінде, мамандардың кәсіби ақпараттық құзыреттілігін арттыруға бірден-бір себеп болады. Ақпараттық құзыреттілік ұғымына арналған басты бағыттар дидактикалық нәтижеге жеткізетін мұғалімнің тұлғалық кәсіби шеберлігі, оқытудың ақпараттық-коммуникациялық, жаңа технологияларын пайдалана отырып, өз пәнін оқытуға теориялық, практикалық және әдістемелік дайындықтарының үйлесімділігі деп анықтауға болады. Ал ақпараттық логикалық құзыреттіліктің компоненттеріне тұлғалық, іс-әрекеттік, танымдық, аналитикалық-синтетикалық болжау, жүйелік-іс-әрекеттік ыңғай, жобалау, үлгілеу, бағдарламалау қабілеттерін жатқызуға болады.

Қазіргі кездегі оқыту әдістемелерінде, маман даярлауда ЭЕМ мүмкіндіктері толық жеткілікті түрде қолданылмауда, бұл аз кезегінде ақпараттық технологиялардың дамуының қол жеткен деңгейімен, осы кезде қалыптасқан оқыту әдістемелері мен технологияларының арасында қарама-қайшылықтың пайда болуына алып келеді.

Аталған қажеттілікті шешу барысында мамандардың біліктілігін ақпараттық технологияны өз қызметтеріне пайдалану саласы бойынша тұжырымдама, модульдік жұмыс бағдарламалары жасалды. Сонымен бірге білім беруді ақпараттандыру жағдайында мамандардың ақпараттық сауаттылығын, ақпараттық мәдениетін және ақпараттық құзырлығы сияқты қабілеттіліктерді қалыптастыру мәселесі бүгінгі күннің өзекті мәселесіне айналып отыр [3].

Компьютерлік технологиялардың адам қызметінің барлық салаларына қолданыла бастауы өткен ғасырдың соңғы 10–15 жылында кеңінен етек жая бастады. Осы қайтарымызсыз тенденцияның адамзат тіршілігіне түбегейлі өзгерістер енгізгені белгілі. Аса қарқынды дамуының арқасында компьютер жер бетіндегі миллиондаған адамдарды жұмыссыз қалдырғаны рас, дегенмен ол

адамдарды жаңаша ойлауға, жылдам шешім қабылдауға, терең білім алуға – жалпы адамзаттың интеллектуалды дамуына зор септігін тигізіп отыр.

Білім беруді ақпараттандыру үдерісі пән мұғалімдеріне, әдіскерлерге, білім мекемелерін басқарушыларға жаңа ақпараттық технологияны өз қызметтеріне жан-жақты пайдалану саласына үлкен талап қояды.

Компьютерлік техниканың дидактикалық мүмкіндіктерін педагогикалық мақсаттарға пайдалану, білім мазмұнын анықтауда, оқыту әдістері мен формаларын жетілдіруде жақсы әсерін тигізеді. Оның оқыту үрдісінде даралап және топтап оқыту тәсілдерінде, өзіндік танымдық зерттеу жұмыстарын жүргізуге зор мүмкіндіктер жасайтындығы дәлелденген. Бірақ бүгінгі таңда ақпарат элементтерін пәнаралық байланыс негізінде оқытудың қажеттілігі мен оны оқу үрдісінде жүргізуге тиімді оқу-әдістемелік құралдардың, оқыту бағдарламаларының жеткілікті дәрежеде болмауының арасында қайшылық бар.

Ел экономикасының өсуі халықтың тұрмысына да үлкен әсер ете бастағанын көзіміз көріп отыр. Сәйкесінше, барлық қызмет көрсету салаларының мамандары өз қызметін барынша сапалы, жылдам әрі ешбір қатесіз орындағысы келетіні байқалады. Қызмет көрсетудің аталған критерийлерін жоғарылатудың бірден-бір жолы – оны автоматтандыру, яғни қызметтің мүмкін салаларының барлығын компьютерлендіру болып табылады.

Адамдар арасындағы еңбек қатынастары қалыптаса бастаған кезден-ақ ұжым мүшелеріне материалдық көмек жасау, олардың құқықтарын қорғау мәселелері пайда болды. Нәтижесінде осы мәселелерді шешумен айналысатын арнайы органдар – кәсіподақ комитеттері құрылды. Ұжымдағы әрбір қызметкердің еңбекақысынан белгілі бір мөлшерде жинақтай отырып, оны еңбек адамының құқықтық, моральдық және материалдық қажеттіктеріне жұмсау дәстүрі қалыптасты. Әлеуметтік тұрғыдан аз қамтылған халық бөлігіне мемлекет тарапынан және мемлекеттік емес ұйымдар тарапынан көптеп көмек беріліп жатады.

Ақпарат ағыны мол жерде оны өңдеу, сақтау, тасымалдау, қорғау мәселелері туындайтыны белгілі. Мұндай жұмысты адамның атқара алатынына ешбір күмән жоқ, бірақ оны электронды құрылғылардың еншісіне тапсырса, жұмыстың әрі өнімді, әрі сенімді, әрі нәтижелердің дәл, анық болатыны айтпаса да түсінікті.

Дербес компьютерлердің базасындағы кеңінен таралған автоматтандырылған жүйе IBM PC архитектурасы арқылы жасалынған. Автоматтандырылған жүйе негізінде есептеуіш техникадан арнайы дайындық өтпеген қолданушыға арналған. Автоматтандырылған жүйенің басты мақсаты мәліметтерді орталықтандырылған түрде жұмыс орындарында өңдеу, өздерінің мәліметтер қорларын қолданады және автоматтандырылған жүйе мен дербес компьютерлердің жергілікті желілеріне кіру мүмкіндіктері бар, ал кейбір кездерде қуатты ЭЕМ-дерге қосылатын жаһандық есептегіш желілерге кіреді.

Қазіргі кезде көптеген мекемелерде халық шаруашылығын жүйелік басқару тұжырымдасы қолға алынып жатыр. Оларда жергілікті ақпаратты өңдеу әртүрлі дәрежелерде қарастырылады. Бұл жүйелерде ақпаратты төменнен-жоғары қарай беріліп, ақпараттың керекті бөлігінен жоғарғы дәрежесіне берілуі керек. Осылай бола тұра ақпараттың өңделген маңызды бөлігінің нәтижесі мәліметтердің жергілікті қорларында сақталуы керек [4].

Қорытынды. Осы айтылғандарға байланысты болашақ маманның ақпараттық құзыреттілігін арттыруды бағдарламалық қамтамасыз етуді, құралдарды жобалауға, жасауға, қолдануға, байланысты ақпараттық технологиялардың құралдарын өзіндік ұйымдастыру үдерісін, олардың техникалық құралдарға тікелей қатынасын ескере отырып, баламалы үлгімен сипатталатындығын болжауға болады [5-8]. Мұндай үлгіні құру үшін АТ құралдарын дамыту үдерісіне әсер ететін басқа да құраушыларды: олар негізделген формальды аппараттардың даму деңгейін; бағдарламалық қамтамасыз ету деңгейін; АТ құралдарын адамзат іс-әрекетінің түрлі салаларында қолдану арқылы және т.б. ескеру керек.

Сондықтан мұғалімнің ғылыми дүниетанымда жаңа технологиялардың орны ерекше, себебі ол заманауи ақпараттық технологияларды қоғамның барлық саласында және ғылыми-техникалық зерттеулерде кеңінен қолданылуынан келіп туындайды. Ғылыми-техникалық революциямен бірге өмірге келген ақпараттанудың ғылыми салалары, ақпараттық технологиялардың дамуындағы ішкі заңдылықтары мен логикасын, оны өндіргіш күшке айналу үдерісін арттыра түсті.

Қорыта айтқанда, оқыту үдерісінде ақпараттық технологияларды қолданып оқыту арқылы дүниенің тұтастығын түсінеміз, жалпы зияткерлік артуына ықпал жасаймыз. Ал, біздіңше, жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындау үдерісінде және мұғалімнің өз іс-тәжірибесінде заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды оқу үдерісінде қолдануы оқу пәндерінің сапасының артуына алып келеді және осыған байланысты оқытудың жаңа формалары мен тәсілдерін қарастырудың өзектілігі артады.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Қазақстан Республикасының Президенті – Елбасы Н. Ә. Назарбаевтың «Қазақстан–2050» стратегиясы қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты» атты Қазақстан халқына Жолдауы. – Астана, 2012.
- 2 Бешенков С., Ракитина Е. Моделирование и формализация. Руководств. – М.: LBZ, 2002. – 336 с.
- 3 Преподавания информатики в образовательных учреждениях Республики Казахстан // Сборник материалов передового опыта. – Алматы, 2006. – Т. 1. – 370 б.
- 4 Бежанова М.М. и др. Введение в компьютерные науки. Учебное пособие. – Новосибирск, 1994. – 115 с.
- 5 Лапшик М.П., Семакін И.Г., Кеннер Е. Методика преподавания науки. – М.: Академия, 2001. – 624 с.
- 6 Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. – М.: Академия, 2006. – 384 с.
- 7 Образцов П.И. Психологические и образовательные аспекты разработки и применения информационных технологий в среднем образовании. – Орел: Орловский государственный технический университет, 2000. – 145 с.

REFERENCES

- 1 Kazakhstan Respublikasynyn Prezidenti – Elbasy N. Ә. Nazarbaevtyñ «Kazakhstan–2050» strategiyasy qalyptaskan memlekettin Zhana sayasi baғыty «Atta Kazakhstan halkyna Zholdauy». – Astana, 2012.
- 2 Beshenkov S., Rakitina E. Modeling and formalization. Manual workbook. – M.: LBZ, 2002. – 336 p.
- 3 The teaching of computer science in the educational institutions of the Republic of Kazakhstan // Collected materials of excellence. – Almaty, 2006. – Vol. 1. – 370 b.
- 4 Bezhanova M.M. and etc. Introduction to computer science. Textbook. – Novosibirsk, 1994. – 115 p.
- 5 Lapchik M.P., Semakin I.G., Henner E.K. Methods of teaching science. – M.: Academy, 2001. – 624 p.
- 6 Miheeva E.V. Information technology in professional activities. – M.: Academy, 2006. – 384 p.
- 7 Obratsov P.I. Psychological and educational aspects of the development and application of information technology in high school education. – Orel: Orlov State Technical University, 2000. – 145 p.

Резюме

В. Д. Сыдыхов, К. К. Жантлеуов, А. А. Таурбекова

(Казахский национальный педагогический университет, г. Алматы)

ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены методологические аспекты формирования профессиональной компетентности будущего специалиста в вузе. Для совершенствования информационно-компьютерной направленности студентов приводятся особенности применения информационной технологии обучения в учебном процессе.

Ключевые слова: компетентность, информационно-коммуникационные технологии, информатизация образования.

Summary

B. D. Sydykhov, K. K. Zhantleuov, A. A. Taurbekova

(Almaty Humanities Technical University, Almaty)

IMPROVEMENT OF INFORMATION AND COMPUTER ORIENTATION OF STUDENTS ARE PARTICULARLY APPLICATIONS OF INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION IN THE LEARNING PROCESS

The paper deals with the methodological aspects of the formation of professional competence of future specialists in high school. To improve the information and computer orientation of students are particularly applications of information technology education in the classroom.

Keywords: expertise, information and communication technology, information education.

Поступила 25.04.2013 г.

А. А. СОЛОДОВНИК, Д. А. КУДАБАЕВА, В. Н. КРЮЧКОВ

(Центр астрофизических исследований СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск)

СЕЗОННЫЕ И МЕЖСЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ ПЛОЩАДИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЛЯ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ

Аннотация

На основании обработки данных о распределении поля серебристых облаков, полученных с помощью аппаратуры спутника AIM в сезоны 2007–2012 гг., исследованы временные вариации площади глобального поля облачности в северном полушарии Земли. Показано, что для каждого сезона характерно закономерное нарастание, а затем падение площади мезосферной облачности. При этом временной ход параметра уверенно описывается параболической функцией. Наряду с этим обнаружены периодические колебания площади облачного покрова с характерными периодами от 23 до 28 суток. Предложена физическая интерпретация обнаруженной зависимости.

Ключевые слова: мезосферные серебристые облака, площадь мезосферной облачности, карта распределения поля серебристых облаков.

Кілт сөздер: мезосфералық күміс түстес бұлттар, мезосфералық бұлттың ауданы, күміс түстес бұлттардың аумағын тарату картасы.

Keywords: mesospheric noctilucent clouds, mesospheric cloud area, the map of the field distribution of noctilucent clouds.

Исследования серебристых облаков, проводимые в Северо-Казахстанском госуниверситете, имеют довольно солидную историю. При этом наш исследовательский интерес плавно проэволюционировал от простого накопления и обработки данных синоптических наблюдений к крайне интригующей проблеме происхождения мезосферных серебристых облаков (МСО – в дальнейшем). Своеобразие природы объекта, связавшего явления ближнего космоса и атмосферно-климатические процессы, по нашему мнению, позволяет в перспективе исследований выйти на актуальнейшую проблематику изменения земного климата [1-5].

Одной из основ нашего подхода к изучению МСО стала концептуальная идея о связи возникновения, по крайней мере, низкоширотной части общего поля МСО с такими атмосферными явлениями как грозовая активность и атмосферные фронты [1-5]. В этом свете получены не только веские доказательства связи появления МСО, наблюдаемых из Петропавловска, с метеорологическими процессами над подстилающей территорией [4]. Но и разработан метод предсказания появления МСО, показавший высокую эффективность, базирующийся на анализе метеорологической ситуации [4].

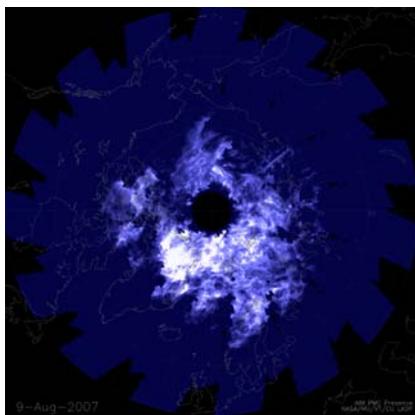


Рисунок 1 – Изображения полей МСО (светлые детали) над северной полярной областью Земли

Как разработка метода предсказания появления МСО, так и исследование свойств их глобального поля стало возможно благодаря использованию данных, полученных с помощью аппаратуры спутника AIM – специализированного ИСЗ, получающего данные о глобальном поле серебристых облаков как северного, так и южного полушарий Земли [3]. В частности, нами детально изучены усредненные за сутки карты распределения поля серебристых облаков (часто их именуют маргаритками). Пример такой карты показан на рисунке 1.

Интересно отметить, что составленная из последовательных карт анимация неплохо иллюстрирует внутрисезонное изменение площади поля МСО. Но в этом вопросе мы прибегли к более тщательному методу обработки данных.

Оригинальные карты изображений полей МСО были обработаны специальной программой, по результатам обработки

найлены относительные площади (доли от общей площади изображения) полей облачности на каждую дату. При этом учитывался фон и влияние служебных символов на картах. Сезонные показатели хода активности облакообразования в течение каждого из сезонов видимости представлены таблично и графически. Так на рисунке 2 приведены сводка графиков, изображающих изменение площади поля МСО, зарегистрированного спутником для периода 2007–2012 годов.



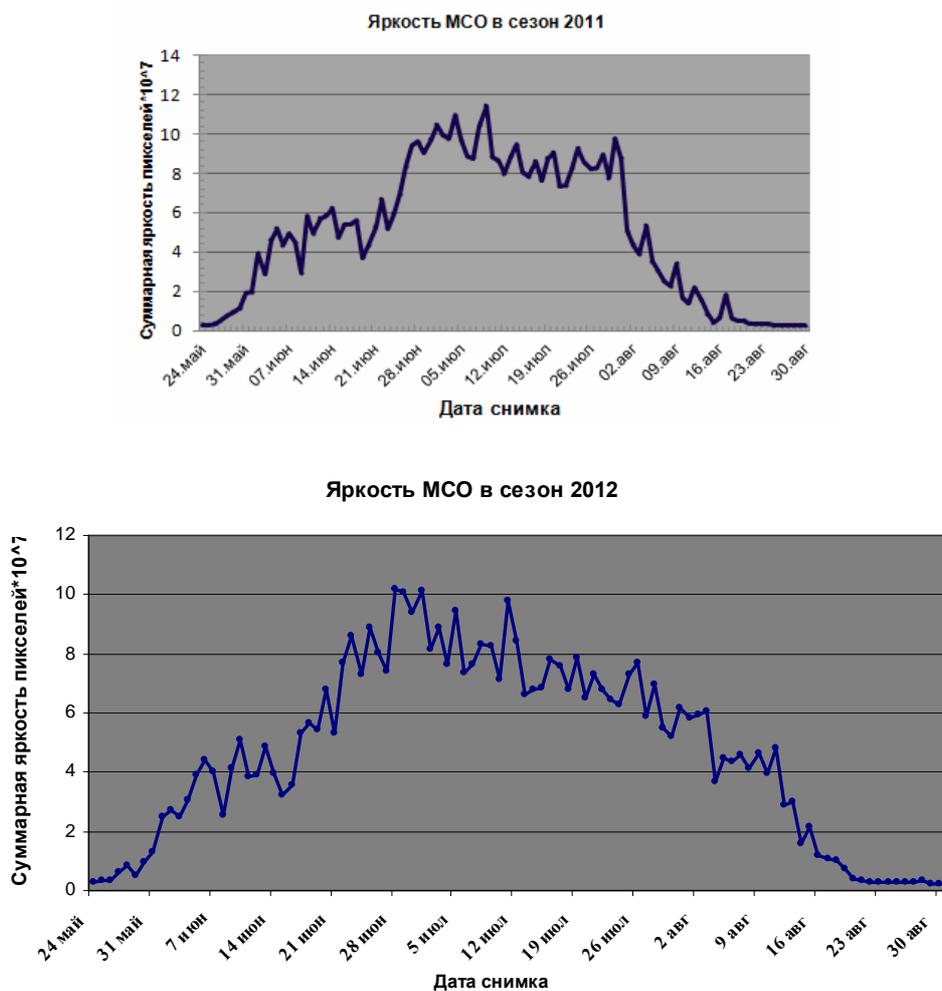


Рисунок 2 – Изменение относительной площади поля МСО в сезон 2007 года

При видимом различии вида графиков из года в год симптоматично совпадение дат появления и исчезновения облачных полей. Причем ветви спада активности облакообразования в различные сезоны практически совпадают. Весьма близки между собой и эпохи максимального развития площади облачных полей, причем даты этих максимумов близки к тем, которые получены задолго до эпохи АИМ из наземных наблюдений. Среди всех ситуаций особо интересен сезон 2007 года, когда наблюдался двойной максимум площади МСО. Подобное поведение отмечено и по наземным наблюдениям [6, 7].

Располагая данными об изменениях площади поля МСО северного полушария можно попытаться выявить как общие свойства, так и некоторые особенности интенсивности формирования серебристых облаков в разные годы. Первый этап исследования имел целью выявить самые общие закономерности изменения площади облачного поля для каждого сезона. Оказалось, что с высокой точностью (относительная ошибка около 1%) общий сезонный ход площади МСО может быть описан параболической функцией. При этом такое описание имеет не только формальный характер; по такому закону в летний сезон изменяется влагосодержание атмосферы и ее суммарная внутренняя энергия (теплозапас). На рисунке 3 приведены результаты параболической аппроксимации хода площади облачного поля для сезонов 2007–2012 годов.

Заметно некоторое различие в длительности сезонов видимости МСО, впрочем, незначительное. В таблице 1 показаны определённые по результатам аппроксимации даты максимального развития площади поля серебристых облаков.

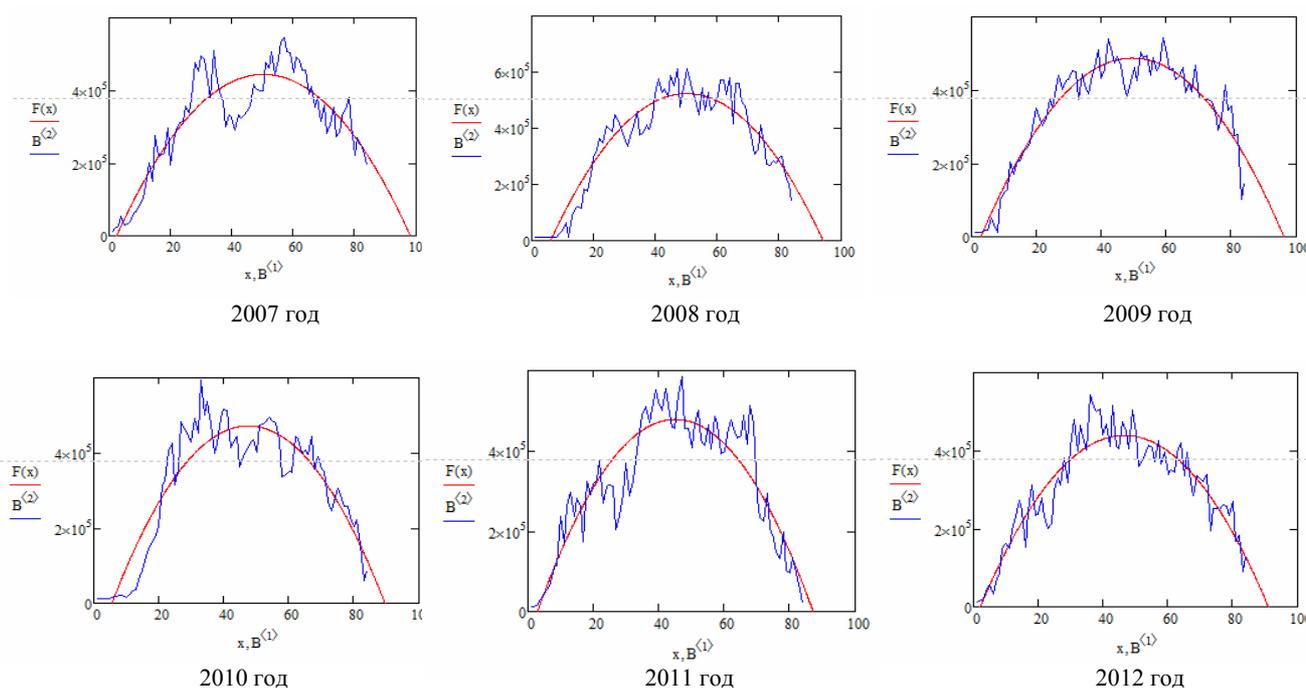


Рисунок 3 – Результаты параболической аппроксимации сезонных изменений площади поля серебристых облаков

Таблица 1 – Даты максимального развития площади поля серебристых облаков в сезоны 2007–2012 гг.

Сезон наблюдений	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Даты максимумов по графикам	26 июня 19 июля	12 июня 26 июля	4 июля 21 июля	25 июня	9 июля 30 июля	28 июня
Даты максимумов по аппроксимации	12 июля	5 июля	10 июля	2 июля	6 июля	3 июля

В дальнейшем нами исследован временной ход остаточных разностей: «наблюдаемая площадь поля минус вычисленное значение». Построенные по этим данным графики (рисунок 4) имеют очевидную периодичность. В этой связи их аппроксимация выполнялась гармоническими функциями. Программа позволяла определить период и амплитуду аппроксимирующей синусоиды по принципу минимальности дисперсии остаточных отклонений. На рисунке 4 приведены примеры такой обработки.

Получено, что типичные периоды гармонических функций заключены в пределах от 23 до 28 суток. Большие значения периодов близки к периодам движения Луны вокруг Земли (звёздному, драконическому и аномалистическому месяцу). Меньшие периоды интерпретировать труднее, но и для них есть значимое объяснение. С периодом от 20 до 23 суток изменяется площадь пятен на диске Солнца. Сходный период (19–25 суток) имеют и периодические изменения давления в земной атмосфере. Следуя терминологии Дьякова, их можно назвать «волнами погоды».

Таким образом, можно утверждать, что своими результатами мы независимо подтверждаем влияние лунных приливов на интенсивность образования МСО. [8] Кроме того, обнаружено влияние на этот процесс периодических колебаний давления в земной тропосфере.

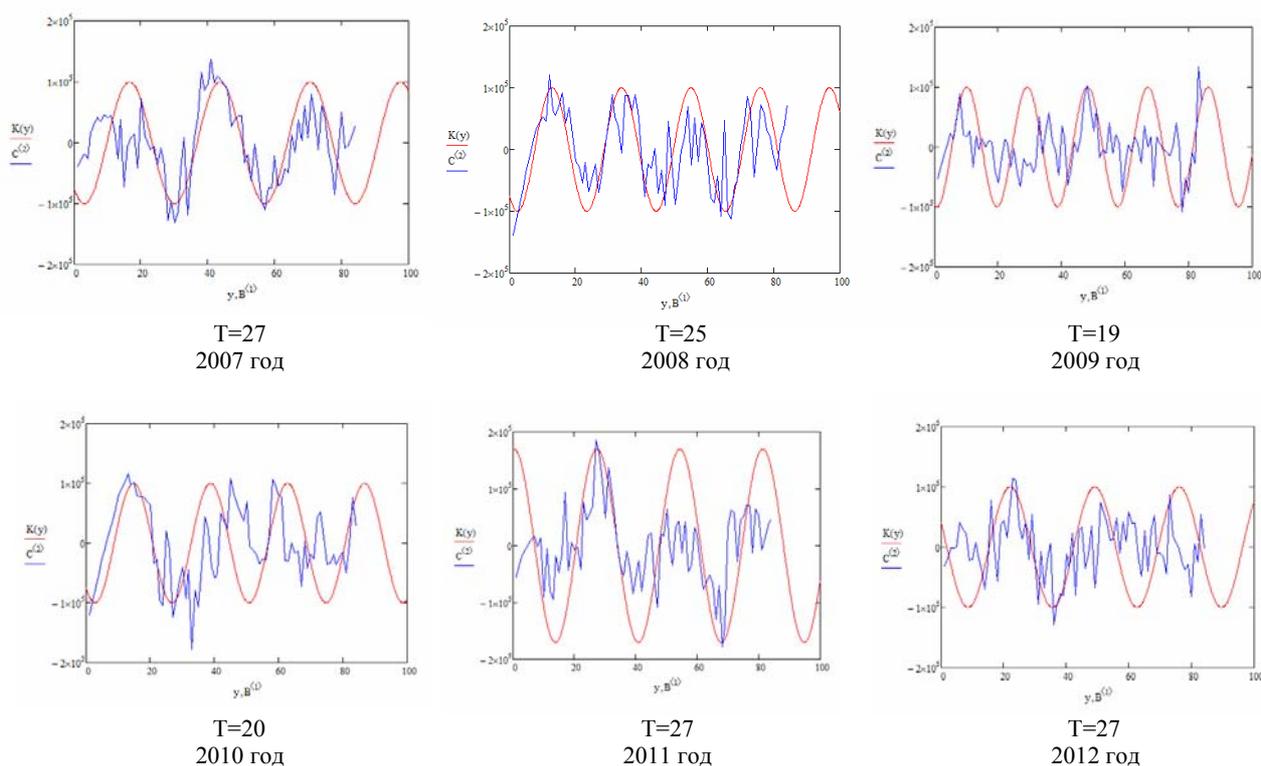


Рисунок 4 – Результаты аппроксимации остаточных отклонений площади поля МСО гармоническими функциями

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Солодовник А.А. Атмосферное электричество и происхождение серебристых облаков // Земля и Вселенная. – 2007. – № 6.
- 2 Солодовник А.А., Кудабаяева Д.А. Метеорология тропосферы и серебристые облака // Мат-лы междунар. конф. «Космос на благо человечества – взгляд в будущее», Астана, 6-7 января 2011 г. – С. 83-85.
- 3 Солодовник А.А., Лазарев С.В. Метеорологические явления в тропосфере и проблема происхождения серебристых облаков // Информационно-аналитический обзор ЦНТИ Северо-Казахстанской области. – 2007. – 24 с.
- 4 Солодовник А.А., Кудабаяева Д.А., Крючков В.Н., Леонченко А. Метеорологические явления в тропосфере и серебристые облака // Мат-лы междунар. научной конф. «Валихановские чтения», Кокшетау, 2011 г. – С. 34-35.
- 5 Солодовник А.А., Кудабаяева Д.А., Сартин С.А., Бельченко В.Н. Метеорологические процессы в тропосфере Земли и происхождение серебристых облаков // Вестник Актыбинского гос. педагогич. ин-та. – 2010. – № 1. – С. 109-114.
- 6 Бронштэн В.А., Гришин Н.И. Серебристые облака. – М.: Наука, 1970. – 360 с.
- 7 Бронштэн В.А. Серебристые облака и их наблюдение. – М.: «Наука», гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1984. – 128 с.
- 8 Dalin P., Pertsev N., Dubietis A., Zalcik M., Zadorozhny A., Connors M., Schofield G., McEwan T., McEachran L., Frandsen S., Hansen O., Andersen H., Sukhodoev V., Perminov V., Balciunas R., Romejko V. A comparison between ground-based observations of noctilucent clouds and Aura satellite data // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 13 с.

REFERENCES

- 1 Solodovnik A.A. Atmosfernoe jelektrichestvo i proishozhdenie serebristyh oblakov // Zemlja i Vselennaja. – 2007. – № 6 (in Russ.).
- 2 Solodovnik A.A., Kudabaeva D.A. Meteorologija troposfery i serebristye oblaka // Mat-ly mezhdun. konf. «Kosmos na blago chelovechestva – vzgljad v budushhee», Astana, 6-7 janvarja 2011 g. – S. 83-85. (in Russ.).
- 3 Solodovnik A.A., Lazarev S.V. Meteorologicheskie javlenija v troposfere i problema proishozhdenija serebristyh oblakov // Informacionno-analitieskij obzor CNTI Severo-Kazahstanskoj oblasti. – 2007. – 24 s. (in Russ.).
- 4 Solodovnik A.A., Kudabaeva D.A., Krjuchkov V.N., Leonchenko A. Meteorologicheskie javlenija v troposfere i serebristye oblaka // Mat-ly mezhdun. nauchnoj konf. «Valihanovskie chtenija», Kokshetau, 2011 g. – S. 34-35 (in Russ.).
- 5 Solodovnik A.A., Kudabaeva D.A., Sartin S.A., Bel'chenko V.N. Meteorologicheskie processy v troposfere Zemli i proishozhdenie serebristyh oblakov // Vestnik Aktjubinskogo gos. Pedagog. in-ta. – 2010. – № 1. – S. 109-114. (in Russ.).
- 6 Bronshtjen V.A., Grishin N.I. Serebristye oblaka. – M.: Nauka, 1970. – 360 s.
- 7 Bronshtjen V.A. Serebristye oblaka i ih nabljudenie. M.: «Nauka», gl. red. fiz.-mat. lit-ry, 1984. – 128 s. (in Russ.).
- 8 Dalin P., Pertsev N., Dubietis A., Zalcik M., Zadorozhny A., Connors M., Schofield G., McEwan T., McEachran L., Frandsen S., Hansen O., Andersen H., Sukhodoev V., Perminov V., Balciunas R., Romejko V. A comparison between ground-based observations of noctilucent clouds and Aura satellite data // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2013. – 13 s.

Резюме

А. А. Солодовник, Д. А. Құдабаева, В. Н. Крючков

(М. Қозыбаев атындағы СҚМУ-дің астрофизикалық зерттеулер орталығы, Петропавл қ.)

**МАУСЫМДЫҚ ЖӘНЕ МАУСЫМАРАЛЫҚ КҮМІС ТҮСТЕС БҰЛТТАРДЫҢ
ЖАҒАНДЫҚ АУМАҚ АУДАНДАРЫНЫҢ ВАРИАЦИЯЛАРЫ**

2007–2012 жылдары маусымдарында AIM жасанды жер серігінің құралдары көмегімен алынған күміс түстес бұлттар аумағының таралу мәліметтерін сараптау негізінде жердің солтүстік жартышарында уақытша бұлттылықтың жаһандық аумақ аудандарының вариациялары зерттелді. Зерттеулерді нәтижесі әр маусым үшін мезосфералық бұлттылық ауданының артуы, содан соң азаюы заңдылықты түрде өтетінін көрсетті.

Кілт сөздер: мезосфералық күміс түстес бұлттар, мезосфералық бұлттың ауданы, күміс түстес бұлттардың аумағын тарату картасы.

Summary

A. A. Solodovnik, D. A. Kudabayeva, V. N. Krjuchkov

(Center of Astrophysical Research NKSU them. M. Kozybayev, Petropavlovsk)

**SEASONAL VARIATIONS OF SPACE AND THE OFFSEASON GLOBAL FIELD
OF NOCTILUCENT CLOUDS**

On the basis of data on the distribution of the field of noctilucent clouds, obtained by the AIM satellite equipment in the seasons 2007–2012 y., studied temporal variations in the area of global cloud field in the northern hemisphere. It is shown that for every regular season is characterized by the growth and then drop area mesospheric clouds. In this case, the time course of the parameter confidently describes a parabolic function.

Keywords: mesospheric noctilucent clouds, mesospheric cloud area, the map of the field distribution of noctilucent clouds.

Поступила 15.05.2013 г.

А. ТУНГАТАРОВ, Б. ОМАРБАЕВА

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы)

ЗАДАЧА ТИПА КОШИ ДЛЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ n -ПОРЯДКА С ПЕРЕМЕННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Аннотация

В работе найдено общее решение обыкновенных дифференциальных уравнений n -порядка с переменными коэффициентами и решена задача Коши.

Ключевые слова: обыкновенные дифференциальные уравнения n -порядка, задача Коши, переменные коэффициенты, общее решение.

Кілт сөздер: n -ретті қарапайым дифференциалдық тедеу, Коши есебі, ауыспалы коэффициенттер, жалпы шешім.

Keywords: обыкновенные дифференциальные уравнения n -порядка, задача Коши, переменные коэффициенты, общее решение.

1. Введение.

Пусть $-\infty < x_1 < x_2 < \infty$, n – натуральное число и $S[x_1, x_2]$ – класс существенно ограниченных и измеримых в $[x_1, x_2]$ функций. Норма в $S[x_1, x_2]$ определяется по формуле

$$\|f\|_{S[x_1, x_2]} = \sup_{x \in [x_1, x_2]} |f(x)| = \lim_{p \rightarrow \infty} \|f\|_{L_p[x_1, x_2]}.$$

Рассмотрим в $[x_1, x_2]$ уравнение

$$\frac{d^n u}{dx^n} - p(x)u = f(x), \quad (1)$$

где $p(x) \in S[x_1, x_2]$, $f(x) \in L_1[x_1, x_2]$.

Общее решение уравнения (1) отыскиваем из класса

$$C[x_1, x_2] \cap W_\infty^n[x_1, x_2] \quad (2)$$

Здесь $W_\infty^n[x_1, x_2]$ – класс функции $f(x)$, для которых

$$\frac{d^n f}{dx^n} \in S[x_1, x_2].$$

Замечание. Если $p(x), f(x) \in C[x_1, x_2]$, то решения, которые мы здесь построим, принадлежат классу $C^n[x_1, x_2]$.

Общее решение уравнения (1) построено при $n = 2$ в [1-4], а при $n = 3$ в [5].

Следует отметить, что общее решение линейных обыкновенных дифференциальных уравнений n -го порядка с переменными коэффициентами в явном виде в научных литературах не приведено.

2. Построение общего решения.

Интегрируя n раз уравнение (1), получим

$$u(x) = (Bu)(x) + \sum_{k=1}^n c_k (x - x_0)^{k-1} + g(x), \quad (3)$$

где c_1, c_2, \dots, c_n – произвольные действительные числа, $x_0 \in [x_1, x_2]$,

$$(Bu)(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^{y_1} \int_{x_0}^{y_2} \dots \int_{x_0}^{y_{n-1}} p(t)u(t) dt dy_{n-1} dy_{n-2} \dots dy_1,$$

$$g(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^{y_1} \int_{x_0}^{y_2} \dots \int_{x_0}^{y_{n-1}} f(t) dt dy_{n-1} dy_{n-2} \dots dy_1.$$

Действуя оператором B к уравнению (3), имеем

$$(Bu)(x) = (B^2u)(x) + (Bg)(x) + \sum_{k=1}^n c_k a_{k,1}(x), \quad (4)$$

где

$$(B^2u)(x) = (B(Bu)(x))(x),$$

$$a_{k,1}(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^{y_1} \int_{x_0}^{y_2} \dots \int_{x_0}^{y_{n-1}} (t-x_0)^{k-1} p(t) dt dy_{n-1} dy_{n-2} \dots dy_1.$$

Из (3) и (4) следует

$$u(x) = (B^2u)(x) + (Bg)(x) + g(x) + \sum_{k=1}^n c_k \left((x-x_0)^{k-1} + a_{k,1}(x) \right) \quad (5)$$

Опять действуем оператором B теперь к уравнению (5). Тогда получим

$$(Bu)(x) = (B^3u)(x) + (B^2g)(x) + (Bg)(x) + \sum_{k=1}^n c_k \left(a_{k,1}(x) + a_{k,2}(x) \right), \quad (6)$$

где

$$(B^k f)(x) = (B(B^{k-1} f)(x))(x),$$

$$a_{k,2}(x) = (B(a_{k,1}(x)))(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^{y_1} \int_{x_0}^{y_2} \dots \int_{x_0}^{y_{n-1}} p(t) a_{k,1}(t) dt dy_{n-1} dy_{n-2} \dots dy_1.$$

Из (3) и (6) следует

$$u(x) = (B^3u)(x) + g(x) + (Bg)(x) + (B^2g)(x) + (B^3g)(x) + \sum_{k=1}^n c_k \left((x-x_0)^{k-1} + a_{k,1}(x) + a_{k,2}(x) \right).$$

Продолжая эту процедуру m раз, получим интегральное представление решений уравнения (1):

$$u(x) = (B^m u)(x) + g(x) + \sum_{k=1}^n (B^k g)(x) + \sum_{k=1}^n c_k \left((x-x_0)^{k-1} + \sum_{l=1}^{m-1} a_{k,l}(x) \right), \quad (7)$$

где

$$a_{k,l}(x) = (B a_{k,l-1}(x))(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^{y_1} \int_{x_0}^{y_2} \dots \int_{x_0}^{y_{n-1}} p(t) a_{k,l-1}(t) dt dy_{n-1} dy_{n-2} \dots dy_1, \quad (l = \overline{2, m-1}).$$

Из вида функций $(B^k f)(x)$, $a_{k,l-1}(x)$ следует

$$\left| (B^m u)(x) \right| \leq |u|_1 \frac{(\sqrt[n]{|p|_0} \cdot |x-x_0|)^{nm}}{(mn)!}, \quad \left| (B^k g)(x) \right| \leq |g|_0 \frac{(\sqrt[n]{|p|_0} \cdot |x-x_0|)^{kn}}{(kn)!},$$

$$\left| a_{k,l}(x) \right| \leq |p|_0^l \frac{|x-x_0|^{nl}}{(nl)!}. \quad (8)$$

Здесь $|f|_0 = \sup_{x \in [x_1, x_2]} |f(x)|$, $|f|_1 = \max_{x \in [x_1, x_2]} |f(x)|$.

Если переходим к пределу при $m \rightarrow \infty$ в (7), то с учетом (8), получим

$$u(x) = \sum_{k=1}^n c_k \cdot I_k(x) + F(x), \quad (9)$$

где

$$I_k(x) = (x-x_0)^{k-1} + \sum_{m=1}^{\infty} a_{k,m}(x), \quad F(x) = g(x) + \sum_{m=1}^{\infty} (B^m g)(x)$$

Из неравенств (8) получим оценки

$$\left| I_k(x) \right| \leq \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(\sqrt[n]{|p|_0} \cdot |x-x_0|)^{nm}}{(nm)!}, \quad (k = \overline{1, n}), \quad \left| F(x) \right| \leq |g|_0 \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(\sqrt[n]{|p|_0} \cdot |x-x_0|)^{mn}}{(mn)!}.$$

Вронскиан функции $I_1(x), I_2(x), \dots, I_n(x)$ в точке x_0 отличен от нуля:

$$W(x_0) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1! & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & (n-1)! \end{vmatrix} \neq 0$$

Поэтому эти функции линейно независимы в $[x_1, x_2]$.

Легко можно убедиться в справедливости равенств

$$\frac{d^n I_k}{dx^n} - p(x)I_k = 0, \quad (k = \overline{1, n}), \quad \frac{d^n F}{dx^n} - p(x)F(x) = f(x).$$

Таким образом, справедлива следующая теорема.

Теорема 1. *Общее решение уравнения (1) имеет вид (9).*

3. Решение задачи Коши.

Задача Коши. *Требуется найти решение уравнения (1) из класса (2), удовлетворяющее начальным условиям*

$$\begin{aligned} \alpha_{11}u(x_0) + \alpha_{12}u'(x_0) + \dots + \alpha_{1n}u^{(n-1)}(x_0) &= \beta_1, \\ \alpha_{21}u(x_0) + \alpha_{22}u'(x_0) + \dots + \alpha_{2n}u^{(n-1)}(x_0) &= \beta_2, \\ \dots & \dots \\ \alpha_{n1}u(x_0) + \alpha_{n2}u'(x_0) + \dots + \alpha_{nn}u^{(n-1)}(x_0) &= \beta_n. \end{aligned} \tag{10}$$

где $\alpha_{kj}, (k, j = \overline{1, n}), \beta_k, (k = \overline{1, n})$ – заданные действительные числа,

$$u^{(k)}(x_0) = \left. \frac{d^k u}{dx^k} \right|_{x=x_0}$$

Решим задачу Коши. Для решения задачи Коши используем формулу (9).

Из вида функции $I_k(x), (k = \overline{1, n})$ и $F(x)$ следует

$$\begin{aligned} I_k^{(l)}(x_0) &= \begin{cases} (l-1)!, & \text{если } k=l, \\ 0, & \text{если } k \neq l, \end{cases} \quad (k = \overline{1, n}), \quad (l = \overline{1, n-1}), \\ I_k(x_0) &= \begin{cases} 1, & \text{если } k=1, \\ 0, & \text{если } k \neq 1, \end{cases} \\ F^{(k)}(x_0) &= 0, \quad (k = \overline{1, n-1}). \end{aligned} \tag{11}$$

Подставляя функцию $u(x)$, заданную по формуле (9), в начальные условия (10) и учитывая при этом равенства (11), получим систему n алгебраических уравнений с n переменными c_1, c_2, \dots, c_n :

$$\begin{cases} \alpha_{11} \cdot c_1 + 1! \cdot \alpha_{12} \cdot c_2 + \dots + (n-1)! \cdot \alpha_{1n} \cdot c_n = \beta_1, \\ \alpha_{21} \cdot c_1 + 1! \cdot \alpha_{22} \cdot c_2 + \dots + (n-1)! \cdot \alpha_{2n} \cdot c_n = \beta_2, \\ \dots \\ \alpha_{n1} \cdot c_1 + 1! \cdot \alpha_{n2} \cdot c_2 + \dots + (n-1)! \cdot \alpha_{nn} \cdot c_n = \beta_n. \end{cases} \tag{12}$$

Пусть

$$\Delta = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & 1! \cdot \alpha_{12} & \dots & (n-1)! \cdot \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & 1! \cdot \alpha_{22} & \dots & (n-1)! \cdot \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & 1! \cdot \alpha_{n2} & \dots & (n-1)! \cdot \alpha_{nn} \end{pmatrix}$$

Из (12) при $|\Delta| \neq 0$ получим

$$c_k = \frac{|\Delta_k|}{|\Delta|}, \quad (13)$$

где Δ_k – матрица, полученная из Δ заменой k -го столбца столбцом из свободных членов.

При $|\Delta| = 0$ для разрешимости алгебраической системы (12) необходимо и достаточно выполнения равенств

$$|\Delta_k| = 0, \quad (k = \overline{1, n}) \quad (14)$$

Таким образом, справедлива следующая теорема.

Теорема 2. При $|\Delta| \neq 0$ задача Коши имеет единственное решение, которое находится по формулам (9), (13). При $|\Delta| = 0$ для разрешимости задачи Коши необходимо и достаточно выполнения равенств (14). В этом случае задача имеет бесконечное множество решений, которые находятся по формуле (9), где c_k определяется из (12).

ЛИТЕРАТУРА

1 Tungatarov A., Akhmed-Zaki D.K. Cauchy problem for on class of ordinary differential equations // Int. Journal of Math. Analysis. – 2012. – Vol. 6, N 14. – P. 695-699.

2 Tungatarov A., Akhmed-Zaki D.K. General solution of second order linear ordinary differential equations with variable coefficients // Journal of Inequalities and Special functions. – ISSN: 2217-4303. – URL: <http://www.ILIRIAS.com>. – Vol. 3. – Issue 4 (2012). – P. 42-49.

3 Тунгатаров А., Ахмед-Заки Д. Задача Коши для одного класса обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия математика, механика и информатика. – 1911. – № 3(70). – С. 31-35.

4 Тунгатаров А., Ахмед-Заки Д.К. Задача типа Коши для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с переменными коэффициентами // Мат-лы VI-й междуна. научной конф. «Проблемы дифференциальных уравнений, анализа и алгебры», Актобе, 2012. – С. 165-168.

5 Тунгатаров А., Омарбаева Б., Уайсов Б. Задача типа Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка с переменными коэффициентами // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия математика, механика и информатика. – 2012. – № 2(73). – С. 49-55.

REFERENCES

1 Tungatarov A., Akhmed-Zaki D.K. Cauchy problem for on class of ordinary differential equations // Int. Journal of Math. Analysis. – 2012. – Vol. 6, N 14. – P. 695-699.

2 Tungatarov A., Akhmed-Zaki D.K. General solution of second order linear ordinary differential equations with variable coefficients // Journal of Inequalities and Special functions. – ISSN: 2217-4303. – URL: <http://www.ILIRIAS.com>. – Vol. 3. – Issue 4 (2012). – P. 42-49.

3 Tungatarov A., Ahmed-Zaki D. Zadacha Koshi dlja odnogo klassa obyknovennyh differencial'nyh uravnenij vtorogo porjadka // Vestnik KazNU im. al'-Farabi. Serija matematika, mehanika i informatika. – 1911. – № 3(70). – S. 31-35.

4 Tungatarov A., Ahmed-Zaki D.K. Zadacha tipa Koshi dlja linejnyh obyknovennyh differencial'nyh uravnenij vtorogo porjadka s peremennymi kojefficientami // Mat-ly VI-j mezhdun. nauchnoj konf. «Problemy differencial'nyh uravnenij, analiza i algebrы», Aktobe, 2012. – S. 165-168.

5 Tungatarov A., Omarbaeva B., Uaisov B. Zadacha tipa Koshi dlja obyknovennyh differencial'nyh uravnenij tret'ego porjadka s peremennymi kojefficientami // Vestnik KazNU im. al'-Farabi. Serija matematika, mehanika i informatika. – 2012. – № 2(73). – S. 49-55.

Резюме

А. Тунгатаров, Б. Омарбаева

(эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.)

n-ші РЕТТІ АЙНЫМАЛЫ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІ БАР ЖАЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ҮШІН КОШИ ЕСЕБІ

Мақалада *n*-ші ретті айнымалы коэффициенттері бар жай дифференциалдық теңдеулердің жалпы шешімі табылған және Коши есебі шешілген.

Кілт сөздер: *n*-ретті қарапайым дифференциалдық тедеу, Коши есебі, ауыспалы коэффициенттер, жалпы шешім.

Summary

A. Tungatarov, B. Omarbayeva

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty)

GENERAL SOLUTION OF n^{th} ORDER LINEAR ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION
WITH VARIABLE COEFFICIENTS

In this article the general solution of n^{th} order ordinary differential equations is found. The Cauchy problem for this equation is solved.

Keywords: ordinary differential equations n -order cauchy problem, the variable coefficients, the general solution.

Поступила 17.04.2013г.

И. О. ОРАЗОВ, А. Ш. ШАЛДАНБАЕВ

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, г. Шымкент)

ФОРМУЛА СЛЕДА ВОЛЬТЕРРОВА ОПЕРАТОРА ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ В ПРОСТРАНСТВЕ КРЕЙНА**Аннотация**

В настоящей работе вычислен след вольтеррова оператора Штурма-Лиувилля в пространстве Крейна М. Г.

Ключевые слова: оператор Штурма-Лиувилля, пространство Крейна, собственные значения, собственные функции.

Кілт сөздер: Штурма-Лиувилль операторы, Крейн кеңістігі, дәл мағыналар, дәл функциялар.

Keywords: Sturm-Liouville operator, Krein space, their own values, their own functions.

Рассмотрим в пространстве $H = L^2(0,1)$ вольтеррова оператор Штурма-Лиувилля

$$Ly = -y^{(n)}(x); \quad x \in (0,1) \quad (1)$$

$$U_i(y) = a_{i1}y(0) + a_{i2}y'(0) + a_{i3}y(1) + a_{i4}y'(1) = 0 \quad (i = 1,2), \quad (2)$$

где $a_{ij} (i = 1,2; j = 1,2,3,4)$ – произвольные комплексные постоянные.

Напомним, что оператор Штурма-Лиувилля (1)-(2) называется вольтерровым, если он не имеет собственных значений на всей комплексной плоскости.

Пусть оператор S определен формулой [см. 1, с. 42]

$$Su(x) = u(1-x), \quad x \in [0,1]. \quad (3)$$

Предположим, что оператор SL самосопряжен в пространстве H , тогда обратный оператор $(SL)^{-1}$ будет вполне непрерывным и самосопряженным оператором с полной и ортогональной системой собственных векторов в пространстве H . Более того, он является ядерным оператором, поэтому имеет конечный след [2, с. 125].

Вольтерровость оператора (1)-(2) обеспечивается условиями [см 3, с. 30]

$$\Delta_{24} = 0, \Delta_{14} + \Delta_{32} = 0, \quad \Delta_{13} = 0, \quad \Delta_{12} + \Delta_{34} \neq 0, \quad (4)$$

где $\Delta_{ij} = a_{1i}a_{2j} - a_{2i}a_{1j} \quad (i, j = 1,2,3,4)$.

Условия самосопряженности оператора SL отличаются от этих условий [см.п.б) теоремы 1], поэтому класс изучаемых нами операторов не пуст.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. Вычислить след оператора $(SL)^{-1}$, где L вольтерровый оператор Штурма-Лиувилля (1)-(2), а оператор S определен формулой (3).

2. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Рассмотрим в пространстве $H = L^2(0,1)$ интегрального оператора

$$Kf(x) = \int_0^1 k(x,t) f(t) dt, \quad (5)$$

где $f(t) \in L^2(0,1)$ и

$$\int_0^1 \int_0^1 |k(x,t)|^2 dx dt < \infty. \quad (6)$$

ЛЕММА 1. Оператор SK самосопряжен в пространстве H тогда и только тогда, когда имеет место равенство

$$K(x,t) = \overline{K(1-t, 1-x)},$$

где оператор S определен формулой (3).

При условии (6), оператор (5) является компактным в пространстве H .

ЛЕММА 2. Если

а) ядро $K(x, t)$ является замкнутым;

б) $K(x, t) = \overline{K(1-t, 1-x)}$;

в) имеет место неравенство (6),

то нормированные собственные функции $\varphi_n(x), n = 1, 2, \dots$ оператора SK и нормированные собственные функции $\psi_n(x)$ оператора KS образуют ортонормированный базис пространства H .

Эта лемма является следствием теоремы Гилберта-Шмидта.

ЛЕММА 3. При условиях леммы 2 имеет место разложения

$$а) K(x, 1-x) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n |\psi_n(x)|^2;$$

$$б) K^*(x, 1-x) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n |\varphi_n(x)|^2,$$

где $\psi_n(x) (n = 1, 2, \dots)$ ортонормированные собственные векторы оператора KS ; $KS\psi_n = \lambda_n\psi_n$, а $\varphi_n(x) (n = 1, 2, \dots)$ ортонормированные собственные векторы оператора SK ; $SK\varphi_n = \lambda_n\varphi_n$.

ЛЕММА 4. Если

$$а) \int_0^1 |k(x, t)|^2 dx dt < \infty;$$

б) $K(x, t) = \overline{K(1-t, 1-x)}$;

в) ядро $K(x, t)$ является замкнутым;

г) оператор K [см. ф. (5)] ядерный;

д) собственные функции операторов SK и KS непрерывны на отрезке $[0, 1]$ и ограничены по совокупности, то имеет место формула

$$tr(KS) = tr(SK) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n = \int_0^1 K(x, 1-x) dx.$$

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ТЕОРЕМА 1. Если

$$а) \Delta_{24} = 0, \Delta_{13} = 0, \Delta_{14} + \Delta_{32} = 0, \Delta_{12} + \Delta_{34} \neq 0;$$

$$б) \bar{\Delta}_{12} = e^{i\theta} \Delta_{12}, \quad \bar{\Delta}_{34} = e^{i\theta} \Delta_{34}, \quad \bar{\Delta}_{14} = -e^{i\theta} \Delta_{14}.$$

где

то оператор Штурма-Лиувилля (1)-(2) вольтерров, оператор SL имеет полную и ортогональную систему собственных векторов в пространстве H , оператор $(SL)^{-1}$ самосопряжен и компактен, а его след вычисляется по формуле

$$tr(SL)^{-2} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n} = \int_0^1 G(x, 1-x) dx = -\frac{1}{4}.$$

где $G(x, t)$ – ядро функций Грина оператора Штурма-Лиувилля, т.е. является ядром обратного оператора L^{-1} , оператора Штурма-Лиувилля L .

Отметим, что по теореме Лидского [2, с. 131] след вольтеррова и ядерного оператора всегда равен нулю. Наш оператор рассматривается в пространстве Крейна со скалярным произведением $[u, v] = (Su, v)$, поэтому след отличен от нуля.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кальменов Т.Ш., Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш. К спектральной теории уравнений с отклоняющимся аргументами // Математический журнал. – Алматы, 2004. – Т. 4, № 3. – С. 41-48.
- 2 Гохберг И.Ц., Крейн М.Г. Введение в теорию линейных несамосопряженных операторов в гильбертовом пространстве. – М.: Наука, 1965. – 448 с.
- 3 Кальменов Т.Ш., Шалданбаев А.Ш. О структуре спектра краевой задачи Штурма-Лиувилля на конечном отрезке времени // Изв. АН РК. Серия физ.-мат. – 2000. – № 3. – С. 29-34.

REFERENCES

- 1 Kal'menov T.Sh., Ahmetova S.T., Shaldanbaev A.Sh. K spektral'noi teorii uravnenii s otklonyayushim argumentami // Matematicheskii zhurnal. – Almaty, 2004. – T. 4, № 3. – 41-48 (in Russ.).
- 2 Gohberg I.C., Krein M.G. Vvedenie v teoriyu lineinyh nesamosopryazhennykh operatorov v gil'bertovom prostranstve. – M.: Nauka, 1965. – 448 (in Russ.).
- 3 Kal'menov T.Sh., Shaldanbaev A.Sh. O structure spectra kraevoi zadachi Shturma-Liuvillya na konechnom otrezke vremeni // Izv. AN RK. Serya phis.-math. – 2000. – № 3. – S. 29-34 (in Russ.).

Резюме

И. О. Оразов, А. Ш. Шалданбаев

(М. О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ.)

КРЕЙН КЕҢІСТІГІНДЕГІ ВОЛТЕРЛИ ШТУРМ-ЛИУВИЛЛЬ ОПЕРАТОРЫ ІЗІНІҢ ФОРМУЛАСЫ

Бұл еңбекте волтерлі Штурм-Лиувилль операторының Крейн кеңістігіндегі ізі табылған.

Кілт сөздер: Штурма-Лиувилль операторы, Крейн кеңістігі, дәл мағыналар, дәл функциялар.

Summary

I. O. Orazov, A. Sh. Shaldanbaev

(M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent)

THE TRACE FORMULA OF VOLTERRA STURM-LIOUVILLE OPERATOR IN THE KREIN SPACE

In this paper we evaluate the following Volterra Sturm-Liouville operator in the Krein space.

Keywords: Sturm-Liouville operator, Krein space, their own values, their own functions.

Поступила 22.04.2013 г.

К. М. ТУЛЕНБАЕВ, АБДУЛЛАХ ЙЫЛДЫРАЙ, РЕСУЛ УЗУНТАШ, Н. А. КУДАЙБЕРГЕНОВА

(Университет им. Сулеймана Демиреля)

НИЛЬПОТЕНТНОСТЬ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГЕБР

Аннотация

Статья посвящена описанию реализации алгоритма Бухбергера нахождения базиса Гребнера бикоммутативных алгебр.

Ключевые слова: алгоритм Бухбергера, бикоммутативные алгебры, базис Гребнера.

Кілт сөздер: Бухбергер алгоритмі, бикоммутативті алгебра, Гребнер базісі.

Keywords: Buchberger algorithm, Bicommutative algebra, Gröbner bases.

Эволюционные алгебры задаются следующими умножениями на базисных элементах:

$$e_i * e_j = 0$$

$$e_i * e_i = \sum_{k=1}^n a_{ik} e_k$$

Определение. Эволюционная алгебра A называется ниль-алгеброй, если для любого a существует натуральное $n = n(a)$, такое что $a^n = 0$.

Теорема 1. Пусть $A = \text{Lin}\langle e_1, \dots, e_n \rangle$ является эволюционной ниль-алгеброй, тогда для любого k и любых $i_1, i_2, \dots, i_k \in \{1, 2, \dots, n\}$, таких что $i_p \neq i_q$, если $p \neq q$ выполняется равенство $a_{i_1 i_2} a_{i_2 i_3} \dots a_{i_{k-1} i_k} = 0$ для структурных коэффициентов.

Доказательство: Основание индукции $(e_i * e_i) * e_i = a_{ii}(e_i * e_i) = 0 \Rightarrow a_{ii} = 0$

Аналогично

$$\left(\sum_{i=1}^k e_i \right)^{s+2} = \sum_{\phi \in S_k} a_{\phi(1)\phi(2)} a_{\phi(2)\phi(3)} \dots a_{\phi(k)\phi(1)} e_{\phi(1)}^2$$

$$\left(\sum_{i=1}^k e_i \right)^{s+2} = \sum_{i=1}^k \sum_{\phi \in S_k: \phi(1)=i} a_{\phi(1)\phi(2)} a_{\phi(2)\phi(3)} \dots a_{\phi(k)i} e_i^2$$

Обозначим $F_i = \sum_{\phi \in S_k: \phi(1)=i} a_{\phi(1)\phi(2)} a_{\phi(2)\phi(3)} \dots a_{\phi(k)i}$

Покажем, что $F_i = F_j$ для любых i и j .

Для любой перестановки $\phi \in S_k$ с условием $\phi(1)=i$ построим перестановку φ с условием $\varphi(1)=j$

и $a_{i\phi(2)} a_{\phi(2)\phi(3)} \dots a_{\phi(k)i} = a_{j\varphi(2)} a_{\varphi(2)\varphi(3)} \dots a_{\varphi(k)j}$. Ч. Д. Т.

Случайная последовательность называется Марковской цепью, если для каждого шага вероятность перехода из любого состояния S_i в любое состояние S_j не зависит от того, когда и как система S оказалась в состоянии S_i . Так как система S в любой момент t может пребывать только в одном из состояний S_1, \dots, S_n , то при каждом $k = 1, 2, \dots$ события $S_1(k), \dots, S_n(k)$ несовместны и образуют полную группу.

Основными характеристиками Марковских цепей являются вероятности $p_i(k) = p(S_i(k)) (i = 1, \dots, n; k = 1, 2, \dots)$ событий $S_i(k)$.

Вероятности $p_i(k) (i = 1, \dots, n; k = 1, 2, \dots)$ называются вероятностями состояний.

Таким образом, вероятность i состояния на k шаге $p_i(k)$ есть вероятность того, что система S от k до $(k+1)$ шага будет пребывать в состоянии S_i . Сумма вероятностей этих событий для каждого $k = 1, 2, \dots$ равна 1:

$$p = (p_{ij})_{i,j=1}^n = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix}, \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1, i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n p_i(k) = 1, k = 1, 2, \dots$$

Если переходные вероятности не зависят от шагов k , то Марковская цепь называется однородной. Если же хотя бы одна вероятность изменяется с изменением шага k , то цепь называется неоднородной. Запишем переходные вероятности в виде квадратной матрицы n порядка, сумма элементов каждой строки равна 1.

Наличие на размеченном графе стрелок и соответствующих им переходных вероятностей из одного состояния в другое означает, что эти вероятности отличны от нуля. Напротив, отсутствие стрелок из одного состояния в другое говорит о том, что соответствующие им переходные вероятности равны нулю. Вероятности задержек $p_{ii} (i = 1, \dots, n)$ можно подсчитать по формуле

$$p_{ii} = 1 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n p_{ij} = 1, (i = 1, \dots, n).$$

Вектор-строка вероятностей состояний $(p_1(0), \dots, p_n(0))$ в начальный момент времени $t = 0$, непосредственно предшествующий первому шагу, называется вектором первоначального распределения вероятностей.

Для однородной Марковской цепи вектор-строка вероятностей состояний от k до $(k+1)$ шага равна произведению вектора-строки вероятностей состояний от $(k-1)$ до k шага на матрицу переходных вероятностей: $(p_1(k), \dots, p_n(k)) = (p_1(k-1), \dots, p_n(k-1)) * P$.

Эволюционный оператор задается следующим образом:

$$L(e_i) = \sum_{k=1}^n p_{ki} e_k$$

$$\rho_j L(e_i) = p_{ji} e_j$$

$\| \rho_j L^{l+m}(e_i) \|$ – вероятность попадания из состояния e_i в e_j ровно за $(l+m)$ -шагов.

Следующие теоремы очевидны в силу определения эволюционного оператора.

Теорема 2. Пусть C – подмножество множество состояний системы $S = \{e_i\}$ является замкнутым в смысле вероятности, тогда и только тогда векторное пространство, натянутое на C , является подалгеброй.

Теорема 3. Множество состояний C марковской цепи X замкнуто, тогда и только тогда $\rho_j L(e_i) = 0 \forall e_i \in C, e_j \notin C$

Замкнутость множества состояний означает, что если цепь попадает в это множество состояний, то она не покидает данное множество.

У однородной Марковской цепи переходные вероятности постоянны, не зависят от шагов (практически каждая переходная вероятность на любом шаге пренебрежимо мало отличается от постоянной для нее величины).

Основными вероятностными прогнозными характеристиками Марковской цепи являются вероятности состояний на любом шаге $p_i(k) (i = 1, 2, \dots)$ [1].

Все многообразие Марковских цепей подразделяется на эргодические и разложимые.

Разложимые Марковские цепи содержат невозвратные состояния, называемые поглощающими. Из поглощающего состояния нельзя перейти ни в какое другое. На графе поглощающему

состоянию соответствует вершина, из которой не выходит ни одна дуга. В установившемся режиме поглощающему состоянию соответствует вероятность, равная 1.

Как указывалось выше, из поглощающего состояния нельзя перейти ни в какое другое, у поглощающих дискретных марковских цепей имеется множество, состоящее из одного или нескольких поглощающих состояний.

Теорема 4. Состояние e_k является поглощающим тогда и только тогда, когда e_k является идемпотентом в алгебраическом смысле, то есть $e_k * e_k = e_k$.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зарисский О., Самюэль Р. Коммутативная алгебра. – М.: ИЛ, 1963.
- 2 Dzhumadil'daev A. S., Tulenbaev K. M. Hilbert basis theorem for nonassociative algebras // Com. Algebra. 2013. № 4. (To be published).
- 3 Бухбергер Б. и др. Компьютерная алгебра: символьные и алгебраические вычисления. – М.: Мир, 1986.

REFERENCES

- 1 Zarisskij O., Samjujel' R. Kommutativnaja algebra. – M.: IL, 1963.
- 2 Dzhumadil'daev A. S., Tulenbaev K. M. Hilbert basis theorem for nonassociative algebras // Com. Algebra. 2013. № 4. (To be published).
- 3 Buhberger B. i dr. Komp'juternaja algebra: simvol'nye i algebraicheskie vychislenija. – M.: Mir, 1986.

Резюме

К. М. Түленбаев, Абдулла Йылдырай, Ресул Узунташ, Н. А. Құдайбергенова

(Сүлеймен Демирел атындағы университет)

ЭВОЛЮЦИОНДЫ АЛГЕБРАНЫҢ НИЛЬПОТЕНТТІЛІГІ

Мақала биокмутативті алгебраның Гребнер базисі жанында болатын Бухбергер алгоритмін жүзеге асырылуын сипаттауға арналған.

Кілт сөздер: Бухбергер алгоритмі, бикоммутативті алгебра, Гребнер базисі.

Summary

K. M. Tulenbayev, Abdullah Yildiray, Resul Uzuntash, N. A. Kudaibergenova

(Suleyman Demirel University)

NILPOTENCY OF EVOLUTION ALGEBRAS

The article describes the implementation of Buchberger's algorithm of finding a Gröbner basis bicommutative algebra.

Keywords: Buchberger algorithm, Bicommutative algebra, Gröbner bases.

Поступила 25.04.2013г.

К. М. ТУЛЕНБАЕВ, ДАСТАН ИЛИЯС, НУРЖАН ЖУНУСОВ

(Университет им. Сулеймана Демиреля)

АЛГОРИТМ БУХБЕРГЕРА ДЛЯ БИКОММУТАТИВНЫХ АЛГЕБР

Аннотация

В статье описывается алгоритм Бухбергера [3] построения редуцированного базиса Гребнера для бикоммутативных алгебр. Алгебру A называют бикоммутативной алгеброй, если выполняются два тождества: $a*(b*c) = b*(a*c)$ и $(a*b)*c = (a*c)*b$. В частности, базис Гребнера может быть применен для решения системы полиномиальных уравнений от нескольких переменных. В статье [2] доказано, что для любой свободной конечнопорожденной бикоммутативной алгебры выполняется теорема Гильберта о базисе [1]. Ниже мы рассмотрим последовательность действий сразу с реализацией алгоритма Бухбергера и начнем с того, что договоримся, как мы будем представлять основные структуры. Представление и операции с полиномами в общем случае алгоритм Бухбергера может быть применен для полиномов от произвольного конечного числа переменных.

Ключевые слова: алгоритм Бухбергера, бикоммутативные алгебры, базиса Гребнера.

Кілт сөздер: Бухбергер алгоритмі бикоммутативті алгебра Гребнер базісі.

Keywords: Buchberger algorithm, Bicommutative algebra, Gröbner basis.

Разберем случай двух переменных. Отдельный полином удобно представлять в виде двумерного массива его коэффициентов **TPolynomial**. Коэффициенты в массиве хранятся так, что индексы i и j массива – это степени переменных x и y в членах полинома. Такое представление полинома удобно тем, что умножение полинома на x или y в этом случае равносильно сдвигу массива вниз или вправо. С другой стороны, нам понадобится отдельный член полинома, который мы будем представлять записью **TMonom**, содержащей коэффициент и степени при переменных x и y . При таком представлении сложение полинома и отдельного члена (также как и вычитание) сводится к сложению коэффициентов.

Немного сложнее реализуется умножение полинома на отдельный член. Важно с самого начала определиться с порядком следования членов в полиноме. Дело в том, что далее нам понадобится сравнивать старшие члены двух полиномов, а это сравнение возможно только при заданном порядке следования. Кстати, от выбранного порядка следования зависит получаемый базис Гребнера. Выберем лексико-графический порядок для бикоммутативных алгебр, описанный в статье [2] – следования членов полинома (lex). Теперь мы можем написать процедуру, которая будет возвращать старший член полинома – она ищет в нашей матрице первый ненулевой коэффициент перебирая матрицу снизу вверх и в каждой строке справа налево. **S-полином** от двух полиномов f и g (обозначается как **S(f, g)**) специально "сконструирован" для сокращения старших членов двух полиномов. Не будем здесь приводить формулу для S-полинома, а просто покажем на примере, тем более что для объяснения формулы потребуется несколько страниц, а смысл очень простой. Пусть, например, есть два полинома:

$$f = x^3y^2 - x^2y^3 + x$$

$$g = 3x^4y + y^2$$

Умножим первый из них на $3x$, а второй на y , получим

$$f_1 = 3x^4y^2 - 3x^3y^3 + 3x^2$$

$$g_1 = 3x^4y^2 + y^3$$

Теперь вычтем из первого полинома второй и получим

$$f_1 - g_1 = -3x^3y^3 + 3x^2 - y^3$$

Это и есть S-полином от полиномов f и g .

Настала пора определиться, что же такое базис Гребнера. Грубо говоря (и нам достаточно такого определения), это множество многочленов. Будем представлять его как простой массив полиномов `list` и их количество `count` в списке (**TGBasis**). Еще одно определение – отношение

делимости двух членов полинома. Член \mathbf{m} полинома делит член \mathbf{k} полинома, когда степени всех переменных члена \mathbf{m} меньше или равны соответствующих степеней члена \mathbf{k} . Например, $2xy$ делит $3x^2y$ (получаем $3x/2$), а $3x^2y$ не делит $2xy$.

Перейдем собственно к редукции. Редукция полинома по базису – это последовательное вычитание старших членов полинома, которые делятся на старшие члены полиномов, входящих в базис. Процедура **Reduce** выполняет редукцию полинома F по текущему базису. Алгоритм следующий: В начале процедуры результат \mathbf{R} – полином, не содержащий ни одного члена. Для каждого полинома из базиса \mathbf{F} проверяем, делит ли его старший член ($\mathbf{F.LT}$) – старший член ($\mathbf{P.LT}$) исходного полинома \mathbf{P} . Если делит, полином \mathbf{F} умножаем на частное от этого деления (\mathbf{m}) и вычитаем из полинома \mathbf{P} . Цикл в этом случае начинаем снова с первого полинома из базиса. Если не делит, берем следующий полином из базиса и выполняем деление для него. Когда мы прошли все полиномы базиса и деления не было, старший член исходного полинома \mathbf{P} переносим в результат \mathbf{R} . С новым полиномом \mathbf{P} повторяем всю процедуру. Действия выполняются до тех пор, пока полином \mathbf{P} содержит хотя бы один член. Если после редукции получается полином, не содержащий ни одного члена, говорят, что полином редуцируется к нулю по базису.

Посмотрим выполнение алгоритма на примере. Пусть базис состоит из двух полиномов:

$$\begin{array}{l} y^2 - 1 \\ xy - 1 \end{array}$$

Выполним редукцию полинома $x^2y + xy^2 + y^2$ по этому базису. Берем старший член первого полинома y^2 . Он не делит старший член исходного полинома, поэтому переходим ко второму полиному. Старший член второго полинома xy делит старший член исходного. Выполняем умножение на частное от этого деления и вычитание:

$$x^2y + xy^2 + y^2 - x(xy - 1) = xy^2 + x + y^2$$

Цикл начинаем сначала (с первого полинома). Теперь его старший член делит старший член xy^2 . Выполняем еще одну операцию:

$$xy^2 + x + y^2 - x(y^2 - 1) = 2x + y^2$$

Теперь старший член $2x$ не делится ни одним старшим членом из базиса. Переносим старший член $2x$ в результат, а с остатком y^2 повторяем деление. Он делится на старший член первого полинома из базиса. Выполняем операцию:

$$y^2 - (y^2 - 1) = 1$$

Старший член 1 снова не делится ни одним старшим членом базиса. Переносим ее в результат и, так как остатка нет, завершаем выполнение. Итак, в результате редукции получили полином

$$2x + 1$$

Реализация данного алгоритма позволяет решать задачу о вхождении заданного элемента в заданный идеал свободной конечнопорожденной бикоммутативной алгебры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зарисский О., Самюэль Р. Коммутативная алгебра. – М.: ИЛ, 1963.
- 2 Dzhumadil'daev A. S., Tulenbaev K. M. Hilbert basis theorem for nonassociative algebras // Com. Algebra. 2013. – № 4 (To be published).
- 3 Бухбергер Б. и др. Компьютерная алгебра: символьные и алгебраические вычисления. – М.: Мир, 1986.

REFERENCES

- 1 Zarisskij O., Samjujel' R. Kommutativnaja algebra. – М.: IL, 1963.
- 2 Dzhumadil'daev A. S., Tulenbaev K. M. Hilbert basis theorem for nonassociative algebras // Com. Algebra. 2013. – № 4 (To be published).
- 3 Buhberger B. i dr. Komp'juternaja algebra: simvol'nye i algebraicheskie vychislenija. – М.: Mir, 1986.

Резюме

Түленбаев К. М., Дастан Илияс, Жүнісов Н.

(Сүлеймен Демирел атындағы университет)

БИКОММУТАТИВТІК АЛГЕБРА ҮШІН БУХБЕРГЕР АЛГОРИТМІ

Биокоммутативтік алгебра үшін Гребнердің ықшамдалған базисін құрудағы Бухбергер алгоритмі сипатталған. А алгебасын егер екі $a*(b*c) = b*(a*c)$ және $(a*b)*c = (a*c)*b$ ұқсастығы орындалса биокоммутативтік алгебра деп атайды. Негізінен Гребнер базисі бірнеше айнымалының көптеген тендеулері жүйесінің үшін қолданылуы мүмкін. Мақала кез келген биокоммутативті алгебраның еркін соңғы нәтижесі Гильберттің базис туралы теоремасымен орындалатыны дәлелденген. Төменде біз бірден Бухбергер алгоритмінің жүзеге асырылу әрекетінің реттілігін қарастырамыз, оның негізгі құрылымды қалай түсінетінімізден бастаймыз. Жалпы алғанда Бухбергер алгоритмі полиномдар үшін айнымалылардың еркін соңғы саны үшін қолданылуы мүмкін.

Кілт сөздер: Бухбергер алгоритмі биокоммутативті алгебра Гребнер базисі.

Summary

K. M. Tulenbayev, Dastan Ilias, Nurzhan Zhunusov

(Suleyman Demirel University)

BUCHBERGER ALGORITHM FOR BICOMMUTATIVE ALGEBRAS

This article describes the Buchberger algorithm [3] A reduced Gröbner basis for bicommutative algebra. Bicommutative algebra A is called an algebra if the following two identities: $a * (b * c) = b * (a * c)$ and $(a * b) * c = (a * c) * b$. In particular, the Gröbner basis can be applied to solve a system of polynomial equations in several variables. In [2] it is proved that for any free finite bicommutative algebra theorem holds Hilbert basis [1]. Below we describe the sequence of actions immediately with the implementation of Buchberger's algorithm and start with the fact that we agree will represent the main structure. Presentation and operations with polynomials in general Buchberger algorithm can be applied to polynomials of arbitrary finite number of variables.

Keywords: Buchberger algorithm, Bicommutative algebra, Gröbner basis.

Поступила 25.04.2013г.

Памяти ученого

ПАМЯТИ Диаса Кенжебековича ДАУКЕЕВА



Год назад (21 августа 2012 г.) ушел из жизни талантливый ученый-физик с энциклопедическими знаниями, обладавший высокими моральными качествами Даукеев Диас Кенжебекович. Это, несомненно, была большая потеря для Казахской физической науки.

Диас Кенжебекович являлся образцом ученого с широким кругозором, его глубокие знания в области физики твердого тела, радиационной физики и радиационного материаловедения, экспериментальной ядерной физики, радиационной экологии оставили яркий неизгладимый след в его многочисленных научных публикациях, в работах его учеников и последователей. Диаса Кенжебековича, как талантливого ученого, знали и ценили не только отечественные, но и многие зарубежные выдающиеся и известные ученые, с кем ему приходилось общаться и сотрудничать. Среди них соавторами его научных работ были такие известные физики, как Агранович В.Я., Конобеев Ю.В., Лебедев С.Я., Михлин Э.Я., Корсунский М.И., Кельман В.М., Саралидзе З., Наскидашвили И.А., Чкуасели В.Ф. и многие другие.

Диас Кенжебекович Даукеев родился 6 марта 1941 г. в г. Семипалатинске в семье работников народного образования. Он окончил с отличием среднюю школу в г. Семипалатинске в 1958 г. и с красным дипломом Томский государственный университет по специальности «Радиофизика и электроника» в 1963 г. В период с 1966 г. по 1970 г. учился в аспирантуре в Физико-энергетическом институте в г. Обнинске (РФ). В 1971 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Излучение электронной эмиссии, возникающей при прохождении осколков деления через тонкие металлические пленки» в Физико-энергетическом институте (г. Обнинск, РФ). В 1989 году защитил докторскую диссертацию на тему «Закономерности физических процессов в зоне облучения материалов осколками деления» в специализированном совете Московского института электронного машиностроения (РФ).

Основная научная деятельность Диаса Кенжебековича в период с 1964 по 1992 годы прошла в Институте ядерной физики АН КазССР, где он работал инженером, научным сотрудником, а с 1985 года заведующим лабораторией радиационной диффузии. Он был непосредственным организатором создания при ИЯФ АН

КазССР специализированного Совета по защите кандидатских и докторских диссертаций и его первым ученым секретарем, постоянным членом Совета.

Научные интересы Диаса Кенжебековича охватывали широкий спектр направлений: от физики полупроводников, радиационной физики твердого тела, высокотемпературных сверхпроводников, фундаментальных и прикладных исследований в области взаимодействия заряженных частиц с твердым телом до исследований проблем радиационной экологии, трансферта технологий. В частности, многоплановые исследования по проблемам физики взаимодействия осколков деления ядер урана с твердым телом, включали:

- исследования диффузии продуктов деления (ПД) через эмиттерные материалы термоэмиссионных преобразователей энергии деления ядер урана в электрическую;
- создание высокочувствительного термодесорбционного спектрометра, с помощью которого исследованы процессы термодесорбции гелия из реакторных материалов;
- разработку методик расчетов выхода продуктов деления из оболочек тепловыделяющих элементов при их работе в ядерных реакторах;
- разработку методов исследований кинетики распыления материалов осколками деления в активной зоне реактора ВВР-К;
- разработку методик исследований выходных характеристик вторичных частиц – электронов, ионов, атомов, эмитируемых из твердого тела при бомбардировке его поверхности осколками деления.

Полученные экспериментальные результаты имеют фундаментальное значение для построения теории взаимодействия высокоэнергетических тяжелых многозарядных ионов с твердым телом, в частности, для установления механизма передачи энергии из электронной подсистемы твердого тела в решеточную подсистему.

Практическая ценность полученных под руководством Диаса Кенжебековича научных результатов и разработанных методик подтверждается их широким использованием на экспериментальной базе реакторного комплекса ВВР-К, в Физико-энергетическом институте (г. Обнинск, РФ), Подольском научно-исследовательском технологическом институте, НПО «Энергия» (г. Москва, РФ), Институте теоретической и экспериментальной физики (г. Москва, РФ).

В 1989 году он проводил научные исследования процессов перемешивания при облучении кремния тяжелыми ионами методом Резерфордского обратного рассеяния в Салфордском университете (Великобритания), являлся научным советником магистратуры.

После получения независимости Казахстаном Диас Кенжебекович был назначен заместителем министра впервые созданного Министерства науки и новых технологий. Основным достижением его деятельности в этот период (1992–1995 годы) было создание системы государственной научно-технической экспертизы проектов и организация научно-технических центров. На посту заместителя министра он отвечал за внешние связи и информатизацию, курировал работу Национального ядерного центра и Центра по радиоэлектронике и связи, возглавлял работу по формированию Республиканских целевых программ «Развитие атомной энергетики в Казахстане», «Развитие радиоэлектроники в Казахстане», «Информатизация народного хозяйства Республики Казахстан», руководил работой НТС Министерства и представлял Казахстан в Межгосударственном научно-техническом совете.

В 1995 году Диас Кенжебекович стал заместителем генерального директора Национального ядерного центра РК и участвовал в радиоэкологических исследованиях на территории бывших ядерных полигонов. В качестве заместителя директора НЯЦ возглавлял работу технического комитета при Госстандарте по стандартизации методов радиологического контроля, подготовил несколько инвестиционных проектов, руководил рядом программ и проектов для НЯЦ и Министерства экологии и биоресурсов и возглавлял ВТК по государственной экологической экспертизе Балхашской атомной электростанции. В результате его деятельности была создана виртуальная радиоэкологическая лаборатория совместно с лабораторией Лос-Аламоса (США) в рамках проекта ЮНЕСКО и проведена оценка переноса радионуклидов подземными водами на Семипалатинском ядерном полигоне по проекту МНТЦ.

Особое место в деятельности Диаса Кенжебековича занимали проблемы передачи знаний и научно-педагогическая деятельность. Примером тому служат такие его прекрасные работы, как «Некоторые закономерности переноса знаний и технологий в производственную сферу», «Technology transfer problems for the Republic of Kazakhstan», «Курс лекций по диффузии радиоактивных элементов в твердом теле», «Курс лекций по радиационной экологии и воздействию излучений на объекты окружающей среды», а также ряд научных статей, посвященных радиоэкологическим проблемам в нефтепромысловых районах Казахстана.

Диас Кенжебекович внёс большой вклад в становление национальных научных кадров, подготовил пять кандидатов и одного доктора физико-математических наук. Преподавал курсы по радиационной экологии на казахском и русском языках в Алматинском государственном университете им. Абая. В 1993 году он стал членом Международного союза радиоэкологов, а в 1994 году ему было присвоено ученое звание профессора по физике.

В 1999 году Диас Кенжебекович был приглашен на работу в Национальную компанию «Казахойл», где курировал вопросы безопасности, охраны труда и окружающей среды, обучения местных кадров и

замещения ими иностранных специалистов на Карачаганакском месторождении. В 2002 – 2004 годах работал над аналогичными проектами в компаниях «КазТрансГаз» и «КазМунайГаз». За успешную работу в данной области награждён грамотами и памятным знаком «Почётный нефтяник РК».

В 2004 году Диасу Кенжебековичу была предложена должность декана факультета энергетики и нефтегазовой индустрии Казахстанско-Британского технического университета, а впоследствии – профессора, где он проработал до 2010 года. За это время он ввёл новые программы обучения на факультете с учётом зарубежного опыта, разработал учебно-методические комплексы по следующим дисциплинам – «Экология», «Радиационная экология», «Экология и энергетика», «Методы и средства контроля в промышленной экологии», «Экологический кодекс», «Экологический менеджмент». По этим дисциплинам он читал лекции на английском и русском языках, осуществлял руководство студентами по специальности «Прикладная экология», способствовал прохождению ими практики в крупных нефтегазовых компаниях («КазМунайГаз», «КазТрансГаз», Карачаганакский проект, Кашаганский проект и др.).

Диасом Кенжебековичом опубликованы свыше ста работ в области физики твёрдого тела, радиационной экологии и охраны окружающей среды, материаловедения, научного приборостроения и организации науки. Награжден Почетной грамотой Президиума АН КазССР (1991 г.) и Почетной грамотой Министерства энергетики и минеральных ресурсов РК (2003 г.).

О том, что Диас Кенжебекович был незаурядным человеком и талантливым ученым лучше всего свидетельствует высказывание Роберта Мэнсона, бывшего профессора Казахстанско-Британского Технического Университета: *«Мне очень нравится дискутировать с Диасом Даукеевым. Это очень яркий, оригинальный человек. Декан Диас для меня самый любимый коллега, который очень много знает. Это человек науки – настоящий учёный! Я помню все наши разговоры, которые были всегда по делу. Спасибо Вам, что я встретил Вас в жизни».*

Диас Кенжебекович, как человек с большой буквы, талантливый ученый и прекрасный наставник, сделавший много для развития казахстанской физической науки, пропаганды научных знаний, подготовки научных кадров и высококвалифицированных специалистов, навсегда останется в памяти и сердцах его коллег, учеников и всех тех, кто был сопричастен к совместному научному творчеству.

*Ж. Р. ЖОТАБАЕВ, доктор физико-математических наук,
профессор, Лауреат Государственной премии РК,
Т. Т. ТУСЕЕВ, доктор физико-математических наук, профессор,
кандидаты физико-математических наук –
И. В. ХРОМУШИН, Т. И. АКСЕНОВА, Б. И. МЕДЕУОВ, Р. Т. МУСУРМАНКУЛОВ,
коллеги – Р. Т. ЖОТАБАЕВА, С. И. КАСЫМОВ*

МАЗМҰНЫ

Теориялық физика

<i>Жүнісәлиев В.</i> Пертурбативті емес кванттау және турбуленттік: салыстыру.....	3
<i>Насирова Д.М.</i> Нейтронды жұлдыз қабықшасындағы үшбөлшектік нейтронды резонанстар мен реакциялар.....	8
<i>Сәрсембаева А.Т., Сәрсембай А.Т.</i> 2013 жылдың 11 сәуіріндегі күн жарқылы магниттігидродинамикалық үдерістері.....	14

Плазма, газдар және сұйықтар физикасы

<i>Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Әсембаева М.Қ., Мұхамеденқызы В., Федоренко О.В.</i> Құрамында әртүрлі концентрациялы сутегі, азот және метан бар газ жүйелерінің тиімді диффузия коэффициенттерінің температуралық тәуелділігі.....	18
--	----

Қатты дене физикасы және сызықты емес физика

<i>Бішімбаев У.К., Лепесов К.К.</i> Металсутекті энергетиканың қазіргі даму жолы.....	26
<i>Яр-Мұхамедова Г.Ш., Атишыбаев Р.А.</i> Нанокөмпозициялық қаптамалардың коррозияға беріктігін «Жаңажол» кен өндіру сулары жағдайында зерттеу.....	30
<i>Рягузов А.П., Абдуллин Х.А., Нұрмамытов Т.Е., Манабаев Н.К., Цыганов И.А., Асанова С.Б.</i> а-С: Н қабыршақтардың құрылымына конденсация шарттарының әсері.....	35
<i>Жанаева Л.П., Яр-Мұхамедова Г.Ш., Молдабаев М.М.</i> Көмпозициялық қаптамалардың микроқаттылығына нанодисперстік фазалар концентрациялары катынастарының әсерін зерттеу.....	40
<i>Усаров А.С.</i> КСl-Ge кристалдарындағы қоспа орталықтарының түстері.....	44
<i>Жұманова Б.Б., Яр-Мұхамедова Г.Ш.</i> Нанокөмпозициялық қаптамалардың коррозия үдерісі кезіндегі бет морфологиясының өзгерістерін оптикалық металлография әдісімен зерттеу.....	47
<i>Тәженбаева У.Ж., Яр-Мұхамедова Г.Ш.</i> Нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың Cr-Al(OH) ₃ коррозияға беріктілігін зерттеу.....	51
<i>Тоқтобақыева З.Я., Яр-Мұхамедова Г.Ш.</i> Нанокөмпозициялық қаптамалар бетінің морфологиясына тұндыру температурасының әсерін электрондық микроскопия әдісімен зерттеу.....	55
<i>Өміртаева М.Т., Яр-Мұхамедова Г.Ш., Молдабаев М.М.</i> Нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың коррозиялық тұрақтылығына тұндыру температурасының әсерін атомдық-күштік микроскопия әдісімен зерттеу.....	59
<i>Халықбергелқызы А., Яр-Мұхамедова Г.Ш.</i> Нанокөмпозициялық электролиттік қаптамалардың Cr-SiO ₂ -C коррозияға беріктілігін гравиметрлік әдісімен зерттеу.....	63

Атом ядросы және элементар бөлшектер физикасы

<i>Арғынова А.Х., Гайтинов А.Ш., Локтионов А.А., Харчевников П.Б.</i> JINR-AGS-SPS энергияларда ауыр және жеңіл ядролардың әрекеттестіктерінің бастапқы шарттарын бағалау.....	67
<i>Дінейхан М., Жансейітов Д.М., Азнабаев Д.Т., Исадықов А.Н., Валиолда Д.С.</i> R3B және EXL жобаларында протондар (E < 200 Мэв) мен гамма кванттарды (E < 30 Мэв) тіркеуге арналған сцинтилляциялық детекторларды зерттеу.....	72

Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

<i>Асылбеков Б.К., Қарымсақова Н.Т.</i> Төменгі-өтімді қабаттан радиалды сумен жоғары-өтімді арналарға мұнайды ығыстыру үдерісін зерттеу.....	77
<i>Өміргалиев Е.Н., Ысқақов С.Х., Кучин Я.В., Мұхамедиев Р.И.</i> Уран кен орындарының үлгілерді тану есептерінде машиналық оқыту әдістері.....	82
<i>Лисицын В.Н., Асанов А.Б.</i> Магнетрондық тозандатқыштың тұрақтандырушы коректендіру блогы.....	88
<i>Сарваров А.Х.</i> «Плазма электродинамикасының негіздері» пәні оқылғанда жаңа инновациялық технологияларды өңдеу.....	92
<i>Сыдықов Б.Д., Жантілеуов К.Қ., Тәуірбекова А.А.</i> Жоғары оқу орнында болашақ маманның кәсіби құзыреттілігін ақпараттық-коммуникациялық технологиялар негізінде қалыптастыру.....	98
<i>Солодовник А.А., Құдабаева Д.А., Крючков В.Н.</i> Маусымдық және маусымаралық күміс түстес бұлттардың жаһандық аумақ аудандарының вариациялары.....	102
<i>Тұңғатаров А., Омарбаева Б.</i> n-ші ретті айнымалы коэффициенттері бар жай дифференциалдық тендеулер үшін Коши есебі.....	108
<i>Оразов И.О., Шалданбаев А.Ш.</i> Крейн кеңістігіндегі волтерлі Штурм-Лиувиль операторы ізінің формуласы.....	113
<i>Түленбаев К.М., Абулла Йылдырай, Ресул Узунташ, Құдайбергенова Н.А.</i> Эволюцияны алгебраның нильпотенттілігі.....	116
<i>Түленбаев К.М., Дастан Илияс, Жүнісов Н.</i> Бикоммутативтік алгебра үшін Бухберге алгоритмі.....	119

Ғалымды еске алу

Диас Кенжебекұлы Дәукеев.....	122
-------------------------------	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретическая физика

<i>Джунушалиев В.</i> Непертурбативное квантование и турбулентность: сравнение.....	3
<i>Насирова Д.М.</i> Трехчастичные нейтронные резонансы и реакции в оболочках нейтронных звезд.....	8
<i>Сарсембаева А.Т., Сарсембай А.Т.</i> Магнитогидродинамические процессы солнечной вспышки 11 апреля 2013 г.	14

Физика плазмы, газов и жидкостей

<i>Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Асембаева М.К., Мукамеденкызы В., Федоренко О.В.</i> Температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии компонентов в газовых системах, содержащих водород, азот, метан в различных концентрациях.....	18
--	----

Физика твердого тела и нелинейная физика

<i>Бишимбаев В.К., Лепесов К.К.</i> Современное развитие металлородной энергетики.....	26
<i>Яр-Мухамедова Г.Ш., Атчибаев Р.А.</i> Исследование коррозионной стойкости наноструктурированных композиционных покрытий в условиях подварных вод месторождения «Жанажол».....	30
<i>Рязузов А.П., Абдуллин Х.А., Нурмамытов Т.Е., Манабаев Н.К., Цыганов И.А., Асанова С.Б.</i> Влияние условий конденсации на структуру пленок а-С:Н.....	35
<i>Жанаева Л.П., Яр-Мухамедова Г.Ш., Молдабаев М.М.</i> Изучение влияния соотношения концентраций нанодисперсной фазы на микротвердость композиционных покрытий.....	40
<i>Усаров А.С.</i> Примесные центры окраски в кристаллах KCl-Ge.....	44
<i>Жуманова Б.Б., Яр-Мухамедова Г.Ш.</i> Изучение изменения морфологии поверхности наноконпозиционных покрытий в процессе коррозии методом оптической металлографии.....	47
<i>Таженбаева У.Ж., Яр-Мухамедова Г.Ш.</i> Исследования коррозионной стойкости Cr-Al(OH) ₃ наноконпозиционных электролитических покрытий.....	51
<i>Токтобакиева З.Я., Яр-Мухамедова Г.Ш.</i> Электронномикроскопические исследования влияния температуры осаждения на морфологию поверхности.....	55
<i>Умуртаева М.Т., Яр-Мухамедова Г.Ш., Молдабаев М.М.</i> Исследование влияния температуры осаждения на коррозионную стойкость наноконпозиционных электролитических покрытий методом атомно-силовой микроскопии.....	59
<i>Халықбергелқызы А.</i> Гравиметрические исследования коррозионной стойкости наноконпозиционных электролитических покрытий Cr-SiO ₂ -C.....	63

Физика атомного ядра и элементарных частиц

<i>Аргынова А.Х., Гайтинов А.Ш., Локтионов А.А., Харчевников П.Б.</i> Оценка начальных условий взаимодействий тяжелых и легких ядер при JINR-AGS-SPS энергиях.....	67
<i>Динейхан М., Джансейтов Д.М., Азнабаев Д.Т., Исадыков А.Н., Валиолда Д.С.</i> Исследование сцинтилляционных детекторов, нацеленных на регистрацию протонов (E < 200 МэВ) и гамма квантов (E < 30 МэВ) в проекте R3B и EXL.....	72

Теоретические и экспериментальные исследования

<i>Асилбеков Б.К., Карымсакова Н.Т.</i> Исследование процесса вытеснений нефти из низкопроницаемого пласта водой с радиальными высокопроницаемыми каналами.....	77
<i>Амирғалиев Е.Н., Исаков С.Х., Кучин Я.В., Мухамедиев Р.И.</i> Методы машинного обучения в задачах распознавания пород на урановых месторождениях.....	82
<i>Лисицын В.Н., Асанов А.Б.</i> Стабилизированный блок питания магнетронного распылителя.....	88
<i>Сарваров А.Х.</i> Разработка новых инновационных технологий по изложению курса «Основы электродинамики плазмы».....	92
<i>Сыдыхов Б.Д., Жантлеуов К.К., Таурбекова А.А.</i> Подготовка будущих специалистов в высших учебных заведениях на основе информационно-коммуникационных технологий.....	98
<i>Солодовник А.А., Кудабаяева Д.А., Крючков В.Н.</i> Сезонные и межсезонные вариации площади глобального поля серебристых облаков.....	102
<i>Тунгатаров А., Омарбаева Б.</i> Задача типа Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений n-порядка с переменными коэффициентами.....	108
<i>Оразов И.О., Шалданбаев А.Ш.</i> Формула следа вольтеррова оператора Штурма-Лиувилля в пространстве Крейна.....	113
<i>Туленбаев К.М., Абдулла Йылдырай, Ресул Узунташ, Кудайбергенова Н.А.</i> Нильпотентность эволюционных алгебр.....	116
<i>Туленбаев К.М., Дастан Глияс, Нуржан Жунусов.</i> Алгоритм Бухбергера для бикоммутативных алгебр.....	119

Памяти ученого

Диас Кенжебекович Даукеев.....	122
--------------------------------	-----

CONTENTS

Theoretical physics

- Dzhunushaliev V.* Nonperturbative quantization and turbulence: the comparison..... 3
Nassirova D.M. The three-particle neutron resonance and reaction in neutron-star crust..... 8
Sarsembayeva A.T., Sarsembay A.T. 11 April 2013 solar flare: magnetohydrodynamic processes..... 14

Physics of plasma, gases and liquids

- Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Asembaeva M.K., Mukamedenkyzy V., Fedorenko O.V.* Temperature dependences of the effective diffusion coefficients of components in the gas systems containing hydrogen, nitrogen and methane in the different concentrations..... 18

Solid-state physics and nonlinear physics

- Bishimbaev U., Lepessov K.* Modern metal hydrogen energy development..... 26
Yar-Mukhamedova G.Sh., Atchibayev R.A. Research of corrosion resistance of nanostructured composite coatings in produced water of «Janajol» deposit..... 30
Ryaguzov A.P., Abdullin H.A., Nurmamyrov T.E., Manabaev N.K., Cyganov I.A., Asanova S.B. Effects of condensation on the structure films of a-C: H..... 35
Zhanaeva L.P., Yar-Mukhamedova G.Sh., Moldabaev M.M. The study of the ratio of the influence of nanodisperse phase concentrations on the microhardness of composite coatings..... 40
Usarov A. S. Impurity color centers in crystals KCl-Ge..... 44
Zhumanova B.B., Yar-Mukhamedova G.Sh. The study of changing surface morphology of nano-composite coatings during corrosion using optical metallographic method..... 47
Tazhenbayeva U.Zh., Yar-Mukhamedova G.Sh. Investigation of corrosion resistance of Cr-Al(OH)₃ nano-composition electrolyte coatings..... 51
Toctobakyeveva Z.Ya., Yar-Mukhamedova G.Sh. Electron microscopy investigation of temperature influence on nano-composition coatings surface morphology..... 55
Umurtaeva M.T., Yar-Mukhamedova G.Sh., Moldabaev M.M. Investigation of obtaining sediment temperature influence on nano-composition electrolytic coatings corrosion resistance by atom-force microscope method..... 59
Khalykbergenkyzy A., Yar-Mukhamedova G.Sh. Gravimetric investigation of corrosion resistance of nano-composition electrolytic coatings Cr-SiO₂-C..... 63

Nuclear physics and elementary particles

- Argynova A.H., Gaytinov A.Sh., Loktionov A.A., Harchevnikov P.B.* Initial evaluation of interaction heavy and light nuclei at JINR-AGS-SPS energies..... 67
Dineikhan M., Janseitov D.M., Aznabaev D.T., Issadykov A.N., Valiolda D.S. Investigation of scintillation detectors, aimed at detection of protons (E < 200 Mev) and gamma rays (E < 30 Mev) in the project R3B and EXL..... 72

Theoretical and experimental researches

- Asilbekov B.K., Karimsakova N.T.* Исследование процесса вытеснений нефти из низкопроницаемого пласта с водой радиальными высокопроницаемыми каналами..... 77
Amirgaliyev Ye.N., Isakov S.X., Kuchin Ya.V., Mukhamediyev R.I. Methods of machine leaning in tasks of recognition of breeds on uranium fields..... 82
Lisitsyn V.N., Asanov A.B. Stabilized power unit for magnetron sprayer..... 88
Sarvarov A. The development of new innovative technologies at teaching the subject «The basis of plasma electrodynamics»..... 92
Sydykhov B.D., Zhantleuov K.K., Taurbekova A.A. Improvement of information and computer orientation of students are particularly applications of information technology education in the learning process..... 98
Solodovnik A.A., Kudabayeva D.A., Krjuchkov V.N. Seasonal variations of space and the offseason global field of noctilucous clouds..... 102
Tungatarov A., Omarbayeva B. General solution of n^{th} order linear ordinary differential equation with variable coefficients..... 108
Orazov I.O., Shaldanbaev A.Sh. The trace formula of voltaerra Sturm-Liouville operator in the Krein space..... 113
Tulenbayev K.M., Abdullah Yildiray, Resul Uzuntash, Kudaibergenova N.A. Nilpotency of evolution algebras..... 116
Тулєнбаєв К.М., Дастан Ільяс, Нуржан Жунусов. Алгоритм Бухбергера для бикоммутативных алгебр..... 119

Memorable dates

- Dias Kenzhebekovich Daukeev*..... 122

Редактор *М. С. Ахметова, Ж. М. Нургожина*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 03.06.2013.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
8,0 п.л. Тираж 3000. Заказ 3.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛОВ НАН РК

В журналах публикуются научные статьи и заметки, экспресс-сообщения о результатах исследований в различных областях естественно-технических и общественных наук.

Журналы публикуют сообщения академиков НАН РК, а также статьи других ученых, **представленные** действительными членами НАН РК (академиками НАН РК), несущими ответственность за достоверность и значимость научных результатов и актуальность научного содержания рекомендуемых работ.

Представленные для опубликования материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Содержать результаты оригинальных научных исследований по актуальным проблемам в области физики, математики, механики, информатики, биологии, медицины, геологии, химии, экологии, общественных и гуманитарных наук, ранее не опубликованные и не предназначенные к публикации в других изданиях. Статья сопровождается разрешением на опубликование от учреждения, в котором выполнено исследование и **представлением** от академика НАН РК.

2. Статья представляется в одном экземпляре. Размер статьи не должен превышать 5-7 страниц (статьи обзорного характера – до 15 стр.), включая аннотацию в начале статьи перед основным текстом, которая должна отражать цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы (**аннотация** не менее 1/3 стр. через 1 компьютерный интервал, 12 пт), таблицы, рисунки, список литературы (12 пт через 1 компьютерный интервал), напечатанных в редакторе Word 2003, шрифтом Times New Roman 14 пт, с пробелом между строк 1,5 компьютерных интервала, поля – верхнее и нижнее 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см. Количество рисунков – не более пяти. В начале статьи вверху слева следует указать индекс **УДК**. Далее посередине страницы прописными буквами (курсивом) – инициалы и фамилии авторов, должность, степень, затем посередине строчными буквами – название организации(ий), в которой выполнена работа и город, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи; Аннотация на языке статьи, **ключевые слова**. В конце статьи даются резюме на двух языках (русском (казахском), английском, перевод названия статьи, также на 3-х языках данные автора). Последняя страница подписывается всеми авторами. Прилагается электронный вариант на CD-диске.

3. Статьи публикуются на русском, казахском, английском языках. К статье необходимо приложить на отдельной странице Ф.И.О. авторов, название статьи, наименование организации, город, аннотации на двух языках (на казахском и английском, или русском и английском, или казахском и русском), а также сведения об авторах (уч.степень и звание, адрес, место работы, тел., факс, e-mail).

4. Ссылки на литературные источники даются цифрами в прямых скобках по мере упоминания. Список литературы оформляется следующим образом:

1. *Адамов А.А.* Процессы протаивания грунта // Доклады НАН РК. 2007. №1. С. 16-19.

2. *Чудновский А.Ф.* Теплообмен в дисперсных средах. М.: Гостехиздат, 1994. 444 с.

3. В случае переработки статьи по просьбе редакционной коллегии журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. Если статья отклонена, редакция сохраняет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

ВНИМАНИЕ!!!

С 1 июля 2011 года вводятся следующие дополнения к Правилам:

После списка литературы приводится список литературы в романском алфавите (References) для SCOPUS и других БАЗ ДАННЫХ полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите (латиница).

В References не используются разделительные знаки («//» и «←»). Название источника и выходные данные отделяются от авторов типом шрифта, чаще всего курсивом, точкой или запятой.

Структура библиографической ссылки: авторы (транслитерация), название источника (транслитерация), выходные данные, указание на язык статьи в скобках.

Пример ссылки на статью из российского переводного журнала:

Gromov S.P., Fedorova O.A., Ushakov E.N., Stanislavskii O.B., Lednev I.K., Alfimov M.V. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1991, 317, 1134-1139 (in Russ.).

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу, используя различные системы. Программа очень простая, ее легко использовать для готовых ссылок. К примеру, выбрав вариант системы Библиотеки Конгресса США (LC), мы получаем

изображение всех буквенных соответствий. Вставляем в специальное поле весь текст библиографии на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит».

Преобразуем транслитерированную ссылку:

- 1) убираем транслитерацию заглавия статьи;
- 2) убираем специальные разделители между полями (“/”, “-”);
- 3) выделяем курсивом название источника;
- 4) выделяем год полужирным шрифтом;
- 5) указываем язык статьи (in Russ.).

Просьба к авторам статей представлять весь материал в одном документе (одном файле) и точно следовать Правилам при оформлении начала статьи: посередине страницы прописными буквами (курсивом) – фамилии и инициалы авторов, затем посередине строчными буквами – название организации (ий), в которой выполнена работа, и город, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи. Затем следует аннотация, ключевые слова на 3-х языках и далее текст статьи.

Точно в такой же последовательности следует представлять резюме на двух других языках в том же файле только на отдельной странице (Ф.И.О. авторов, название статьи с переводов на 2 других языка, наименование организации, город, резюме). Далее в том же файле на отдельной странице представляются сведения об авторах.

Тел. Редакции 272-13-19

Оплата:

ТОО Исследовательский центр НАН РК

Алматинский филиал АО БТА Банк

KZ 44319A010000460573

БИН 060540019019, РНН 600900571703

КБЕ 17, КНП 859, БИК АВКЗКЗКХ

За публикацию в журнале 1. Доклады НАН РК, Вестник НАН РК, Известия НАН РК. Серия _____ 5000 тенге

Сайт НАН РК:<http://akademiyanauk.kz/>