

ISSN 2224-5227

2012•2

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



REPORTS OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Бас редактор
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

ҚР ҰҒА-ның академиктері: **У.Қ. Бішімбаев, З.Д. Дүйсенбеков, Т.И. Есполов, Б.Т. Жұмағұлов, С.З. Зиманов**,
Т.Ә. Қожамқұлов, Т.Ә. Момынов, С.С. Сартаев, Д.Қ. Сүлеев, И.В. Северский; ҚР ҰҒА-ның шетелдік
мүшелері: Әзірбайжан ҰҒА-ның академигі **Керимов М.К.**, Украина ҰҒА-ның академигі **Гончарук В.В.**, РҒА-ның
корреспондент мүшесі **Величкин В.И.**; экономика ғылымдарының докторы, проф. **Ж.М. Әділов**, медицина
ғылымдарының докторы, проф. **А.А. Ақанов**, экономика ғылымдарының докторы, проф.
И.Қ. Бейсембетов, заң ғылымдарының докторы, проф. **Е.А. Оңғарбаев**

МАЗМҰНЫ

Математика

Қалбаева А.Т., Құракбаева С.Д., Бренер А.М. Ортоотроптық ортадағы су бөгетін жырып өткен судың сүзгілену есебін шешудің алгоритмі..... 5

Механика

Искаков Ж. Жұмсақ серпімді сызықты емес сипаттамасы және сызықты емес тұтқыр кедергісі бар тік қатан теңгерілмеген гироскоптық ротордың резонанстық тербелістері..... 11

Аспан механикасы

Беков А.А., Шыныбаев М.Д., Белес А.О., Садуақасова Ж.С., Астемесова К.С., Өсіпбекова Д.И. Жасанды Жер серігінің Жердің тартылыс өрісіндегі параболалық қозғалысының түрі (интервалы $\alpha_2 < w < \alpha_1$, жағдайы $v(t) = v_0^2 t^2$)..... 18

Шыныбаев М.Д., Беков А.А., Әшірбаев Х.А., Өтенов Н.М., Әбжапбаров А.А., Тілеубердиев Б. Сынақ денесінің гиперболалық қозғалыстағы полярлық координаттарын Хилл өрісінде жаңа әдіспен анықтау жолы..... 24

Беков А.А., Шыныбаев М.Д., Жапбаров С.А., Әбжапбаров А.А., Қырғызбаев А. Хилл өрісіндегі сынақ дене үшін цилиндрлік координаттарды анықтау әдісінің жаңа түрі..... 28

Химия

Насиров Р. Мұнайдағы ванадий және оны мұнайды өңдеу, іздестіру, өндіру істеріне пайдалану..... 34

Жер туралы ғылымдар

Пономарева Е.И., Бисенғалиева М.Р., Мұқышева А.С., Қойжанова А.К., Осиповская Л.Л. Күмістің сольватты кешенді қосылыстарының термодинамикалық және құрылымдық есептеулері..... 39

Козлов В.А., Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Квятковская М.Н. Құрамында ураны бар шикізаттардан сирек жер элементтерін алу мүмкіндіктері..... 42

Рогов А.Е., Рогов Е.А. Металдарды сілтісіздендіру кезіндегі диффузиялық еруінің жаңа заңдылықтары туралы..... 48

Рогов А.Е. Гравитация күші әсерімен ерітінділерді сүзгіден өткізу теориясына..... 53

Адилов Ж.М. Тау-кен өндірісінің технологиялық дамуы..... 57

Биология

Мұхамбетжанов С.К., Рахымбаев И.Р., Өтеулин К.Р., Ережепов А.Е. Биотехнологияның инновациялық дамуы: қазіргі жағдайы..... 62

Бурашева Г.Ш., Рахимов К.Д., Абілев Ж. Қырғыз түйе шөлінен (*alhagi kirgisorum schrenk*) жасалған биологиялық белсенді кешеннің химиялық-фармакологиялық ерекшеліктері..... 69

Мыңбаева Б. Н. Қалалық топырақтардың күйінің биологиялық зерттеулері үшін тестеуді мультисубстрат әдісі..... 82

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» I ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «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 №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 218-220, тел. 261-06-33, 272-13-19, 272-13-18

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

академики НАН РК: **В.К. Бишимбаев**, **З.Д. Дюсенбеков**, **Т.И. Есполов**, **Б.Т. Жумагулов**, **С.З. Зиманов**,
Т.А. Кожамкулов, **Т.А. Муминов**, **С.С. Сартаев**, **Д.К. Сулеев**, **И.В. Северский**; иностранные члены
НАН РК: академик НАН Азербайджана **Керимов М. К.**, академик НАН Украины **Гончарук В.В.**, член-
корреспондент РАН **Величкин В. И.**; доктор экономических наук, проф. **Ж.М. Адилов**, доктор медицинских
наук, проф. **А.А. Аканов**, доктор экономических наук, проф. **И.К. Бейсембетов**, доктор юридических наук,
проф. **Е.А. Онгарбаев**

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Калбаева А.Т., Куракбаева С.Д., Бренер А.М. Алгоритм решения задач фильтрации воды через дамбу с прорывами в ортотропной среде..... 5

Механика

Искаков Ж. Резонансное колебание вертикального жесткого гироскопического ротора с мягкой нелинейной упругой характеристикой..... 11

Небесная механика

Беков А.А., Шинибаев М.Д., Белес А.О., Садуакасова Ж.С., Астемесова К.С., Усипбекова Д.И. Параболический тип движения ИСЗ в нестационарном поле тяготения земли (интервал $\alpha_2 < w < \alpha_1$, случай $v(t) = v_0^2 t^2$)..... 18

Шинибаев М.Д., Беков А.А., Аширбаев Х.А., Утепов Н.М., Абжапбаров А.А., Тилеубердиев Б. Новый метод представления полярных координат пробного тела в поле тяготения Хилла в случае гиперболического типа движения..... 24

Беков А.А., Шинибаев М.Д., Жаппаров С.А., Абжапбаров А.А., Киргизбаев Ж.А. Новый метод определения цилиндрических координат пробного тела в поле тяготения Хилла..... 28

Химия

Насиров Р. Ванадий в нефти и его использование при переработке, поиске и добыче углеводородов..... 34

Науки о земле

Пономарева Е.И., Бисенгалиева М.Р., Мукушева А.С., Койжанова А.К., Осиповская Л.Л. Расчет термодинамических и структурных характеристик сольватных комплексов серебра..... 39

Козлов В.А., Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Квятковская М.Н. О возможности извлечения редкоземельных элементов из урансодержащего сырья..... 42

Рогов А.Е., Рогов Е.А. О новой закономерности диффузионного растворения металлов при их выщелачивании..... 48

Рогов А.Е. К теории фильтрации растворов под действием сил гравитации..... 53

Адилов Ж.М. Технологическое развитие горнодобывающей промышленности..... 57

Биология

Мухамбетжанов С.К., Рахимбаев И.Р., Утеулин К.Р., Ережепов А.Е. Инновационное развитие биотехнологии: современное состояние..... 62

Бурашева Г.Ш., Рахимов К.Д., Абилов Ж. Химико-фармакологические особенности биологически активного комплекса из травы верблюжьей колючки киргизской (*alhagi kirgisorum schrenk*)..... 69

Мынбаева Б. Н. Метод мультисубстратного тестирования для биологических исследований состояния городских почв..... 82

Editor-in-chief

academician of NAS of the RK **M.Zh. Zhurinov**

Editorial staff:

academicians of NAS of the RK: **V.K. Bishimbaev, Z.D. Duisenbekov, T.I. Espolov, B.T. Zhumagulov, S.Z. Zimanov**, **T.A. Kozhamkulov, T.A. Muminov, S.S. Sartayev, D.K. Suleev, I.V. Seversky**; foreign members of the NAS of RK: academician of the NAS of Azerbaijan **Kerimov M. K.**, academician of the NAS of Ukraine **Goncharuk V.V.**, corresponding member of the RAS **Velichkin V.I.**; doctor of economic sciences, prof. **Zh.M. Adilov**, doctor of medical sciences, prof. **A.A. Akanov**, doctor of economic sciences, prof. **I.K. Beisembetov**, doctor of juridical sciences, prof. **E.A. Ongarbaev**

CONTENTS

Mathematics

Kalbaeva A.T., Kurakbaeva S.D., Brener A.M. Solving algorithm for problems of water filtration through a dam with breaks in orthotropic media..... 5

Mechanics

Iskakov Zh., Kalbayeva A.T., Kurakbayeva S.D., Brener A.M., Algorithm of solving problems of a water filtration through a dam with breaks in the orthotropic medium..... 11

Celestial mechanics

Bekov A.A., Shinibaev M.D., Beles A.O., Saduakasova Zh.S., Astemesova K.S., Usipbekova D.I. Parabolic type motion of Artificial Earth Satellite in non-stationary Earth gravitational field (interval $\alpha_2 < w < \alpha_1$, case $v(t) = v_0^2 t^2$)..... 18

Shinibaev M.D., Bekov A.A., Ashirbaev H.A., Utenov N.M., Abzhapbarov A.A., Tileuberdiev B. A new method for representing the polar coordinates of a test body in a gravitational field in the case of Hill's hyperbolic motion..... 24

Bekov A.A., Shinibaev M.D., Zhapparov S.A., Abzhapbarov A.A., Kirgizbaev J.A. A new method determining the cylindrical coordinates of a test body in gravitational field of the Hill..... 28

Chemistry

Nasirov R. Vanadium in crude oil and its use in processing, searching and production of hydrocarbons..... 34

Earth science

Ponomaryova E.I., Bisengalieva M.R., Mukusheva A.S., Koizhanova A.K., Osipovskaya L.L. Calculation of thermodynamic and structural characteristics of solvate silver complexes..... 39

Kozlov V.A., Surkova T.YU., Yulussov S.B., Kvyatkovskaya M.N. About possibility of extraction of rare-earth elements from uraniferous raw materials..... 42

Rogov A.E., Rogov E.A. The new law diffusion dissolution of metals at their alkalis..... 48

Rogov A.E. To the theory of a filtration of solutions under the influence of gravitation forces biology..... 53

Adilov Zh.M. Technological development of the mining industry..... 57

Biology

Mukhambetzhannov S.K., Rakhimbaev I.R., Uteulin K.R., Erezhepov A.E. Innovative development of biotech: the current state..... 62

Burashева G.Sh., Rakhimov K.D., Adilov Zh. Chemical Pharmacological features of biologically active complex from a grass of a alhagi kirgisorum schrenk..... 69

Mynbayeva B. N. Method of multisubstrate testing for biological studies of urban soils..... 82

УДК 519.67

А.Т. КАЛБАЕВА, С.Д. КУРАКБАЕВА, А.М. БРЕНЕР

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ДАМБУ С ПРОРЫВАМИ В ОРТОТРОПНОЙ СРЕДЕ

ЮКГУ имени М.Ауезова, г.Шымкент

Исследование процесса фильтрации грунтовых и сточных вод из открытых водоемов через насыпные дамбы является актуальной задачей, т.к. непосредственно связано с вопросами защиты окружающей среды от катастроф. В статье представлены результаты исследования и алгоритм численного решения задач фильтрации воды через дамбу с прорывами в случаях изотропной и ортотропной среды. В работе использовали метод граничных элементов, продемонстрировавший большие возможности для решения сложных задач со свободными границами. На основе этого метода разработана методика расчета фильтрации жидкости через дамбу, позволяющая решать различные задачи со свободными поверхностями с учетом прорывов в перегородке, ограничивающей дамбу. Эта методика реализована в алгоритмах и программных комплексах. Достоверность получаемых данных с использованием методики и программ расчета подтверждена решением ряда тестовых задач и сравнением численных исследований с апробированными методами.

Применение методов математического моделирования для решения задач фильтрации через гидравлические сооружения является актуальной практической задачей /1/. Использование математического аппарата для решения такого класса задач позволяет провести анализ и дать оценку в случае аварийной ситуации, возникающей в результате трещинообразования гидротехнических сооружений под воздействием фильтрационного потока. Для решения данных задач целесообразно применение метода граничных элементов /2/.

В данной статье приводится алгоритм численного решения задач фильтрации воды через прорывы дамбы в случае среды с изотропными и ортотропными свойствами /3-5/.

Рассмотрим математическую модель среды плотины в случае однородности и изотропности. Поэтому задача сводится к уравнению Лапласа относительно скорости u :

$\Delta u = 0$ с граничными условиями: $q=0$ на непроницаемой границе (поверхность AF на рисунке 1), $u=const$ на поверхностях ABC и EF пористой среды, $u = x_2$ на фильтрующей поверхности DE, $u = x_2$ и $q=0$ на свободной поверхности CD, где $q = \frac{\partial u}{\partial n}$ – поток.

На рисунке 1а приведена схема грунтового блока, образующего плотину, показаны уровни воды в водоеме и после фильтрации через блок, а также граничные условия для каждого участка границы грунтового блока, в том числе и для свободной границы CD (иначе будем называть свободной поверхностью).

Для реализации метода граничных элементов вся граница грунтового блока разбита на 24 граничных элемента, как показано на рисунке 1б. Для простоты, не теряя физической сущности процесса, грунтовый блок плотины был принят в виде прямоугольной трапеции. Высота верхнего и нижнего бьефов составила соответственно 0,5 и 0,1 относительно поверхности отсчета. При численном расчете этой задачи начальное положение свободной поверхности задается произвольным образом. Затем в процессе решения положение свободной поверхности уточнялось на каждой итерации до необходимой точности. Окончательное положение свободной поверхности получено после 6-ой итерации /2/.

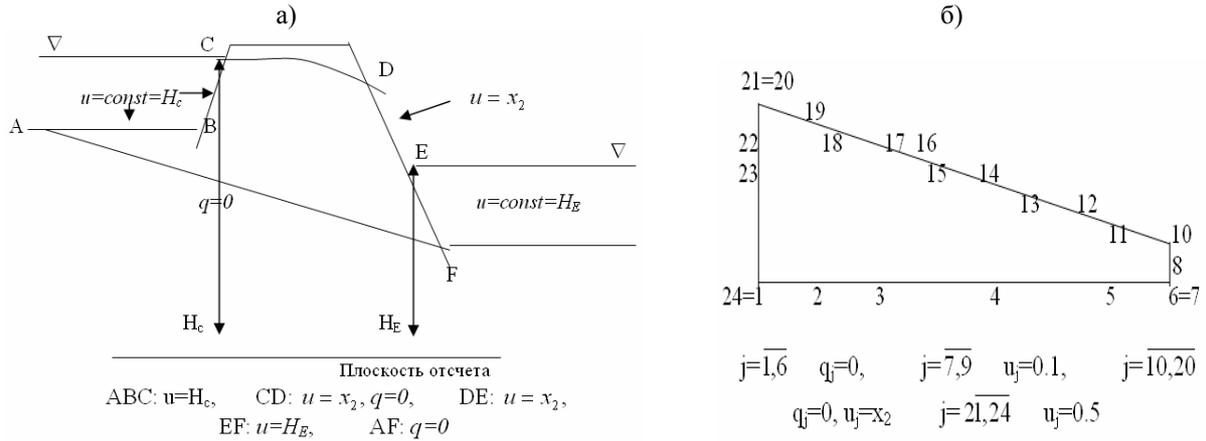


Рис.1. Схема грунтового блока с граничными условиями

Приведем алгоритм решения задачи:

1. Вводим узловые точки.

2. Находим нормали $n^j = (n_1^j, n_2^j)$,

где $n_1^j = \frac{x_2^{j+1} - x_2^j}{l_j}$; $n_2^j = -\frac{x_1^{j+1} - x_1^j}{l_j}$ для линейных граничных элементов; где

$l_j = \sqrt{(x_1^{j+1} - x_1^i)^2 + (x_2^{j+1} - x_2^i)^2}$ - длина j-го элемента. $l_6, l_{20}, l_{24} = 0$.

3. Находим коэффициенты влияния: $x_1 = \frac{(1-\eta)x_1^j + (1+\eta)x_1^{j+1}}{2}$;

$x_2 = \frac{(1-\eta)x_2^j + (1+\eta)x_2^{j+1}}{2}$; $\eta = -1$: $x_1 = x_1^j$, $x_2 = x_2^j$ то есть (x_1^j, x_2^j) $\eta = 1$: $x_1 = x_1^{j+1}$,

$x_2 = x_2^{j+1}$ то есть (x_1^{j+1}, x_2^{j+1})

4. Находим $h_{ij}^1 = \int_{\Gamma_j} \varphi_1 q^* d\Gamma$ - криволинейный интеграл 1-го рода.

$$\varphi_1 = \frac{1}{2}(1-\eta); d\Gamma = |J|d\eta$$

$$q_{ij}^* = \frac{\partial u_{ij}^*}{\partial n^j} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{(1/r_{ij})} \frac{(-1)}{r_{ij}^2} \frac{1}{2r_{ij}} (2(x_1^j - x_1^i)n_1^j + 2(x_2^j - x_2^i)n_2^j) = -\frac{1}{2\pi} \frac{1}{r_{ij}^2} (\overline{r_{ij}^j}, n^j)$$

$$\Rightarrow h_{ij}^1 = \int_{-1}^1 \frac{1-\eta}{2} \left(-\frac{1}{2\pi} \frac{1}{r_{ij}^2} (\overline{r_{ij}^j}, \overline{\eta^j}) \right) |J| d\eta$$

где $r^{ij} = (x_1^j - x_1^i, x_2^j - x_2^i)$; $r_{ij}^2 = (x_1^j - x_1^i)^2 + (x_2^j - x_2^i)^2$

$(\overline{r_{ij}^j}, n^j) = (x_1^j - x_1^i)n_1^j + (x_2^j - x_2^i)n_2^j$ - скалярное произведение.

$$|J| = \sqrt{x_1'^2(\eta) + x_2'^2(\eta)} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}(x_1^{j+1} - x_1^j)\right)^2 + \left(\frac{1}{2}(x_2^{j+1} - x_2^j)\right)^2} - \text{якобиан} = \frac{d\Gamma}{d\eta}$$

Для вычисления этого определенного интеграла используем стандартные формулы гауссовых квадратур. В итоге приходим к виду:

$$h_{ij}^1 = \sum_{k=1}^4 \frac{1-\eta_k}{2} \left(-\frac{1}{2\pi} \frac{1}{r_{ij_k}^2} (r_{ij_k}^2, \overline{n^j}) \right) |J| \frac{W_k}{2}$$

точка j_k соответствует η_k на j -том элементе.

W_k делится на два, т.к. сумма весов равна 2. Аналогично для h_{ij}^1 :

$$h_{ij}^2 = \sum_{k=1}^4 \frac{1+\eta_k}{2} \left(-\frac{1}{2\pi} \frac{1}{r_{ij_k}^2} (r_{ij_k}^2, \overline{n^j}) \right) |J| \frac{W_k}{2}$$

Если $j=6,20,24$, то $h_{ij}^1, h_{ij}^2 = 0$, так как $l_j=0$ и если $i=j$, то $h_{ii}^1 = 0, h_{ii}^2 = 0$, так как $r_{ii_k} \perp n^i \Rightarrow (r_{ii_k}, n^i) = 0$ $r_{ii_k} \perp n^i \Rightarrow (r_{ii_k}, n^i) = 0$

Аналогично находим:

$$g_{ij}^1 = \int_{\Gamma_j} \varphi_1 u^* d\Gamma = \int_{-1}^1 \frac{1-\eta}{2} \left(\frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{ij}} \right) |J| d\eta = \sum_{k=1}^4 \frac{1-\eta_k}{2} \left(\frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{ij_k}} \right) |J| \frac{W_k}{2},$$

$$g_{ij}^2 = \int_{\Gamma_j} \varphi_2 u^* d\Gamma = \int_{-1}^1 \frac{1+\eta}{2} \left(\frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{ij}} \right) |J| d\eta = \sum_{k=1}^4 \frac{1+\eta_k}{2} \left(\frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{ij_k}} \right) |J| \frac{W_k}{2}.$$

Если $j=6,20,24$, то $g_{ij}^1, g_{ij}^2 = 0$, т.к. $l_j=0$

где $g_{ij}^k = \int_{\Gamma_j} \varphi_k u_{ii_k}^* d\Gamma$ - коэффициент влияния, характеризующий связь между точкой I и узлом k на j -том элементе.

$$\text{Найдем: } g_{ii}^1 = \frac{1}{2\pi} \frac{l_i}{2} \left(\frac{3}{2} - \ln l_i \right), \quad g_{ii}^2 = \frac{1}{2\pi} \frac{l_i}{2} \left(\frac{3}{2} - \ln l_i \right)$$

5. Нахождение компонентов матриц H_{ij} и G_{ij} :

$$G_{ij} = g_{ij-1}^2 + g_{ij}^1, i = \overline{1, N}; j = \overline{2, N} \quad G_{i1} = g_{iN}^2 + g_{i1}^1, i = \overline{1, N}$$

$$H_{ij} = h_{ij-1}^2 + h_{ij}^1, i = \overline{1, N}; j = \overline{2, N}; i \neq j \quad H_{i1} = h_{iN}^2 + h_{i1}^1, i = \overline{1, N}$$

6. Получаем систему уравнений $AY=F$, которую решаем методом Гаусса и найдем решение $Y = (y_1, \dots, y_N)$

$$j = \overline{1, 6}: a_{ij} = H_{ij}, f_i = f_i + G_{ij} q_j \quad j = \overline{7, 9}: a_{ij} = -G_{ij}, f_i = f_i - H_{ij} u_j$$

$$j = \overline{10, 20}: a_{ij} = H_{ij}, f_i = f_i + G_{ij} q_j \quad j = \overline{21, N}: a_{ij} = -G_{ij}, f_i = f_i - H_{ij} u_j$$

7. На свободной границе $j = \overline{10, 20}: u_j = y_j$ сравнением u_j и x_2^j по дополнительному условию: максимальная разность между вычисленными значениями потенциала и высотой каждого узла, лежащего на свободной поверхности, не должна превышать 0,1% высоты, то есть если

$$\frac{|u_j - x_2^j|}{u_j} < 0,001 \text{ при } j = \overline{10, 20}, \text{ то искомое решение получено, если это не так, то } x_2^j = u_j \text{ и}$$

переходим к шагу 2. В случае, если со стороны водоема имеется преграда, предотвращающая фильтрацию, то возможно нарушение герметичности преграды с последующим прорывом дамб. На рисунке 2 показаны некоторые возможные случаи расположения прорывов:

а) два прорыва в непроницаемой преграде дамбы (рисунок 2а), б) прорыв в центре преграды дамбы, а также на дне непроницаемая пластина (рисунок 2б). Схема грунтового блока дамбы в рассматриваемых случаях показаны на рисунке 2в, 2г.

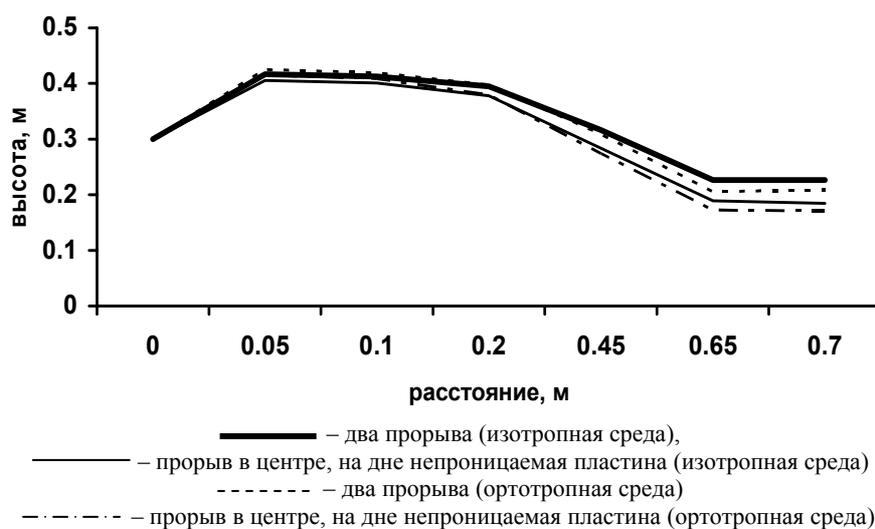


Рис.4. Сравнение расчетных результатов для потенциала скорости при течении через дамбу для изотропной и ортотропной среды при коэффициентах $k_1=0.4$, $k_2=0.8$

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. При фильтрации воды через дамбу с двумя прорывами в перегородке дамбы свободная поверхность располагается выше, т.е. смачивание грунта происходит в большем объеме, чем при прорыве в центре перегородки в случае ортотропной среды при различных коэффициентах.

2. Смачивание тела дамбы в случае изотропной среды происходит в большем объеме, чем для ортотропной среды.

Проведенное исследование подтверждает возможности использования метода граничных элементов для решения сложных задач фильтрации жидкости в неоднородных средах. Поскольку такие задачи часто возникают в процессе проектирования различных гидротехнических сооружений, актуальной задачей в плане развития данной методологии является разработка алгоритмов решения нестационарных задач фильтрации с учетом развития струйных течений в грунте. Именно эти задачи и будут предметом дальнейших исследований авторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреббия К., Телес Ж., Врубель Л. Методы граничных элементов. – М.: Мир, 1987. -524с.
2. Калбаева А.Т., Бердалиева Г.А. Численное исследование фильтрации жидкости через дамбу с водонепроницаемыми закладными элементами // Сборник научных трудов аспирантов, магистрантов, стажеров-исследователей ЮКГУ им. М.Ауезова. Шымкент, 2002-№3, с.8-11
3. Калбаева А.Т., Куракбаева С.Д., Серимбетов М.А. Применение метода граничных элементов для решения задач фильтрации воды через дамбу // Наука и образование Южного Казахстана. –2010. – №2 (81). – С. 84-87.
4. Калбаева А.Т., Куракбаева С.Д., Бренер А.М. Моделирование фильтрации через дамбу с прорывами в ортотропных средах // Сборник статей V Международной научной конференции «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане» (часть IV), естественно-технические науки.- Алматы: 24-25 ноября, 2011. – С. 105-108.
5. Калбаева А.Т., Куракбаева С.Д., Бренер А.М. Решение задач фильтрации воды через дамбу с прорывами // Наука и образование Южного Казахстана. –2010. – №6 (85). – С. 84-87.

REFERENCES

1. Brebbija K., Teles Zh., Vroubel L. *Metody granichnykh jelementov*. M.: Mir, 1987, 524p. (in Russ.).
2. Kalbaeva A.T., Berdalieva G.A. *Chislennoe issledovanie fil'tracii zhidkosti cherez dambu s vodonepronaemymi zakladnymi jelementam. Sbornik nauchnykh trudov aspirantov, magistrantov, stazherov-issledovatelej UKGU im. M.Auezova*. Shymkent, 2002, №3, P.8-11 (in Russ.).
3. Kalbaeva A.T., Kurakbaeva S.D., Serimbetov M.A. *Primenenie metoda granichnykh jelementov dlja reshenija zadach fil'tracii vody cherez dambu. Nauka i obrazovanie Juzh-nogo Kazahstana*. 2010. №2 (81). –P. 84-87. (in Russ.).
4. Kalbaeva A.T., Kurakbaeva S.D., Brenner A.M. *Modelirovanie fil'tracii cherez dambu s proryvami v ortotropnykh sredah. Sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Innovacionnoe razvitie i vostrebovannost' nauki v sovremennom Kazahstane» (chast' IV) estestvenno-tehnicheskie nauki*. Almaty: 24-25 nojabrja, 2011. P. 105-108. (in Russ.).
5. Kalbaeva A.T., Kurakbaeva S.D., Brenner A.M. *Reshenie zadach fil'tracii vody che-rez dambu s proryvami. Nauka i obrazovanie Juzhnogo Kazahstana*. 2010. №6 (85). P. 84-87. (in Russ.).

Қалбаева А.Т., Құрақбаева С.Д., Бренер А.М.

ОРТОТРОПТЫҚ ОРТАДАҒЫ СУ БӨГЕТІН ЖЫРЫП ӨТКЕН СУДЫҢ
СҮЗГІЛЕНУ ЕСЕБІН ШЕШУДІҢ АЛГОРИТМІ

Ортотроптық және изотроптық ортадағы су бөгетін жырып өткен судың сүзгілену есебін зерттеудің нәтижелері және сандық шешудің алгоритмі келтірілген. Шекаралық элементтер әдісін және есептеу бағдарламасын қолданып алынған нәтижелердің дұрыстығы бірқатар тестілеу есептерін шешу, сандық зерттеулерді сыналған әдістермен және нақты мәліметтермен салыстыру арқылы тексерілген.

Kalbaeva A.T., Kurakbaeva S.D., Brenner A.M.

SOLVING ALGORITHM FOR PROBLEMS OF WATER FILTRATION THROUGH A DAM WITH
BREAKS IN ORTHOTROPIC MEDIA

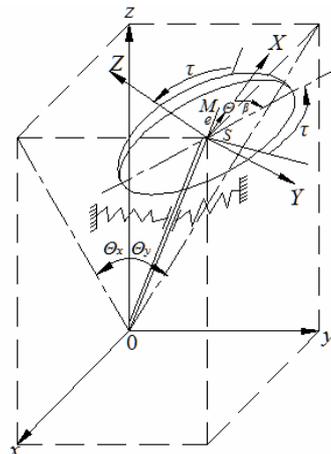
In our work the main research results and algorithm of the numerical solving of problems of water filtration through a dam with breaks are submitted in cases of isotropic and orthotropic media. In work we used the method of the boundary elements which have shown the good possibilities for solving problems with free boundaries. On the basis of this method the methodology for calculating liquid filtration through soil dam allowing to solve various problems with free surfaces taking into account breaks in the dam body has been carried out.

ЖҰМСАҚ СЕРПІМДІ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТҮТҚЫР КЕДЕРГІСІ БАР ТІК ҚАТАҢ ТЕҢГЕРІЛМЕГЕН ГИРОСКОПТЫҚ РОТОРДЫҢ РЕЗОНАНСТЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕРІ

Алматы энергетика және байланыс университеті

Дискісінің еңкіштігі мен массасының дисбалансы, жұмсақ серпімді сызықты емес сипаттамасы және тұтқыр сызықты емес кедергісі бар тік қатаң гироскоптық ротор қарастырылады. Ротордың қозғалысын толық сипаттау үшін машинаның динамикалық моделі құрылды. Ол үшін ротордың кинетикалық энергиясының, диссипаттық сызықты емес функцияның, серпімді тірегінің геометриялық сызықты емес сипаттамасы ескерілген потенциалық энергиясының, сыртқы күштер моменттерінің өрнектері табылды және Лагранж түрінде қозғалыс теңдеулері жазылды. Мәжбүр тербеліс теңдеулерінің шешімдерін Фурье қатарына жіктеу және гармоникалық баланс әдістерімен бас гармониканың амплитудасы мен фазасы анықталып теңгерілмегендіктің, ротор сипаттамасының сызықты еместік шамаларының оның резонанстық тербелістеріне әсері зерттелді.

1-суретте ротордың геометриялық сұлбасы ұсынылған. Ротор білігінің ұзындығы L , қатаңдығы EI , төменгі шарнирлі және онан ℓ_0 қашықтықтағы жоғарғы серпімді тіректің көмегімен тік орнатылған. Серпімді тіректе айқын диссипаттық қасиеттерімен ерекшеленетін материалдар, мысалы, резеңке пайдаланылады. Біліктің бос ұшына массасы m (салмағы G), үйектік инерция моменті I_p және кез келген бағыт үшін бірдей көлденең инерция моменті I_T болатын диск бекітілген. Біліктің ω айналу жылдамдығының жоғары болғандықтан ротордың қозғалмайтын нүктесі біліктің төменгі нүктесі болатын гироскоп деп қарастыруға болады. Білік қатаң болғандықтан дискінің S геометриялық центрінің x, y координаталарын оның кеңістіктегі ауытқу θ_x, θ_y бұрыштарымен және $\varphi = \omega t$ бұрылу бұрышымен өрнектеуге болады. Сызықты эксцентриситет e SX осінде жатыр, бұрыштық τ эксцентриситеттің бағдарынан β бұрышына қалады деп ұйғарамыз. Ротор білігінің кіші ауытқуларымен шектелеміз, сол себепті есептеулерде $e, \tau, \theta_x, \theta_y$ аз шамаларына қатысты сызықты мүшелерді ғана ескереміз және ротордың бойлық орын ауыстырулары еленбейді.



1-сурет. Ротордың геометриясы

Жүйенің кинетикалық және потенциялық энергияларының, сызықты емес диссипаттық функциясының және сыртқы күштердің моменттерінің өрнектерін таба отырып қозғалыс теңдеулерін Лагранж формасында құрамыз. Өлшемсіз параметрлерді келесі формулалар

$$\varepsilon = e/L; \ell = \ell_0/L; \bar{t} = t(2EI/mL^3)^{1/2}; \Omega = \omega(mL^3/2EI)^{1/2}; \bar{I}_p = I_p/mL^2; \bar{I}_T = I_T/mL^2; \\ K_1 = k_1(L^3/EI); K_2 = k_2(L^5/EI); P = G(L^2/EI); \mu_1 = \mu_{e1}(1/E \text{Im } L); \mu_2 = \mu_{e2}/mL^2; \quad (1)$$

көмегімен ендіріп, қозғалыс теңдеулерінің оң жақтарында

$$M = \sqrt{[(\Omega^2 + P)\varepsilon + H\tau\Omega^2 \cos \beta]^2 + H\tau^2\Omega^4 \sin^2 \beta} \\ (2) \text{ мәжбүрлеуші моменттің амплитудасы өрнегінің және оның} \\ \gamma = \text{arctg} \frac{H\tau\Omega^2 \sin \beta}{(\Omega^2 + P)\varepsilon + H\tau\Omega^2 \cos \beta} \quad (3)$$

- бастапқы фазасы өрнегінің белгілеулерін пайдаланып бір ғана гармониялық функциялармен өрнектеп қозғалыс теңдеулеріне ықшам түр беруге болады

$$(1 + \bar{I}_T)\theta_x'' + \bar{I}_p\Omega\theta_y' + \mu_1\theta_x' + \mu_2\theta_x'^2 + (K_1\ell^2 - P)\theta_x + K_2\ell^3\theta_x^2 = M \cos(\Omega\bar{t} + \gamma), \quad (4)$$

$$(1 + \bar{I}_T)\theta_y'' - \bar{I}_p\Omega\theta_x' + \mu_1\theta_y' + \mu_2\theta_y'^2 + (K_1\ell^2 - P)\theta_y + K_2\ell^3\theta_y^2 = M \sin(\Omega\bar{t} + \gamma) \quad (5)$$

Бұл жерде μ_1 – тұтқыр кедергі күшінің сызықты компонентінің коэффициенті; μ_2 – осы күштің сызықты емес құраушысының коэффициенті; K_1 – тіректе пайда болатын серпімділік күшінің сызықты құраушысының коэффициенті; K_2 – серпімділік күшінің сызықты емес құраушысының коэффициенті; $H = \bar{I}_p - \bar{I}_T$ – дискінің шартты қалыңдығы.

Сонымен қарастырып отырған роторымыздың стационар қозғалыстағы күйі Дурфинг типіндегі дифференциалдық теңдеулер (4) және (5) жүйесімен сипатталады екен.

Әдетте сыртқы әсердің периодына тең периодпен периодтық шешімін қарастыру туралы сөз болғанда (4) және (5) теңдеулерінің шешімдерін коэффициенттері анықталмаған Фурье қатарларына қарапайым жіктеу әдісі қолданылады. Коэффициентер мүшелерінің шектелген, әдетте көп емес санын ескергендегі гармониялық баланс әдісі [1,2] арқылы анықталуы мүмкін.

Сызықты емес тұтқыр кедергісі және физикалық сызықты емес серпімді сипаттамасы бар гироскоптық ротор негізгі жиілік бойынша резонансқа зерттеледі. Мұндай ротордың серпімді тірегі пайда болған тербелістердің демпфері ретінде пайдаланылатын физикалық сызықты емес резеңке, каучук және басқа полимерлер түріндегі материалдардан жасалынады. Олардың айқын өрнектелген диссипаттық қасиеттері сызықты емес тұтқыр кедергімен сипатталады [3].

Мәжбүрлеуші моменттің жиілігіне тең тербеліс жиілігіндегі қарапайым гармониканың негізгі резонансы жағдайында (4)-(5) теңдеулерінің шешімдерін жуықтау

$$\theta_x = A_0 + A_1 \cos(\Omega\bar{t} + \alpha_1) \quad (6)$$

$$\theta_y = A_0 + A_1 \sin(\Omega\bar{t} + \alpha_1) \quad (7) \text{ теңдеулерін қанағаттандырады. Гармоникалық баланс әдісін [1,2]}$$

пайдаланғаннан кейін негізгі резонанстың амплитудалық – және фазалық – жиіліктік (АЖ және ФЖ) тәуелділіктері алынады:

$$(K_1\ell^2 - P)A_0 + K_2\ell^3 A_0^2 + \frac{1}{2}(\mu_2\Omega^2 + K_2\ell^3)A_1^2 = 0, \quad (8)$$

$$\left\{ (1-H)(\Omega^2 - \omega_*^2) \right\}^2 + \mu_1^2\Omega^2 \left\{ A_1^2 = M^2, \quad (9) \right.$$

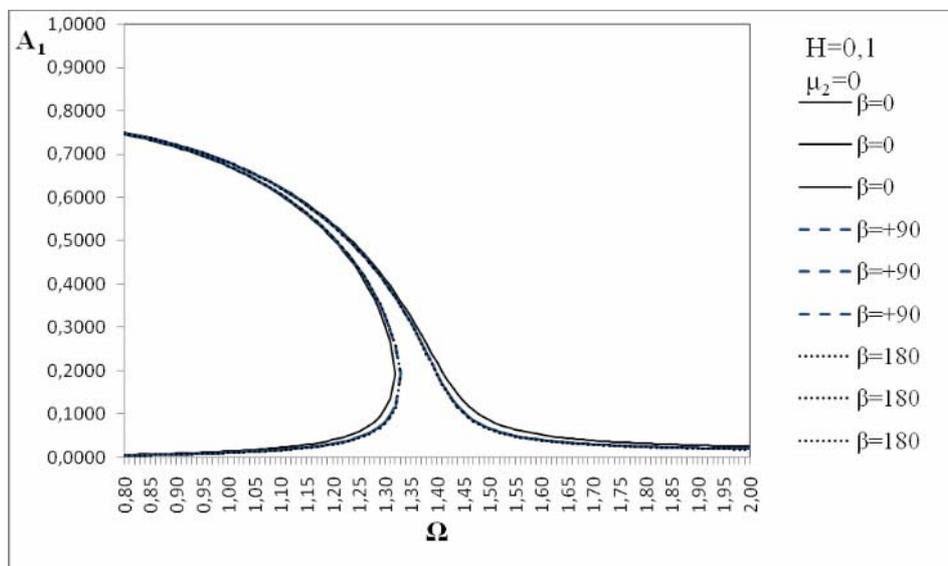
$$\text{tg} \alpha_1 = \frac{(1-H)(\Omega^2 - \omega_*^2) \text{tg} \gamma + \mu_1\Omega}{(1-H)(\Omega^2 - \omega_*^2) - \mu_1\Omega \text{tg} \gamma} \quad (10)$$

Бұл жерде

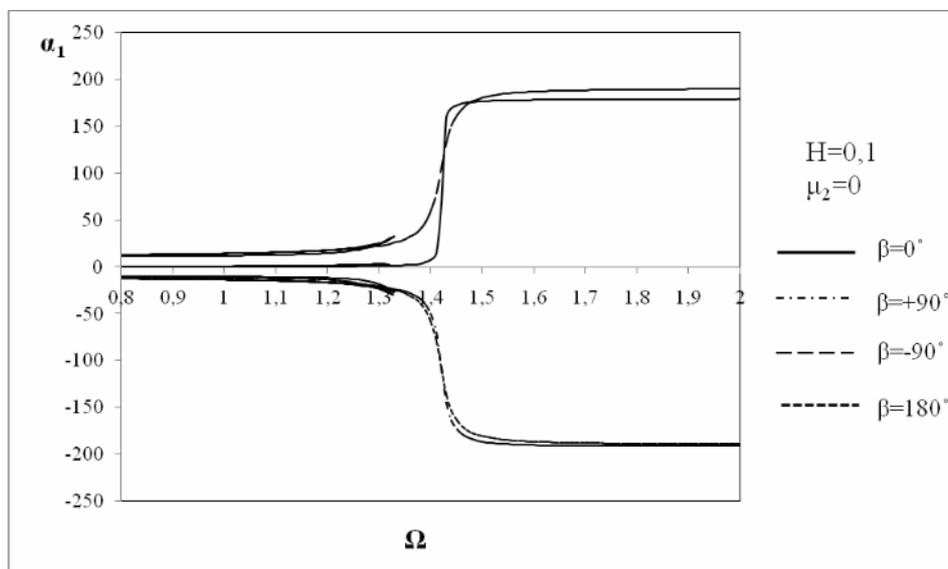
$$\omega_* = \sqrt{\frac{K_1\ell^2 - P}{1-H} + \frac{2K_2\ell^3}{1-H} A_0} = \sqrt{\left(\frac{K_1\ell^2 - P}{1-H} \right)^2 - 2 \left(\frac{K_2\ell^3}{1-H} \right)^2 A_1^2} \quad (11)$$

демперсіз ротордың гармониялық тербелістерінің меншікті жиілігі.

(4)-(5) сызықты емес моделін сызықтандыру [3] жұмысындағы АЖ және ФЖ сипаттамаларының формулаларына алып келеді. (8) – (10) теңдеулері ротордың келесі параметрлері: $H = +0,1(\bar{I}_P = 1,008; \bar{I}_T = 0,909)$, $H = -0,1(\bar{I}_P = 0,909; \bar{I}_T = 1,008)$, $K_2 = 2,25$; $\beta = 0^0, \pm 90^0, 180^0$; $\Omega = 0,8 \div 2$ үшін электрондық есептеуіш машинасында «Maple 11» символдық есептеулер жүйесінде сандық шешілді.



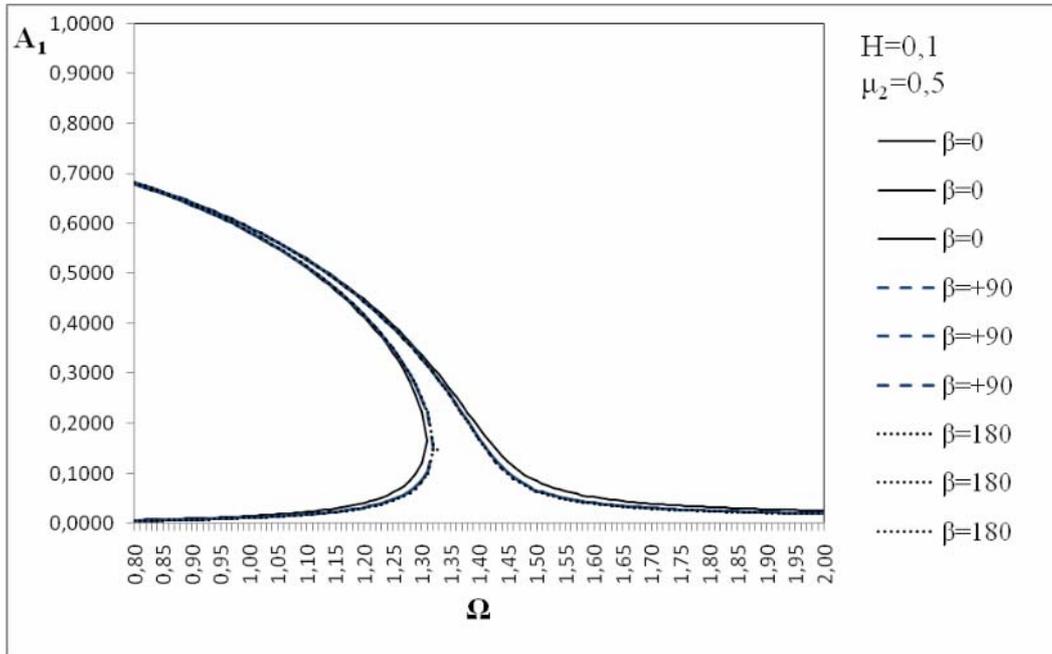
2-сурет. Ротордың жұмсақ сипаттамасының сызықты емес құраушысының амплитудалық-жиіліктік сипаттамасына әсері. Жұқа диск жағдайы



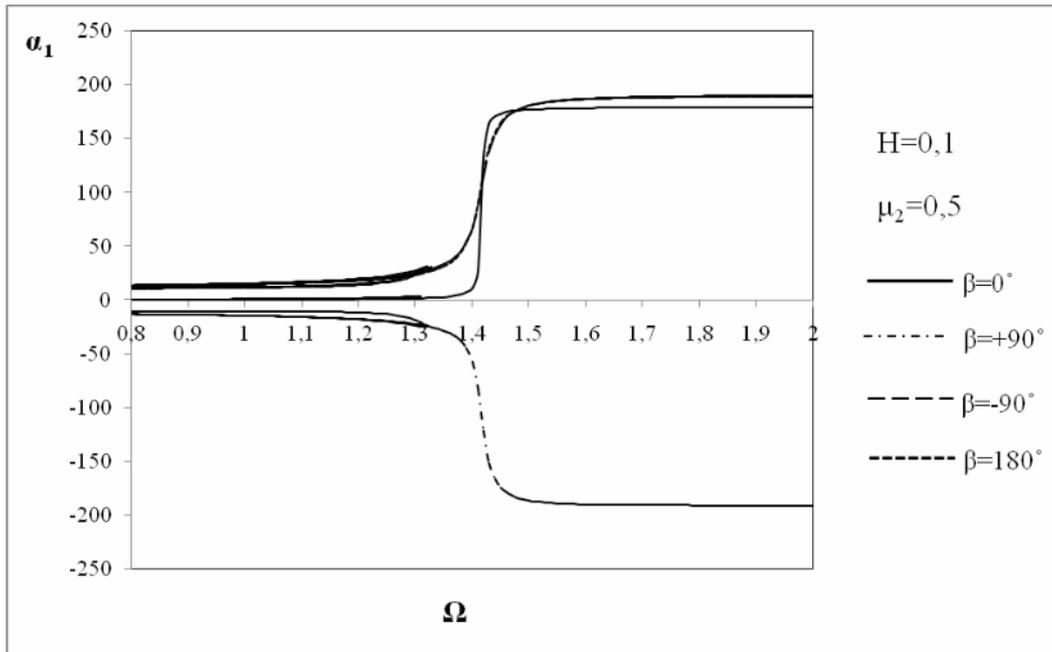
3-сурет. Ротордың жұмсақ сипаттамасының сызықты емес құраушысының фазалық-жиіліктік сипаттамасына әсері. Жұқа диск жағдайы

Серпімділік күшінің сызықты емес құраушысы әсерінен резонанстық қисықтар солға қарай еңкейіп ұшынан созылады. Сызықты еместік шамасы – K_2 үлкен болған сайын бұл нәтижелер де сәйкесті орын алады. Мұны 2-суретте келтірілген серпімділік күшінің жұмсақ сызықты емес сипаттамасы бар демпферлі ротордың тербелісінің негізгі гармоникасының жұқа дискілі жағдайдағы амплитудалық-жиіліктік сипаттамаларынан байқаймыз. Резонанстық A_1 амплитудалардың масса дисбалансы сызығы мен дискінің ең үлкен еңкіштік сызығы арасындағы

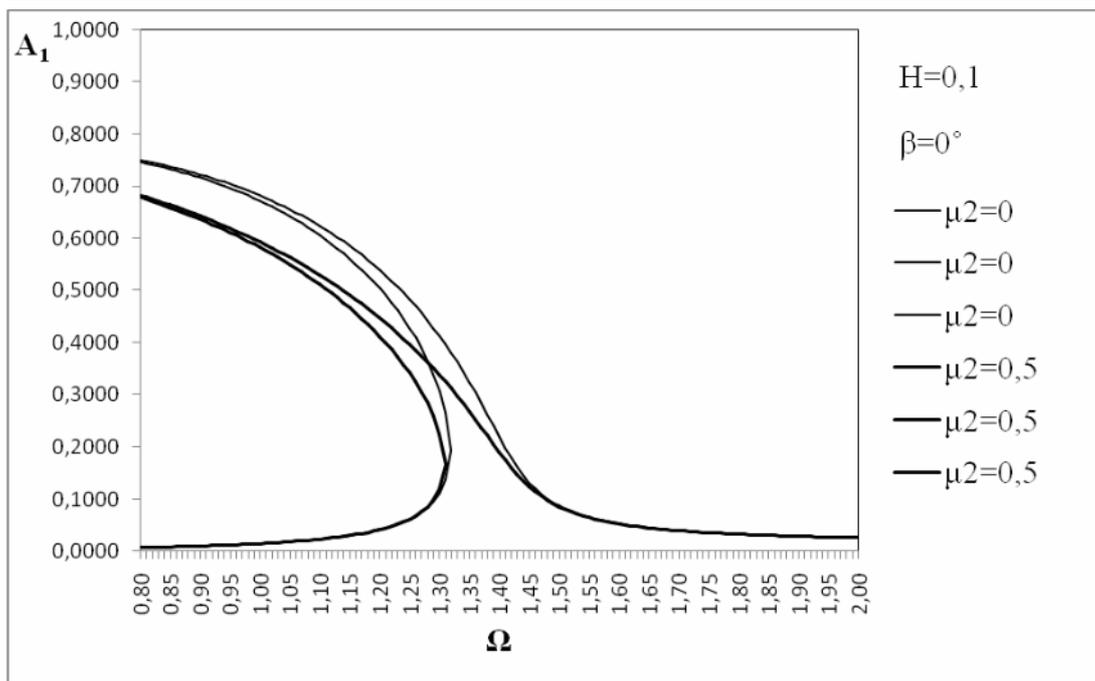
β бұрыштан тәуелділіктері (2,4-суреттер) сызықты модельдегідей [3] болады. Резонанстыққа жақын айналу жиіліктерінде амплитуданың кері бағыттағы секірістерінің [4] белгілері байқалады. Ротор тербелісі негізгі гармоникасының A_1 амплитудасының екі мәніне сәйкес қисықтар тұйықталғанда фазалық-жиіліктік сипаттамаларындағы сәйкесті қисықтар (3,5-суреттер) шектеледі, амплитуданың қалған үшінші мәніне сәйкесті қисықтар сындық жылдамдықта тік жоғары көтеріледі не төмен түседі де онан әрі сәйкесті 180^0 немесе -180^0 -тық деңгейге ұмтылады.



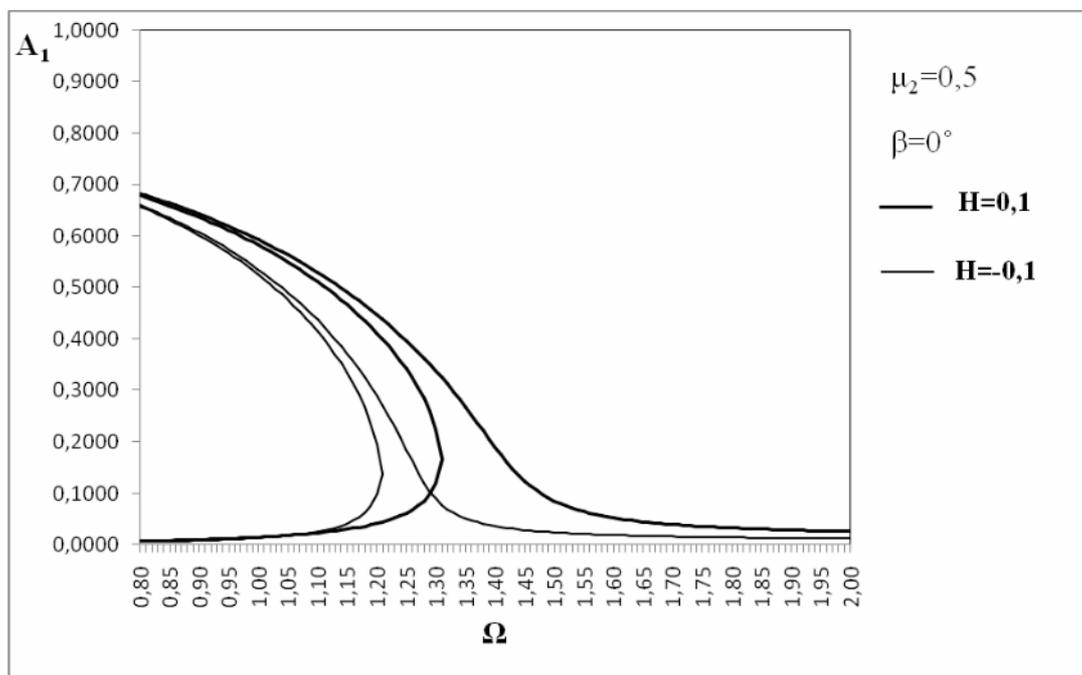
4-сурет. Дисбаланстар бағдарлары арасындағы бұрыштың ротордың амплитудалық-жиіліктік сипаттамасына әсері. Жұқа диск жағдайы



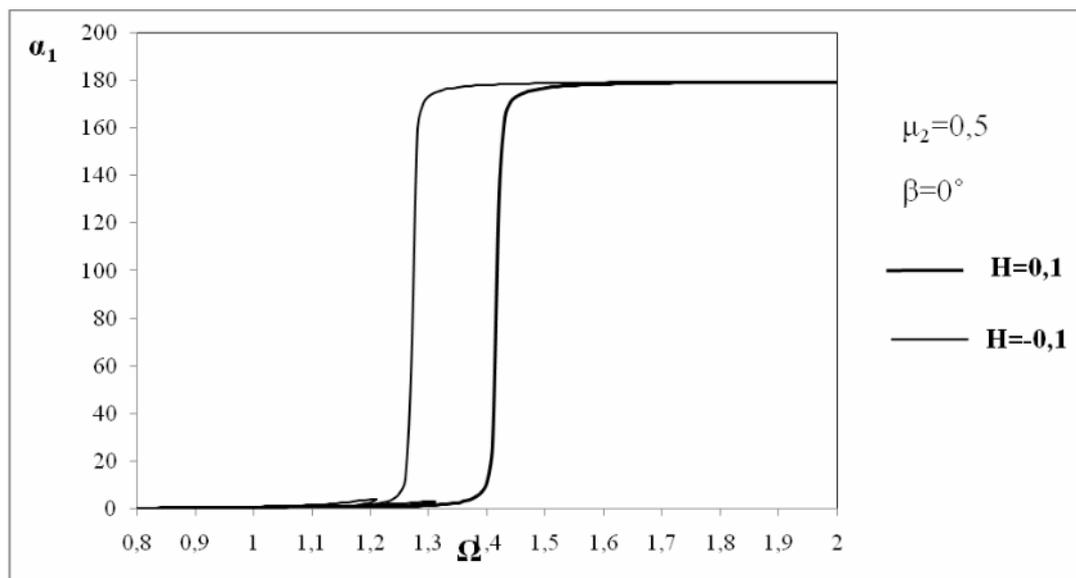
5-сурет. Дисбаланстар бағдарлары арасындағы бұрыштың ротордың фазалық-жиіліктік сипаттамасына әсері. Жұқа диск жағдайы



6-сурет. Тұтқыр кедергінің сызықты емес құраушысының негізгі жиіліктегі резонансқа әсері.
Жұқа диск жағдайы



7-сурет. Диск қалыңдығының негізгі жиіліктегі резонанстық қисыққа әсері



8-сурет. Диск қалыңдығының негізгі жиіліктегі бұрыштық фазалық ығысу қисығына әсері

6-суреттен тұтқыр үйкелістің сызықты емес құраушысы серпімділік күшінің сәйкесті құраушысының әсеріндей резонанстық қисықты онан әрі солға қарай еңкейтетіндігін байқаймыз. Ротордың фазалық-жиіліктік сипаттамаларына айтарлықтай әсер етпейді, дегенмен $\beta = 180^\circ$ кезінде фаза қарама-қарсыға өзгереді екен. Дискінің қалыңдығының әсерін амплитудалық және фазалық резонанстық қисықтардың ротордың айналу жиілігі өсінде орналасуында және амплитудалық қисықтардың сол жаққа қарай еңкіштігінде (7,8-суреттер) көруімізге болады, сонымен бірге $\beta = \pm 90^\circ, 180^\circ$ жағдайларда диск қалыңдығы жұқадан қалыңға өткенде фазалық ығысу бұрыштары қарама-қарсыға өзгереді.

ӘДЕБИЕТТ

1. Hayasi T. Nelineynie kolebaniya v fizicheskikh sistemah. M.: Mir, 1968.
2. Szemplinska-Stupnicka W. Higher harmonic oscillations in heteronomous nonlinear systems with one degree of freedom // Internal J. Nonlinear Mech. -1968. -Vol.3, N1. -P.17-30.
3. Kidirbekuli A.B. Kolebaniya i ustoychivost' rotornih system i ploskih mehanizmov s nelineyno-uprugimiharakteristikami: Diss.dokt.tehn.nauk:01.02.06.-Almati,2010.-271s.
4. Tuleshov A.K., Iskakov ZH., Kalibaeva A.K. Dinamika vertikal'nogo geroskopicheskogo rotora s perekosom diska i disbalansom massy. // Vestnik KazNPU imeni Abaya. Seriya fiziko – matematicheskikh nauk. – Almaty, 2010. – № 3 (31). – S. 184 – 194.
5. Grobov V. A. Asimtoticheskie metodi rascheta izgibnih kolebaniy valov trubamshin. M.: Izd-vo AN SSSR. 1961. 162 s.

Искаков Ж.

РЕЗОНАНСНОЕ КОЛЕБАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЖЕСТКОГО ГИРОСКОПИЧЕСКОГО РОТОРА С МЯГКОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ УПРУГОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Алматинский университет энергетики и связи

Рассматривается вертикальный жесткий гироскопический ротор с мягкой нелинейной упругой характеристикой и вязким нелинейным сопротивлением, у которого диск имеет перекосяк и дисбаланс массы. Для полного описания движения ротора построена динамическая модель машины. Для этого найдены выражения кинетической энергии, диссипативной нелинейной функции, потенциальной энергии ротора с учетом геометрически нелинейной характеристики упругой опоры, моменты внешних сил и записаны уравнения движения в форме Лагранжа. Методом разложения в ряд Фурье решений уравнений

вынужденных колебаний и методом гармонического баланса определены выражения амплитуды и фазы главной гармоники и исследованы влияния неуравновешенности и величин нелинейной характеристики на резонансные колебания ротора.

Iskakov Zh., Kalbayeva A.T., Kurakbayeva S.D., Brener A.M.,

ALGORITHM OF SOLVING PROBLEMS OF A WATER FILTRATION
THROUGH A DAM WITH BREAKS IN THE ORTHOTROPIC MEDIUM

University of energy and connection of Almaty

A vertical hard gyroscopic rotor is examined with soft nonlinear resilient description and viscid nonlinear resistance at that a disk has a defect and disbalance of mass. For complete description of motion of rotor the dynamic model of machine is built. Expressions of kinetic energy, dissipative nonlinear function are found for this purpose, to potential energy of rotor taking into account geometrically nonlinear description of resilient support, moments of external forces and equalizations of motion are written in form Lagrange. Expressions of amplitude and phase of main accordion are certain the method of decomposition in the row of Fourier of decisions of equalizations of the forced vibrations and method of harmonic balance and influences of mental instability and sizes of nonlinear description are investigational on the resonant vibrations of rotor.

Небесная механика

УДК 531.1

А.А.БЕКОВ¹, М.Д.ШИНИБАЕВ¹, А.О. БЕЛЕС²,
Ж.С.САДУАКАСОВА², К.С. АСТЕМЕСОВА³, Д.И.УСИПБЕКОВА³

ПАРАБОЛИЧЕСКИЙ ТИП ДВИЖЕНИЯ ИСЗ В НЕСТАЦИОНАРНОМ ПОЛЕ ТЯГОТЕНИЯ ЗЕМЛИ (интервал $\alpha_2 < w < \alpha_1$, случай $v(t) = v_0^2 t^2$)

¹ Институт космических исследований им. У.М.Султангазина АО «НЦКИТ», г. Алматы;

² Академический инновационный университет, г. Шымкент;

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

На интервале $\alpha_2 < w < \alpha_1$ получены полярные координаты близкого ИСЗ в случае нестационарного поля тяготения Земли для параболического типа движения с точностью $O(k^2)$, где k – модуль эллиптического интеграла 1-го рода. Полярные координаты содержат как вековые, так и смешанные члены.

Пусть близкий ИСЗ совершает движение в нестационарном поле тяготения Земли на основной плоскости. Введем полярную систему координат ρ, ϑ с центром в центре масс сжатого сфероида, тогда дифференциальные уравнения движения близкого ИСЗ примут вид [1]:

$$(\ddot{\rho} - \rho\dot{\vartheta}^2) = U'_\rho, \quad \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{dt}(\rho^2\dot{\vartheta}) = U'_\vartheta, \quad (1)$$

где U – силовая функция задачи.

Принимая $z^2 = 0$, находим U в следующем виде:

$$U = \left\{ \frac{\mu}{\rho} + \frac{1}{2} v \rho^2 \right\}, \quad \rho^2 = x^2 + y^2. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), находим:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\rho} - \rho\dot{\vartheta}^2 &= -\mu \frac{1}{\rho^2} + v\rho, \\ \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{dt}(\rho^2\dot{\vartheta}) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Из второго уравнения из (3) находим интеграл площадей

$$\rho^2 \frac{d\vartheta}{dt} = C, \quad (4)$$

где C – постоянная интеграла площадей.

Получим интеграл энергии

$$\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 = 2(U + h) \quad (5)$$

в полярных координатах ρ, ϑ .

Известно, что

$$x = \rho \cos \vartheta, \quad y = \rho \sin \vartheta. \quad (6)$$

Вычислим \dot{x} и \dot{y} из (6), и подставим их, и (2) в (5), тогда получим интеграл энергии в полярных координатах

$$\dot{\rho}^2 + \rho^2\dot{\vartheta}^2 = \frac{2\mu}{\rho} + v\rho^2 + 2h. \quad (7)$$

Рассмотрим влияние нестационарности поля тяготения Земли на параболический тип движения близкого ИСЗ на интервале $\alpha_2 < w < \alpha_1$ в случае $v_1 = v_0^n t^l$.

Используя (4), найдем $\dot{\vartheta} = \frac{C}{\rho^2}$, $\dot{\vartheta}^2 = \frac{C^2}{\rho^4}$ и перепишем первое из уравнений (3) в виде

$$\ddot{\rho} = \frac{C^2}{\rho^3} - \frac{\mu}{\rho^2} + v\rho. \quad (8)$$

После определения $\rho(v_1)$ для нахождения $\vartheta(v_1)$ используем (4), переписав его в следующем виде

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{C}{\rho^2}. \quad (9)$$

Для упрощения вычислений остановимся на случае $v = v_0^2 t^2$.

Используем метод последовательных приближений [2]. За первое приближение примем решения в случае $v - const$ [3]:

$$\vartheta = (e_0 + k^2 e_1)\psi + k e_3 \sin \psi + k^2 e_6 \sin 2\psi + 0(k^3), \quad (10)$$

$$\rho = \rho_{00} + (\rho_{01}k + \rho_{02}k^2) \cos \psi + \rho_{12}k^2 \cos^2 \psi + 0(k^3), \quad (11)$$

$$\psi = (\bar{l}_1 + \bar{l}_2 k^2)t + \bar{l}_4 k \sin t + \bar{l}_7 k^2 \sin 2t + 0(k^3). \quad (12)$$

$$t = (\ell_{00} + k^2 \ell_{02})\psi + k \ell_{11} \sin \psi + k^2 \ell_{22} \sin 2\psi. \quad (13)$$

В этом случае (8) имеет вид:

$$\ddot{\rho} = \frac{C^2}{\rho^3} - \frac{\mu}{\rho^2} + v_0^2 t^2 \rho. \quad (14)$$

Далее, используя (13), найдем t^2 :

$$t^2 = k^2 \left(\frac{1}{2} l_{11}^2 \right) + (l_{00}^2 + k^2 2l_{00}l_{02})\psi^2 + k^2 (-l_{11}^2) \cos 2\psi + k(2l_{00}l_{11})\psi \sin \psi + k^2 (2l_{22}l_{00})\psi \sin 2\psi. \quad (15)$$

Учитывая (15) и (11), найдем $v_0^2 t^2 \rho$:

$$v_0^2 t^2 \rho = v_0^2 \left\{ \begin{aligned} & k^2 \left(\frac{1}{2} l_{11}^2 \rho_{00} \right) + [\rho_{00} l_{00}^2 + k^2 (l_{00}^3 l_{02} \rho_{00} \rho_{12})] \psi^2 + k^2 (-l_{11}^2 \rho_{00}) \cos 2\psi + \\ & + k(2\rho_{00} l_{00} l_{11}) \psi \sin \psi + k^2 (2\rho_{00} l_{02} l_{00} + \rho_{01} l_{00} l_{11}) \psi \sin 2\psi + (k\rho_{01} l_{00}^2 + \\ & + k^2 l_{00}^2 \rho_{02}) \psi^2 \cos \psi + k^2 \left(\frac{1}{2} \rho_{12} l_{00}^2 \right) \psi^2 \cos 2\psi. \end{aligned} \right. \quad (16)$$

Принимая во внимание (16), перепишем (8) в следующем виде:

$$d\dot{\rho} = \left\{ \begin{aligned} & \left[(C^2 \rho_{00}^{-2} - \mu \rho_{00}^{-2}) + k^2 \left(C^2 \rho_{00}^{-3} \frac{15}{2} R_{02} + 6C^2 \rho_{00}^{-3} R_{02} - \mu \rho_{00}^{-2} \frac{1}{2} R_{11}^2 - \mu \rho_{00}^{-2} 2R_{02} + v_0^2 \frac{1}{2} l_{11}^2 \rho_{00} \right) \right] + \\ & + \left[\begin{aligned} & k(-\mu \rho_{00}^{-2} 2R_{11} + 6R_{11} C^2 \rho_{00}^{-3}) \\ & + k^2 (-\mu \rho_{00}^{-2} 2R_{12} + 6R_{12} C^2 \rho_{00}^{-3}) \end{aligned} \right] \cos \psi + \left[\begin{aligned} & \left(-\mu \rho_{00}^{-2} \frac{1}{2} R_{11}^2 - \mu \rho_{00}^{-2} 2R_{22} + \right. \\ & \left. + C^2 \rho_{00}^{-3} \frac{15}{2} R_{11}^2 + C^2 \rho_{00}^{-3} 6R_{22} - \right. \\ & \left. - v_0^2 l_{11}^2 \rho_{00} \right) \end{aligned} \right] + \\ & + \cos 2\psi + [\rho_{00} l_{00}^2 v_0^2 + k^2 (v_0^2 l_{00}^3 l_{02} \rho_{00} \rho_{12})] \psi^2 + k[2v_0^2 \rho_{00} l_{00} l_{11}] \psi \sin \psi + k^2 (2v_0^2 \rho_{00} l_{22} l_{00} + \\ & + v_0^2 \rho_{01} l_{00} l_{11}) \psi \sin 2\psi + [k(v_0^2 \rho_{01} l_{00}^2) + k^2 (v_0^2 l_{00}^2 \rho_{02})] \psi^2 \cos \psi + k^2 \left(\frac{v_0^2}{2} \rho_{12} l_{00}^2 \right) \psi^2 \cos 2\psi \\ & \times \{ l_{00} + k^2 l_{02} + k l_{11} \cos \psi + k^2 2l_{22} \cos 2\psi \} d\psi. \end{aligned} \right. \quad (17)$$

Выполним произведение фигурных скобок, приведем подобные члены, тогда (17) примет вид:

$$d\rho = \left\{ \begin{array}{l} (\zeta_{00} + k^2 \zeta_{02}) + (k\zeta_{11} + k^2 \zeta_{12}) \cos \psi + k^2 \zeta_{22} \cos 2\psi + \\ + (\zeta_{30} + k^2 \zeta_{32}) \psi^2 + k\zeta_{41} \psi \sin \psi + k^2 \zeta_{52} \psi \sin 2\psi + \\ + (k\zeta_{61} + k^2 \zeta_{62}) \psi^2 \cos \psi + k^2 \zeta_{72} \psi^2 \cos 2\psi \end{array} \right\} d\psi, \quad (18)$$

где введены обозначения

$$\begin{aligned} \zeta_{00} &= l_{00} \xi_{00}, \quad \zeta_{02} = \xi_{02} l_{00} + l_{02} \xi_{00} + \frac{1}{2} \xi_{11} l_{11}, \quad \zeta_{11} = l_{00} \xi_{11} + l_{11} \xi_{00}, \quad \zeta_{12} = l_{00} \xi_{12}, \\ \zeta_{22} &= \xi_{22} l_{00} + \frac{1}{2} l_{11} \xi_{11} + 2l_{22} \xi_{00}, \quad \zeta_{30} = \xi_{32} l_{00}, \quad \zeta_{32} = \xi_{32} l_{00} + \xi_{30} l_{02} + \frac{1}{2} l_{11} \xi_{61}, \quad \zeta_{41} = l_{00} \xi_{41}, \\ \zeta_{52} &= \xi_{52} l_{00} + \frac{1}{2} l_{11} \xi_{41}, \quad \zeta_{61} = l_{00} \xi_{61} + l_{11} \xi_{30}, \quad \zeta_{62} = l_{00} \xi_{62}, \quad \xi_{00} = C^2 \rho_{00}^{-3} - \mu \rho_{00}^{-2}, \\ \xi_{02} &= C^2 \rho_{00}^{-3} \left(\frac{15}{2} R_{11}^2 + 6R_{02} \right) - \mu \rho_{00}^{-2} \left(\frac{1}{2} R_{11}^2 + 2R_{02} \right) + \frac{1}{2} v_0^2 l_{11}^2 \rho_{00}, \quad \xi_{11} = 2\rho_{00}^{-2} (3R_{11} C^2 \rho_{00}^{-1} - \mu R_{11}), \\ \xi_{12} &= 2\rho_{00}^{-2} (3R_{12} C^2 \rho_{00}^{-1} - \mu R_{12}), \quad \xi_{22} = -\mu \rho_{00}^{-2} \left(\frac{1}{2} R_{11}^2 + 2R_{22} \right) + C^2 \rho_{00}^{-3} \left(\frac{15}{2} R_{11}^2 + 6R_{22} \right) - v_0^2 l_{11}^2 \rho_{00}, \\ \xi_{30} &= \rho_{00} l_{00}^2 v_0^2, \quad \xi_{32} = v_0^2 l_{00}^2 l_{02} \rho_{00} \rho_{12}, \quad \xi_{41} = 2v_0^2 \rho_{00} l_{00} l_{11}, \quad \xi_{52} = v_0^2 l_{00} (2\rho_{00} l_{22} + \rho_{01} l_{11}), \\ \xi_{61} &= v_0^2 \rho_{01} l_{00}^2, \quad \xi_{62} = v_0^2 l_{00}^2 \rho_{02}, \quad \xi_{72} = \frac{1}{2} v_0^2 \rho_{12} l_{00}^2. \end{aligned}$$

Проинтегрируем (18) слева и справа от нуля до верхних переменных пределов, сохраняя величины до $O(k^2)$ включительно:

$$\begin{aligned} \dot{\rho} &= (\zeta_{00} + k^2 \zeta_{02}) \psi + \frac{1}{3} (\zeta_{30} + k^2 \zeta_{32}) \psi^3 + \left[\begin{array}{l} k(\zeta_{11} + \zeta_{41} - 2\zeta_{61}) + \\ + k^2 (\zeta_{12} - 2\zeta_{62}) \end{array} \right] \sin \psi + \\ + k^2 &\left(\frac{1}{2} \zeta_{22} + \frac{1}{4} \zeta_{52} - \frac{1}{4} \zeta_{72} \right) \sin 2\psi + \left[k(\zeta_{41} + 2\zeta_{61}) + k^2 (2\zeta_{62}) \right] \psi \cos \psi + k^2 (\zeta_{72} - \zeta_{52}) \frac{1}{2} \psi \cos 2\psi + \\ &+ (k\zeta_{61} + k^2 \zeta_{62}) \psi^2 \sin \psi + k^2 \left(\frac{1}{2} \zeta_{72} \right) \psi^2 \sin 2\psi. \end{aligned} \quad (19)$$

Проинтегрировав (19) еще раз от нуля верхних переменных пределов, имеем:

$$\begin{aligned} \rho &= (\beta_{01} k + \beta_{02} k^2) + (\beta_{10} + k^2 \beta_{12}) \psi^2 + (\beta_{20} + k^2 \beta_{22}) \psi^4 + (\beta_{31} k + \beta_{32} k^2) \cos \psi + \\ &+ k^2 \beta_{42} \cos 2\psi + (k\beta_{51} + k^2 \beta_{52}) \psi \sin \psi + k^2 \beta_{62} \psi \sin 2\psi + \\ &+ (k\beta_{71} + k^2 \beta_{72}) \psi^2 \cos \psi + k^2 \beta_{82} \psi^2 \cos 2\psi + k\beta_{91} \psi^3 \sin \psi + k^2 \beta_{102} \psi^3 \sin 2\psi, \end{aligned} \quad (20)$$

где введены обозначения

$$\begin{aligned} \beta_{01} &= -\eta_{41} - 2\eta_{61} + 6\eta_{81}, \quad \beta_{02} = -\eta_{42} - \frac{1}{4} \eta_{52} - 2\eta_{62} - \frac{1}{4} \eta_{72} + \frac{3}{4} \eta_{92}, \quad \beta_{10} = \eta_{00}, \quad \beta_{12} = \eta_{02}, \\ \beta_{20} &= \eta_{10}, \quad \beta_{22} = \eta_{12}, \quad \beta_{31} = \eta_{21} + \eta_{41} + 2\eta_{61} - 6\eta_{81}, \quad \beta_{32} = \eta_{22} + \eta_{42} + 2\eta_{62}, \\ \beta_{42} &= \eta_{32} + \frac{1}{4} \eta_{52} + \frac{1}{4} \eta_{72} - \frac{3}{4} \eta_{92}, \quad \beta_{51} = \eta_{41} + 2\eta_{61} - 6\eta_{81}, \quad \beta_{52} = \eta_{42} + 2\eta_{62}, \\ \beta_{62} &= \frac{1}{2} \left(\eta_{52} + \eta_{72} - \frac{3}{2} \eta_{92} \right), \quad \beta_{91} = \eta_{81}, \quad \beta_{71} = 3\eta_{81} - \eta_{61}, \quad \beta_{72} = -\eta_{62}, \quad \beta_{82} = \frac{1}{2} (3\eta_{92} - \eta_{72}), \\ \eta_{00} &= \frac{1}{2} l_{00} \zeta_{00}, \quad \eta_{02} = \frac{1}{2} \left(l_{00} \zeta_{02} + l_{02} \zeta_{00} + \frac{1}{2} l_{11} \zeta_{41} + l_{11} \zeta_{61} \right), \quad \eta_{10} = \frac{1}{12} l_{00} \zeta_{30}, \\ \eta_{12} &= \frac{1}{12} (l_{00} \zeta_{32} + l_{02} \zeta_{30}), \quad \eta_{21} = -l_{00} (\zeta_{11} + \zeta_{41} - 2l_{61}), \quad \eta_{22} = -l_{00} (\zeta_{12} - 2\zeta_{62}), \end{aligned}$$

$$\eta_{32} = -\frac{1}{4} \left[l_{00} \left(\zeta_{22} + \frac{1}{2} \zeta_{52} - \frac{1}{2} \zeta_{72} \right) + l_{11} (\zeta_{11} + \zeta_{41} - 2\zeta_{61}) \right], \quad \eta_{41} = l_{00} \zeta_{41} + l_{11} \zeta_{00} + 2l_{00} \zeta_{61}, \quad \eta_{42} = 2l_{00} \zeta_{62}, \quad \eta_{61} = l_{00} \zeta_{61},$$

$$\eta_{52} = \frac{1}{2} l_{00} (\zeta_{72} - \zeta_{52}) + l_{11} \left(\frac{1}{2} \zeta_{41} + \zeta_{61} \right) + 2l_{22} \zeta_{00}, \quad \eta_{62} = l_{00} \zeta_{62}, \quad \eta_{72} = \frac{1}{2} (l_{00} \zeta_{72} + l_{11} \zeta_{61}),$$

$$\eta_{81} = \zeta_{30} l_{11}.$$

Введем дополнительный модуль k' следующим образом $k'^2 + k^2 = 1$ и перепишем (20) в следующем виде:

$$\rho = 1 - k'^2 - k^2 + k\beta_{01} + k^2\beta_{02} + (k'^2\beta_{10} + k^2\beta_{10} + k^2\beta_{12})\psi^2 + (k'^2\beta_{20} + k^2\beta_{20} + k^2\beta_{22})\psi^4 +$$

$$+ (k\beta_{31} + k^2\beta_{32}) \cos \psi + k^2\beta_{42} \cos 2\psi + (k\beta_{51} + k^2\beta_{52})\psi \sin \psi + k^2\beta_{62}\psi \sin 2\psi +$$

$$+ (k\beta_{71} + k^2\beta_{72})\psi^2 \cos \psi + k^2\beta_{82}\psi^2 \cos 2\psi + k\beta_{91}\psi^3 \sin \psi + k^2\beta_{102}\psi^3 \sin 2\psi. \quad (21)$$

Используя (21), вычислим $C\rho^{-2}$:

$$C\rho^{-2} = \left\{ \begin{aligned} & (\gamma_{00} + k\gamma_{01} + k^2\gamma_{02}) + (\gamma_{10} + k^2\gamma_{12})\psi^2 + (\gamma_{20} + k^2\gamma_{22})\psi^4 + \\ & + k^2\gamma_{32}\psi^6 + (k\gamma_{41} + k\gamma_{42}) \cos \psi + k^2\gamma_{52} \cos 2\psi + (k\gamma_{61} + k^2\gamma_{62})\psi \sin \psi + \\ & + k^2\gamma_{72}\psi \sin 2\psi + (k\gamma_{81} + k^2\gamma_{82})\psi^2 \cos \psi + k^2\gamma_{92}\psi^2 \cos 2\psi + \\ & + (k\gamma_{101} + k^2\gamma_{102})\psi^3 \sin \psi + k^2\gamma_{112}\psi^3 \sin 2\psi + k^2\gamma_{122}\psi^2 \sin 2\psi + \\ & + k^2\gamma_{132}\psi^4 \cos 2\psi + k^2\gamma_{142}\psi^6 \cos 2\psi + k^2\gamma_{152}\psi^5 \sin 2\psi \end{aligned} \right\} C, \quad (22)$$

Здесь введены обозначения:

$$\gamma_{00} = 3, \quad \gamma_{01} = -2\beta_{01}, \quad \gamma_{02} = -2\beta_{02} + 3\beta_{01}^2 + \frac{3}{2}\beta_{31}^2, \quad \gamma_{10} = -2\beta_{10}, \quad \gamma_{12} = -2\beta_{12} + \frac{3}{2}\beta_{51}^2 + 3\beta_{31}\beta_{71},$$

$$\gamma_{20} = -2\beta_{20}, \quad \gamma_{22} = -\beta_{22} + \frac{3}{2}\beta_{71}^2 + 3\beta_{51}\beta_{91}, \quad \gamma_{32} = \frac{3}{2}\beta_{91}^2, \quad \gamma_{41} = -2\beta_{31}, \quad \gamma_{42} = -2\beta_{32} + 6\beta_{01}\beta_{31},$$

$$\gamma_{52} = -2\beta_{42} + \frac{3}{2}\beta_{31}^2, \quad \gamma_{61} = -2\beta_{51}, \quad \gamma_{62} = -2\beta_{52} + 6\beta_{01}\beta_{51}, \quad \gamma_{72} = -2\beta_{62} + 3\beta_{31}\beta_{51}, \quad \gamma_{81} = -2\beta_{71},$$

$$\gamma_{82} = -2\beta_{72} - 6\beta_{01}\beta_{71}, \quad \gamma_{92} = -2\beta_{82} + 3\beta_{31}\beta_{71}, \quad \gamma_{101} = -2\beta_{91}, \quad \gamma_{102} = 6\beta_{01}\beta_{91},$$

$$\gamma_{112} = -2\beta_{102} + 3\beta_{31}\beta_{91} + 3\beta_{51}\beta_{71}, \quad \gamma_{122} = -\frac{3}{2}\beta_{51}^2, \quad \gamma_{132} = \frac{3}{2}\beta_{71}^2 + 3\beta_{51}\beta_{91}, \quad \gamma_{142} = -\frac{3}{2}\beta_{91}^2,$$

$$\gamma_{152} = 3\beta_{71}\beta_{91}.$$

Перепишем (9), используя (22)

$$d\vartheta = \left\{ \begin{aligned} & (N_{00} + kN_{01} + k^2N_{02}) + (N_{10} + k^2N_{12})\psi^2 + (N_{20} + k^2N_{22})\psi^4 + k^2N_{32}\psi^6 + \\ & + (kN_{41} + k^2N_{42}) \cos \psi + k^2N_{52} \cos 2\psi + (kN_{61} + k^2N_{62})\psi \sin \psi + k^2N_{72}\psi^2 \cos 2\psi + \\ & + k^2N_{82}\psi \sin 2\psi + (kN_{91} + k^2N_{92})\psi^2 \cos \psi + (kN_{101} + k^2N_{102})\psi^3 \sin \psi + \\ & + k^2N_{112}\psi^3 \sin 2\psi + k^2N_{122}\psi^2 \sin 2\psi + k^2N_{132}\psi^4 \cos 2\psi + kN_{141}\psi^4 \cos \psi + \\ & + k^2N_{152}\psi^6 \cos 2\psi + k^2N_{162}\psi^5 \sin 2\psi \end{aligned} \right\} d\psi, \quad (23)$$

здесь введены обозначения

$$N_{00} = l_{00}\gamma_{00}C, \quad N_{01} = C\gamma_{01}l_{00}, \quad N_{02} = C \left(l_{00}\gamma_{02} + l_{02}\gamma_{00} + \frac{1}{2}l_{11}\gamma_{41} \right), \quad N_{10} = l_{00}\gamma_{10}C,$$

$$N_{12} = C \left(l_{00}\gamma_{12} + l_{02}\gamma_{10} + \frac{1}{2}l_{11}\gamma_{81} \right), \quad N_{20} = l_{00}\gamma_{20}C, \quad N_{22} = C(l_{00}\gamma_{22} + l_{02}\gamma_{20}), \quad N_{32} = Cl_{00}\gamma_{32},$$

$$\begin{aligned}
 N_{41} &= (l_{00}\gamma_{41} + \gamma_{00}l_{11})C, \quad N_{42} = (l_{00}\gamma_{42} + l_{11}\gamma_{01})C, \quad N_{52} = C\left(l_{00}\gamma_{52} + \frac{1}{2}l_{11}\gamma_{41} + 2l_{22}\gamma_{00}\right), \\
 N_{61} &= Cl_{00}\gamma_{61}, \quad N_{62} = Cl_{00}\gamma_{62}, \quad N_{72} = C\left(l_{00}\gamma_{92} + \frac{1}{2}l_{11}\gamma_{81} + 2l_{22}\gamma_{10}\right), \quad N_{82} = C\left(l_{00}\gamma_{72} + \frac{1}{2}l_{11}\gamma_{61}\right), \\
 N_{91} &= C(l_{00}\gamma_{81} + l_{11}\gamma_{10}), \quad N_{92} = Cl_{00}\gamma_{82}, \quad N_{101} = Cl_{00}\gamma_{101}, \quad N_{102} = Cl_{00}\gamma_{102}, \\
 N_{112} &= C\left(l_{00}\gamma_{112} + \frac{1}{2}l_{11}\gamma_{101}\right), \quad N_{122} = Cl_{00}\gamma_{122}, \quad N_{132} = C(l_{00}\gamma_{132} + 2l_{22}\gamma_{20}), \quad N_{141} = Cl_{11}\gamma_{20}, \\
 N_{152} &= Cl_{00}\gamma_{142}, \quad N_{162} = Cl_{00}\gamma_{152}.
 \end{aligned}$$

Проинтегрируем (23) от нуля до верхних переменных пределов, найдем:

$$\begin{aligned}
 \mathfrak{S} &= k^2 u_{02} + (u_{10} + ku_{11} + k^2 u_{12})\psi + (u_{20} + k^2 u_{22})\psi^3 + (u_{30} + k^2 u_{32})\psi^5 + k^2 u_{42}\psi^7 + \\
 &+ (ku_{51} + k^2 u_{52})\sin\psi + k^2 u_{62}\sin 2\psi + (ku_{71} + k^2 u_{72})\psi^2 \sin\psi + ku_{81}\psi^4 \sin\psi + \\
 &+ k^2 u_{82}\psi \sin 2\psi + k^2 u_{92}\psi^2 \sin 2\psi + k^2 u_{102}\psi^4 \sin 2\psi + k^2 u_{112}\psi^6 \sin 2\psi + k^2 u_{122} \cos 2\psi + \\
 &+ (ku_{131} + k^2 u_{132})\psi \cos\psi + k^2 u_{142}\psi \cos 2\psi + k^2 u_{152}\psi^2 \cos 2\psi + k^2 u_{162}\psi^3 \cos 2\psi + \\
 &+ k^2 u_{172}\psi^5 \cos 2\psi + (ku_{181} + k^2 u_{182})\psi^3 \cos\psi.
 \end{aligned} \tag{24}$$

Здесь введены обозначения:

$$\begin{aligned}
 u_{02} &= -\frac{1}{4}N_{122}, \quad u_{10} = N_{00}, \quad u_{11} = N_{01}, \quad u_{12} = N_{02}, \quad u_{20} = \frac{1}{3}N_{10}, \quad u_{22} = \frac{1}{3}N_{12}, \quad u_{30} = \frac{1}{5}N_{20}, \\
 u_{32} &= \frac{1}{5}N_{22}, \quad u_{42} = \frac{1}{7}N_{32}, \quad u_{51} = N_{41} + N_{61} - 2N_{91} - 6N_{101} + 24N_{141}, \\
 u_{52} &= N_{42} + N_{62} - 2N_{92} - 6N_{102}, \\
 u_{62} &= \frac{1}{2}N_{52} - \frac{1}{4}N_{72} + \frac{1}{4}N_{82} - \frac{3}{8}N_{112} + \frac{3}{4}N_{132} - \frac{45}{4}N_{152} + \frac{15}{8}N_{162}, \quad u_{71} = N_{91} + 3N_{101} - 12N_{141}, \\
 u_{72} &= N_{92} + 3N_{102}, \quad u_{81} = N_{141}, \quad u_{82} = \frac{1}{2}N_{122}, \quad u_{92} = \frac{1}{2}N_{72} + \frac{3}{4}N_{112} - \frac{3}{2}N_{132} + \frac{45}{4}N_{152} - \frac{15}{4}N_{162}, \\
 u_{102} &= \frac{1}{2}N_{132} - \frac{15}{4}N_{152} + \frac{5}{4}N_{162}, \quad u_{112} = \frac{1}{2}N_{152}, \quad u_{122} = \frac{1}{4}N_{122}, \\
 u_{131} &= -N_{61} + 2N_{91} + 6N_{101} - 24N_{141}, \quad u_{132} = -N_{62} + 2N_{92} + 6N_{102}, \\
 u_{142} &= \frac{1}{2}N_{72} - \frac{1}{2}N_{82} + \frac{45}{4}N_{152} + \frac{3}{4}N_{112} - \frac{3}{2}N_{132} - \frac{15}{4}N_{162}, \quad u_{152} = -\frac{1}{2}N_{122}, \quad u_{152} = -\frac{1}{2}N_{122}, \\
 u_{162} &= -\frac{1}{2}N_{112} + N_{132} - \frac{15}{2}N_{152} + \frac{5}{2}N_{162}, \quad u_{172} = \frac{3}{2}N_{152} - \frac{1}{2}N_{162}, \quad u_{181} = -N_{101} + 4N_{141}, \\
 u_{182} &= -N_{102}.
 \end{aligned}$$

Таким образом, найдены полярные координаты ИСЗ в основной плоскости в случае нестационарного поля тяготения Земли при $v = v_0^2 t^2$ для параболического типа движения на интервале $\alpha_2 < w < \alpha_1$ выражениями (20) и (24).

Нестационарность поля тяготения приводит к появлению смешанных и вековых членов в полярных координатах ИСЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шинибаев М.Д. Динамика поступательного движения пассивно гравитирующих тел постоянной и переменной масс в нецентральной поле тяготения. КГТУ им. И.Раззакова. Дисс. на соиск. уч. степени д.ф.-м.н.–Бишкек, 2002 г.
2. Чеботарев Г.А. Аналитические и численные методы небесной механики.–Москва-Ленинград, 1965 г., 367 с.
3. Шинибаев М.Д., Есенов Е.К. Орбитальные движения близкого ИСЗ в нестационарном поле тяготения Земли.– Алматы, «Гылым», 2009 г., 89 с.

REFERENCES

1. Shinibaev M.D. Dinamica postupatel'nogo dvizhenia passivno gravitiruyshih tel postoyannoi i peremennoi mass v nentralnom pole tyagotenia. KGTU im.I.Razzakova. Diss. na soisc. uch. stepeni d.f.-m.n.-Bishkek, 2002.
2. Chebotarev G.A. Analiticheskie i chislennye metody nebesnoi mehaniki.-Moskva-Leningrad, 1965, 367s.
3. Shinibaev M.D., Esenov E.K. Orbitalnye dvizhenia blizkogo ISZ v nestacionarnom pole tyagotenia Zemli.-Almaty, "Gylym", 2009, 89s.

*Беков А.А., Шыныбаев М.Д., Белес А.О.,
Садуақасова Ж.С., Астемесова К.С., Өсінбекова Д.И.*

ЖАСАНДЫ ЖЕР СЕРІГІНІҢ ЖЕРДІҢ ТАРТЫЛЫС ӨРІСІНДЕГІ ПАРАБОЛАЛЫҚ
ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ТҮРІ (ИНТЕРВАЛ $\alpha_2 < w < \alpha_1$, КЕЗДЕЙСОҚ $v(t) = v_0^2 t^2$)

$\alpha_2 < w < \alpha_1$ интервалында $O(k^2)$ дәлдігімен қозғалыстың параболалық типі үшін стационарлық емес Жердің тартылыс өрісі жағдайында жақын ЖЖС-нің полярлық координаттары табылған, мұнда k – эллиптік интегралдың 1-ші түрінің модулі. Полярлық координаттарда ғасырлық, сондай-ақ аралас мүшелер бар.

*Bekov A.A., Shinibaev M.D., Beles A.O.,
Saduakasova Zh.S., Astemesova K.S., Usipbekova D.I.*

PARABOLIC TYPE MOTION OF ARTIFICIAL EARTH SATELLITE IN NON-STATIONARY EARTH
GRAVITATIONAL FIELD (INTERVAL $\alpha_2 < w < \alpha_1$, CASE $v(t) = v_0^2 t^2$)

On the interval $\alpha_2 < w < \alpha_1$ the polar coordinates for the case of close AES in non-stationary Earth gravitational field for parabolic type of motion with accuracy $O(k^2)$, where k – modul of elliptic integral of 1-kind are received. Polar coordinates contains as the secular, and so the mixed members.

М.Д.ШИНИБАЕВ¹, А.А.БЕКОВ², Х.А.АШИРБАЕВ³,
Н.М.УТЕНОВ³, А.А.АБЖАПБАРОВ³, Б.ТИЛЕУБЕРДИЕВ¹

НОВЫЙ МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ ПРОБНОГО ТЕЛА В ПОЛЕ ТЯГОТЕНИЯ ХИЛЛА В СЛУЧАЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ДВИЖЕНИЯ

¹Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, г. Шымкент;
²Институт космических исследований им. У.М.Султангазина АО «НЦКИТ», г. Алматы;
³Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О.Ауезова, г. Шымкент

Предлагается новый метод определения полярных координат пробного тела в плоской задаче Хилла в случае гиперболического типа движения.

Дифференциальные уравнения движения пробного тела в поле тяготения Хилла имеют вид [1]

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 w}{d\vartheta^2} + \left(1 + \frac{\alpha}{w^4}\right) w - \frac{1}{(1+s^2)^{3/2}} &= 0, \\ \frac{d^2 s}{d\vartheta^2} + \left(1 + \frac{\beta}{w^4}\right) s &= 0, \\ \frac{dt}{d\vartheta} &= \frac{\rho^2}{c}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{vc^6}{\mu^4}$, $\beta = \frac{(v-v')c^6}{\mu^4}$, $\frac{1}{\rho} = w \frac{\mu}{c^2}$, $s = \frac{z}{\rho}$, $\rho^2 = x^2 + y^2$, α и β – постоянные параметры, c и h – постоянные интеграла площадей и интеграла энергии, μ – произведение постоянной тяготения на сумму масс пробного и центрального тела s – тангенс широты, ϑ – истинная долгота, w – переменная Хилла.

Рассмотрим движение пробного тела в основной плоскости по орбите гиперболического типа, в этом случае $s \neq 0$, $s^2 \approx 0$ и первое дифференциальное уравнение из (1) допускает понижение порядка, т.е.

$$d\vartheta = \frac{wdw}{\sqrt{-w^4 + 2w^3 + Hw^2 + \alpha}}, \quad (2)$$

где постоянная интегрирования H определена выражением

$$H = \frac{2hc^2}{\mu^2}, \quad (3)$$

в случае гиперболического типа движения

$$G_4(w) = -w^4 + 2w^3 + Hw^2 + \alpha > 0, \quad \alpha > 0, \quad H > 0 \quad (4)$$

и подкоренной полином имеет один положительный корень α_1 , один отрицательный корень α_2 и два комплексно сопряженных корня [2]

$$\alpha_3 = b_1 + ic_1 \quad \text{и} \quad \alpha_4 = b_1 - ic_1, \quad b_1 > 0, \quad c_1 > 0.$$

Перейдем от (2) к нормальной форме Лежандра [3], учитывая, что $G_4(w) > 0$ только на одном интервале $\alpha_2 < w < \alpha_1$, тогда имеем

$$d\vartheta = \mu_* \frac{wd\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}}, \quad 0 < k^2 < 1, \quad k = \sin \frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \quad (5)$$

$$w = \frac{\alpha_1 \cos \theta_1 + \alpha_2 \cos \theta_2 \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2}}{\cos \theta_1 + \cos \theta_2 \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2}}, \quad \theta_1 < \frac{\pi}{2}, \quad \theta_2 < \frac{\pi}{2}, \quad (6)$$

$$\mu_* = -\frac{1}{c_1} \sqrt{\cos \theta_1 \cos \theta_2}, \quad \operatorname{tg} \theta_1 = \frac{1}{c_1} (\alpha_1 - b_1), \quad \operatorname{tg} \theta_2 = \frac{1}{c_1} (\alpha_2 - b_1).$$

Преобразуем (6), учитывая, что

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2} = \frac{1 - \cos \varphi}{1 + \cos \varphi}, \quad 0 < \varphi < \pi,$$

тогда будем иметь с точностью $O(k^3)$

$$w = (w_{00} + kw_{01} + k^2 w_{02}) + (kw_{11} + k^2 w_{12} + k^3 w_{13}) \cos \varphi + k^2 w_{22} \cos \varphi + k^3 w_{33} \cos 3\varphi \quad (7)$$

где

$$w_{00} = m_0, \quad m_0 = b_1 + c_1 \operatorname{tg} \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}, \quad w_{01} = m_0 m_2, \quad m_2 = \operatorname{tg} \frac{\theta_1 + \theta_2}{2},$$

$$w_{02} = \frac{1}{2} m_0 m_2 (1 + m_2), \quad w_{11} = m_1, \quad m_1 = c_1 - b_1 m_2, \quad w_{12} = m_1 \left(m_2 + \frac{1}{2} \right),$$

$$w_{13} = m_1 \left(m_2 + \frac{3}{4} m_2^2 \right), \quad w_{22} = \frac{1}{2} m_0 m_2^2, \quad w_{23} = \frac{1}{4} m_1 m_2^2.$$

Используя выражение

$$\rho = \frac{c^2}{\mu} w^{-1}, \quad (8)$$

определим полярный радиус с точностью $O(k^3)$

$$\rho = (\rho_{00} + k\rho_{01} + k^2 \rho_{01} + k^3 \rho_{03}) + (k\rho_{11} + k^2 \rho_{02} + k^3 \rho_{13}) \cos \varphi + (k^2 \rho_{22} + k^3 \rho_{23}) \cos 2\varphi + k^3 \rho_{33} \cos 3\varphi, \quad (9)$$

где

$$\rho_{00} = \frac{c^2}{\mu w_{00}}, \quad \rho_{01} = -\rho_{00} \frac{w_{01}}{w_{00}}, \quad \rho_{02} = \frac{\rho_{00}}{2w_{00}^2} (w_{11}^2 - 2w_{02}w_{00} + 2w_{01}^2),$$

$$\rho_{03} = \frac{\rho_{00}}{w_{00}^2} (w_{11}w_{13} + 2w_{01}w_{02}), \quad \rho_{11} = -\rho_{00} \frac{w_{11}}{w_{00}}, \quad \rho_{12} = \frac{\rho_{00}}{w_{00}} (2w_{01}w_{11} - w_{12}),$$

$$\rho_{13} = \frac{\rho_{00}}{w_{00}^2} [-w_{13}w_{00} + 2w_{01}w_{12} + (2w_{02} + w_{22})w_{11}], \quad \rho_{22} = \frac{\rho_{00}}{2w_{00}^2} (w_{11}^2 - 2w_{22}),$$

$$\rho_{23} = \frac{\rho_{00}}{w_{00}^2} (w_{11}w_{13} + 2w_{22}w_{01}), \quad \rho_{33} = \frac{\rho_{00}}{w_{00}^2} (w_{11}w_{22} - w_{33}w_{00}).$$

Для определения полярного угла (истинной долготы) используем (5):

$$\vartheta = (\vartheta_{00} + k\vartheta_{01} + k^2 \vartheta_{02} + k^3 \vartheta_{03})\varphi + (k\vartheta_{11} + k^2 \vartheta_{12} + k^3 \vartheta_{13}) \sin \varphi + (k^2 \vartheta_{22} + k^3 \vartheta_{23}) \sin 2\varphi + k^3 \vartheta_{33} \sin 3\varphi, \quad (10)$$

где

$$\vartheta_{00} = \mu_* w_{00}, \quad \vartheta_{01} = \mu_* w_{01}, \quad \vartheta_{02} = \mu_* \left(w_{02} + \frac{1}{4} w_{00} \right), \quad \vartheta_{03} = \frac{\mu_*}{4} w_{01},$$

$$\begin{aligned}\vartheta_{11} &= \mu_* w_{11}, \quad \vartheta_{12} = \mu_* w_{12}, \quad \vartheta_{13} = \mu_* \left(w_{13} + \frac{1}{8} w_{11} \right), \quad \vartheta_{22} = \frac{\mu_*}{2} \left(w_{22} - \frac{1}{4} w_{00} \right), \\ \vartheta_{23} &= -\frac{\mu_*}{8} w_{01}, \quad \vartheta_{33} = \frac{\mu_*}{3} \left(w_{33} - \frac{1}{8} w_{11} \right).\end{aligned}$$

Из третьего уравнения найдем зависимость промежуточной переменной φ от времени t с точностью $O(k^3)$:

$$\begin{aligned}\varphi &= (1 + k\varphi_{01} + k^2\varphi_{02} + k^3\varphi_{03})t + (k\varphi_{11} + k^2\varphi_{12} + k^3\varphi_{13})\sin t + (k^2\varphi_{22} + k^3\varphi_{23})\sin 2t + \\ &\quad + k^3\varphi_{32}\sin 3t + (k^2\varphi_{42} + k^3\varphi_{43})t \cos t + k^3\varphi_{53}t \cos 2t,\end{aligned}\quad (11)$$

где

$$\begin{aligned}\varphi_{01} &= -(t_{01} + t_0), \quad \varphi_{02} = -(t_{02} + t_{03}) + (t_{01} + t_0)^2, \quad \varphi_{03} = -2t_{02}\varphi_{01}, \quad \varphi_{11} = -t_{11}, \\ \varphi_{12} &= -t_{12} - t_{11}\varphi_{01}, \quad \varphi_{13} = -t_{03} + t_{11}t_{02} - t_{12}\varphi_{01}, \quad \varphi_{22} = -t_{12} + \frac{1}{2}t_{11}^2, \\ \varphi_{23} &= -\frac{1}{2}(t_{23} - t_{11}t_{12}) - t_{22}\varphi_{01}, \quad \varphi_{32} = -t_{33} + 2t_{22}t_{11}, \quad \varphi_{42} = -t_{11}\varphi_{01}, \\ \varphi_{43} &= -t_{12}\varphi_{01} + t_{02}t_{11}, \quad \varphi_{53} = -2t_{22}\varphi_{01}, \quad t_{00} = 1 + kt_0, \quad t_{00} = a_{00}\vartheta_{00}, \\ t_{01} &= a_{00}\vartheta_{01} + a_{01}\vartheta_{00}, \quad t_{02} = a_{00}\vartheta_{02} + a_{01}\vartheta_{01} + a_{02}\vartheta_{00} + \frac{1}{2}a_{31}\vartheta_{11}, \\ t_{11} &= a_{31}\vartheta_{00} + a_{00}\vartheta_{11}, \quad t_{03} = a_{00}\vartheta_{03} + a_{01}\vartheta_{02} + a_{02}\vartheta_{11} + a_{03}\vartheta_{00} + \frac{1}{2}a_{32}\vartheta_{11} + \\ &\quad + \frac{1}{2}a_{31}\vartheta_{12} + \vartheta_{22}a_{31}, \quad t_{12} = a_{32}\vartheta_{00} + a_{31}\vartheta_{01} + a_{01}\vartheta_{11} + a_{00}\vartheta_{12} + 2\vartheta_{22}a_{00}, \\ t_{13} &= a_{33}\vartheta_{00} + a_{31}(\vartheta_{01} + \vartheta_{02}) + \vartheta_{11}\left(a_{02} + \frac{1}{2}a_{12}\right) + \vartheta_{12}a_{01} + a_{00}(\vartheta_{13} + 2\vartheta_{23}) + 2a_{01}\vartheta_{22}, \\ t_{22} &= \frac{1}{2}\left(a_{12}\vartheta_{00} + \frac{1}{2}a_{31}\vartheta_{11}\right), \quad t_{23} = \frac{1}{2}\left[a_{31}\left(\vartheta_{22} + \frac{1}{2}\vartheta_{12}\right) + \frac{1}{2}a_{32}\vartheta_{11} + a_{12}\vartheta_{01} + a_{13}\vartheta_{00}\right], \\ a_{00} &= c^{-1}\rho_{00}, \quad a_{01} = 2a_{00}\rho_{00}^{-1}\rho_1, \quad a_{02} = \rho_{00}^{-2}a_{00}\left(\rho_{01}^2 + 2\rho_{00}\rho_{02} + \frac{1}{2}\rho_{11}^2\right), \\ a_{03} &= \rho_{00}^{-2}a_{00}[2(\rho_{00}\rho_{03} + \rho_{01}\rho_{02}) + \rho_{11}\rho_{12}], \quad a_{12} = \frac{1}{c}\left(\frac{1}{2}\rho_{11}^2 + 2\rho_{00}\rho_{22}\right), \\ a_{13} &= \frac{1}{c}[\rho_{11}\rho_{12} + 2(\rho_{00}\rho_{23} + \rho_{01}\rho_{22})], \quad a_{23} = \frac{1}{c}[\rho_{11}\rho_{22} + 2\rho_{00}\rho_{33}], \quad a_{31} = \frac{1}{c}2\rho_{00}\rho_{11}, \\ a_{32} &= \frac{2}{c}(\rho_{00}\rho_{12} + \rho_{01}\rho_{11}), \quad a_{33} = \frac{1}{c}[2(\rho_{00}\rho_{13} + \rho_{01}\rho_{12}) + \rho_{11}(2\rho_{02} + \rho_{22})].\end{aligned}$$

Таким образом, найдены полярные координаты ρ , φ выражениями (9), (10) с точностью $O(k^3)$, как явные функции времени посредством (11) в случае движения пробного тела по орбите гиперболического типа.

Решение можно использовать как промежуточную орбиту при построении точных теорий движений ИСЗ.

Если от полярных координат перейти к прямоугольным декартовым координатам

$$x = \rho \cos \vartheta, \quad y = \rho \sin \vartheta, \quad (12)$$

то можно заметить, что они не содержат вековые и смешанные члены, но этот результат справедлив только на отрезке $\alpha_2 < w < \alpha_1$.

ЛИТЕРАТУРА

1. ШигOLEB Б.М. О промежуточной орбите Хилла в задаче 3-х тел. Труды ГАИШ, 1960. Т.28. С. 91-98.
2. Шинибаев М.Д. Поступательное движение пассивно гравитирующего тела в центральном и нецентральной поле тяготения. Алматы: РИО ВАК РК, 2001. 127 с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1970. 720 с.

REFERENCES

1. Shigolev B.M. O promezhutochnoi orbite Hilla v zadache 3-h tel. Trudy GAISH, 1960. T. 28. S. 91-98.
2. Shinibaev M.D. Postupatelnoe dvizhenie passivno gravitiruyezgo tela v centralnom i necentralnom pole tyagotenia.-Almaty: RIO VAK RK, 2001, 128s.
3. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike dlya nauchnyh rabotnikov i inzhenerov.-Moskva, "Nauka". 1970, 720s.

*М.Д.Шыныбаев, А.А.Беков, Х.А.Әшірбаев, Н.М.Өтенов,
А.А.Әбжапбаров, Б.Тілеубердиев*

**СЫНАҚ ДЕНЕСІНІҢ ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ПОЛЯРЛЫҚ КООРДИНАТТАРЫН
ХИЛЛ ӨРІСІНДЕ ЖАҢА ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ ЖОЛЫ**

Хилл өрісінде гиперболалық орбитамен қозғалатын сынақ денесінің полярлық координаттары жаңа әдіспен анықталды.

*Shinibaev M.D., Bekov A.A., Ashirbaev H.A.,
Utenov N.M., Abzhapbarov A.A., Tileuberdiev B.*

**A NEW METHOD FOR REPRESENTING THE POLAR COORDINATES OF A TEST BODY IN A
GRAVITATIONAL FIELD IN THE CASE OF HILL'S HYPERBOLIC MOTION**

We propose a new method for determining the polar coordinates of a test body in the plane problem in the case of Hill's hyperbolic motion.

А.А. БЕКОВ¹, М.Д. ШИНИБАЕВ², С.А. ЖАППАРОВ³,
А.А. АБЖАПБАРОВ³, Ж.А. КИРГИЗБАЕВ²

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ПРОБНОГО ТЕЛА В ПОЛЕ ТЯГОТЕНИЯ ХИЛЛА

¹Институт космических исследований им. У.М.Султангазина АО «НЦКИТ», г. Алматы;

²Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, г. Шымкент;

³Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О.Ауезова, г. Шымкент

Предлагается новый метод определения цилиндрических координат пробного тела во второй задаче Хилла в случае гиперболического типа движения.

Дифференциальные уравнения движения пробного тела в переменных Хилла имеют вид [1]

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 w}{d\vartheta^2} + \left(1 + \frac{\alpha}{w^4}\right) w - \frac{1}{(1+s^2)^{3/2}} &= 0, \\ \frac{d^2 s}{d\vartheta^2} + \left(1 + \frac{\beta}{w^4}\right) s &= 0, \\ \frac{dt}{d\vartheta} &= \frac{\rho^2}{c}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{vc^6}{\mu^4}$, $\beta = \frac{(v-v')c^6}{\mu^4}$, $\frac{1}{\rho} = w \frac{\mu}{c^2}$, $s = \frac{z}{\rho}$, $\rho^2 = x^2 + y^2$, α и β – постоянные параметры,

c и h – постоянные интеграла площадей и интеграла энергии, μ – произведение постоянной тяготения на сумму масс пробного и центрального тела s – тангенс широты, ϑ – истинная долгота, w – переменная Хилла.

Рассмотрим случай малого наклона гиперболической орбиты к основной плоскости $s \neq 0$, $s^2 \approx 0$, $z \neq 0$, $z^2 \approx 0$, тогда, интегрируя первое дифференциальное уравнение из (1) от нуля до переменных верхних пределов с учетом третьего уравнения из (1), найдем полярные координаты пробного тела¹ на интервале $\alpha_2 < w < \alpha_1$:

$$\rho = (\rho_{00} + k\rho_{01} + k^2\rho_{02} + k^3\rho_{03}) + (k\rho_{11} + k^2\rho_{12} + k^3\rho_{13}) \cos \varphi + \\ + (k^2\rho_{22} + k^3\rho_{23}) \cos 2\varphi + k^3\rho_{33} \cos 3\varphi, \quad (2)$$

$$\vartheta = (\vartheta_{00} + k\vartheta_{01} + k^2\vartheta_{02} + k^3\vartheta_{03})\varphi + (k\vartheta_{11} + k^2\vartheta_{12} + k^3\vartheta_{13}) \sin \varphi + \\ + (k^2\vartheta_{22} + k^3\vartheta_{23}) \sin 2\varphi + k^3\vartheta_{33} \sin 3\varphi, \quad (3)$$

где

$$\varphi = (1 + k\varphi_{01} + k^2\varphi_{02} + k^3\varphi_{03})t + (k\varphi_{11} + k^2\varphi_{12} + k^3\varphi_{13}) \sin t + (k^2\varphi_{22} + k^3\varphi_{23}) \sin 2t + \\ + k^3\varphi_{32} \sin 3t + (k^2\varphi_{42} + k^3\varphi_{43}) t \cos t + k^3\varphi_{53} t \cos 2t, \quad (4)$$

где коэффициенты ρ_{ij} , ϑ_{ij} , φ_{ij} ($i, j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$) зависят от корней полинома

$$G_4(w) = -w^4 + 2w^3 + Hw^2 + \alpha,$$

они выписаны в предыдущей статье [см. сноску *].

¹ Шинибаев М.Д., Бекоев А.А. и др. Новый метод представления полярных координат пробного тела в поле тяготения Хилла в случае гиперболического типа движения - в печати.

Для определения третьей координаты z необходимо проинтегрировать второе дифференциальное уравнение из (1) и учесть зависимость

$$z = \rho s, \quad (5)$$

где $s = O(k)$.

Целесообразно в дифференциальном уравнении тангенса широты заменить ϑ на φ посредством последнего уравнения из (1).

Используя [*]

$$w = (w_{00} + kw_{01} + k^2 w_{02}) + (kw_{11} + k^2 w_{12} + k^3 w_{13}) \cos \varphi + k^2 w_{22} \cos 2\varphi + k^3 w_{33} \cos 3\varphi, \quad (6)$$

найдем с точностью $O(k^3)$:

$$w^4 = [(1 + k\bar{a}_{01} + k^2 \bar{a}_{02} + k^3 \bar{a}_{03}) + (k\bar{a}_{11} + k^2 \bar{a}_{12} + k^3 \bar{a}_{13}) \cos \varphi + k^3 \bar{a}_{33} \cos 3\varphi] w_{00}^4, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} \bar{a}_{01} &= 4w_{01}w_{00}^{-1}, \quad \bar{a}_{02} = 4w_{02}w_{00}^{-1} + w_{00}^{-2}(2w_{01}^2 + w_{11}^2) \cdot 3, \quad \bar{a}_{11} = 4w_{11}w_{00}^{-1}, \\ \bar{a}_{12} &= 4w_{00}^{-1}(w_{12} + 3w_{01}w_{11}w_{00}^{-1}), \quad \bar{a}_{13} = 4w_{13}w_{00}^{-1} + 6w_{00}^{-2}(2w_{01}w_{12} + 2w_{02}w_{11} + w_{11}w_{22}), \\ \bar{a}_{22} &= 4w_{00}^{-1}\left(w_{22} + \frac{3}{4}w_{11}^2w_{00}^{-1}\right), \quad \bar{a}_{23} = 6w_{00}^{-2}(w_{12} + 2w_{01}w_{02}), \\ \bar{a}_{33} &= 2w_{00}^{-1}(2w_{33} + 3w_{11}w_{22}w_{00}^{-1}). \end{aligned}$$

С другой стороны из (1)

$$\begin{aligned} d\vartheta^2 &= \frac{\mu^4}{c^6} w^4 dt^2 = \frac{\mu^4}{c^6} w^4 \left\{ (t_{00} + kt_{01} + k^2 t_{02} + k^3 t_{03}) + (kt_{11} + k^2 t_{12} + k^3 t_{13}) \cos \varphi + \right. \\ &\quad \left. + 2(k^2 t_{22} + k^3 t_{23}) \cos 2\varphi + k^3 (3t_{33}) \cos 3\varphi \right\}^2 d\varphi^2. \end{aligned} \quad (8)$$

С учетом (7) и (8) перепишем дифференциальное уравнение тангенса широты в следующем виде

$$\frac{d^2 s}{d\varphi^2} + (q_0 + 2q_1 \cos \varphi + 2q_2 \cos 2\varphi) s = 0, \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} q_0 &= \bar{c}_{00} + k\bar{c}_{01} + k^2 \bar{c}_{02}, \quad 2q_1 = k\bar{c}_{11} + k^2 \bar{c}_{12}, \quad 2q_2 = k^2 \bar{c}_{22}, \\ \bar{c}_{00} &= c_{00}, \quad \bar{c}_{01} = c_{01}, \quad \bar{c}_{02} = t_{00}^2 + c_{02}, \quad \bar{c}_{11} = c_{31}, \quad \bar{c}_{12} = c_{32}, \quad \bar{c}_{22} = c_{42}, \\ c_{00} &= \mu^4 t_{00}^2 w_{00}^4 c^{-6}, \quad c_{01} = c_{00} (b_{01} + \bar{a}_{01}), \quad c_{02} = c_{00} \left(b_{02} + \bar{a}_{01} b_{01} + \bar{a}_{02} + \frac{1}{2} \bar{a}_{11} b_{11} \right), \\ c_{31} &= (b_{11} + \bar{a}_{11}) c_{00}, \quad c_{32} = c_{00} (b_{12} + b_{11} \bar{a}_{01} + \bar{a}_{12} + b_{01} \bar{a}_{11}), \\ c_{42} &= c_{00} \left(b_{22} + \frac{1}{2} \bar{a}_{11} b_{11} + \bar{a}_{22} \right), \quad b_{01} = 2t_{01} t_{00}^{-1}, \quad b_{02} = 2t_{02} t_{00}^{-1} + t_{00}^{-2} \left(t_{01}^2 + \frac{t_{11}^2}{2} \right), \\ b_{03} &= 2t_{03} t_{00}^{-1} + t_{00}^{-2} (t_{11} t_{12} + 2t_{01} t_{02}), \quad b_{11} = 2t_{11} t_{00}^{-1}, \quad b_{12} = 2t_{00}^{-1} (t_{12} + t_{01} t_{11} t_{00}^{-1}), \\ b_{22} &= t_{00}^{-1} \left(4t_{22} + \frac{1}{2} t_{11}^2 t_{00}^{-1} \right), \quad b_{13} = 2t_{00}^{-1} (t_{13} + t_{01} t_{12} t_{00}^{-1}) + t_{11} t_{00}^{-2} (2t_{02} + t_{22}), \\ \beta &= \frac{c^6}{\mu^4} (v - v'), \quad b_{23} = 4t_{23} t_{00}^{-1} + t_{00}^{-2} (t_{11} t_{12} + 4t_{22} t_{01}), \quad b_{33} = t_{00}^{-1} (6t_{33} + t_{11} t_{22} t_{00}^{-1}). \end{aligned}$$

Интегрируя (9) методом последовательных приближений [2], найдем тангенс широты:

$$s = A \left\{ \left[1 + \frac{q_1^2}{(c^2 - q_0)[(c-1)^2 - q_0]} + \frac{q_1^2}{(c^2 - q_0)[(c+1)^2 - q_0]} \right] \cos(c\varphi + \varepsilon) + \right.$$

$$+ \frac{q_1}{[(c-1)^2 - q_0]} \cos[(c-1)\varphi + \varepsilon] + \frac{q_1}{[(c+1)^2 - q_0]} \cos[(c+1)\varphi + \varepsilon] + \left[\frac{q_1^2}{[(c+2)^2 - q_0][(c+1)^2 - q_0]} + \frac{q_2}{[(c+2)^2 - q_0]} \right] \cos[(c+2)\varphi + \varepsilon], \quad (10)$$

где A, ε – постоянные интегрирования, $c = \sqrt{1 + \sqrt{(q_0 - 1)^2 - q_1^2}}$.

Упростим (10), для этого знаменатели в коэффициентах вычислим с точностью $O(k^3)$:

$$\begin{aligned} (c^2 - q_0) &= 1 + \left\{ (1 + c_{00}^{-2} - 2\bar{c}_{00}) + k(2\bar{c}_{00}\bar{c}_{01} - 2\bar{c}_{01}) + \right. \\ &+ k^2 \left(\bar{c}_{01}^2 + 2\bar{c}_{00}\bar{c}_{02} + 2\bar{c}_{01}\bar{c}_{02} - 2\bar{c}_{02} - \frac{1}{4}\bar{c}_{11}^2 \right) + k^3(-2\bar{c}_{11}\bar{c}_{12}) \left. \right\}^{1/2} - (\bar{c}_{00} + k\bar{c}_{01} + k^2\bar{c}_{02}) = \\ &= (1 + B_0 - \bar{c}_{00}) + k \left(\frac{1}{2} B_{01} B_0 - \bar{c}_{01} \right) + k^2 \left(\frac{1}{2} B_{02} B_0 - \frac{1}{32} B_0 B_{01}^2 - \bar{c}_{02} \right) + \\ &+ k^3 \left(\frac{1}{2} B_{03} B_0 - \frac{1}{16} B_0 B_{01} B_{02} \right) \text{ или} \\ (c^2 - q_0) &= D_0 + kD_1 + k^2 D_2 + k^3 D_3, \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} D_0 &= 1 + B_0 - \bar{c}_{00}, \quad D_1 = \frac{1}{2} B_{01} B_0 - \bar{c}_{01}, \quad D_2 = \frac{1}{2} B_{02} B_0 - \frac{1}{32} B_0 B_{01}^2 - \bar{c}_{02}, \\ D_3 &= \frac{1}{2} B_{03} B_0 - \frac{1}{16} B_0 B_{01} B_{02}, \quad B_0 = (\bar{c}_{00} - 1), \quad B_{01} = 2\bar{c}_{01} B_0^{-1}, \\ B_{02} &= B_0^{-2} \left(\bar{c}_{01}^2 + 2\bar{c}_{00}\bar{c}_{02} + 2\bar{c}_{01}\bar{c}_{02} - 2\bar{c}_{02} - \frac{1}{4}\bar{c}_{11}^2 \right), \quad B_{03} = -2\bar{c}_{11}\bar{c}_{12} B_0^{-2}. \end{aligned}$$

Если выписать c , то имеем

$$c = d_0 + kd_1 + k^2 d_2 + k^3 d_3,$$

(12)

где

$$\begin{aligned} d_0 &= \sqrt{\bar{c}_{00}}, \quad d_1 = \frac{1}{2} n_{01} d_0, \quad d_2 = d_0 \left(\frac{1}{2} n_{02} - \frac{1}{8} n_{01}^2 \right), \quad d_3 = d_0 \left(n_{03} - \frac{1}{4} n_{01} n_{02} \right), \\ n_{01} &= \frac{\bar{c}_{00}\bar{c}_{01}}{B_0(1+B_0)}, \quad n_{02} = \frac{1}{B_0(1+B_0)} \left[\frac{1}{2} \bar{c}_{01}^2 + \bar{c}_{00}\bar{c}_{02} - \frac{1}{8} \bar{c}_{11}^2 - \frac{1}{2B_0^3} (\bar{c}_{00}^2 \bar{c}_{01}^2) \right], \\ n_{03} &= -\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{B_0(1+B_0)} \left[\frac{1}{2} \bar{c}_{11}\bar{c}_{12} + \frac{\bar{c}_{00}\bar{c}_{01} \left(\bar{c}_{01}^2 + 2\bar{c}_{00}\bar{c}_{02} - \frac{\bar{c}_{11}^2}{4} \right)}{B_0^2} \right]. \end{aligned}$$

Теперь выпишем с точностью $O(k^3)$:

$$[(c-1)^2 - q_0],$$

тогда получим

$$[(c-1)^2 - q_0] = \beta_0 + k\beta_1 + k^2\beta_2 + k^3\beta_3, \quad (13)$$

где

$$\beta_0 = d_0^2 - 2d_0 + 1 - \bar{c}_{00}, \quad \beta_1 = 2d_0d_1 - 2d_1 - \bar{c}_{01}, \quad \beta_2 = d_1^2 + 2d_0d_2 - 2d_2 - \bar{c}_{02}, \\ \beta_3 = 2d_3(d_0 - 1).$$

Найдем

$$[(c+1)^2 - q_0] = \gamma_0 + k\gamma_1 + k^2\gamma_2 + k^3\gamma_3, \quad (14)$$

здесь

$$\gamma_0 = (1 + d_0)^2 - \bar{c}_{00}, \quad \gamma_1 = 2(1 + d_0)d_1 - \bar{c}_{01}, \quad \gamma_2 = d_1^2 + 2d_2(1 + d_0), \\ \gamma_3 = 2d_3(1 + d_0) + 2d_1d_3.$$

Точно также

$$[(c-2)^2 - q_0] = \alpha_0 + k\alpha_1 + k^2\alpha_2 + k^3\alpha_3, \quad (15)$$

здесь

$$\alpha_0 = (d_0 - 2)^2 - \bar{c}_{00}, \quad \alpha_1 = 2d_1(d_0 - 2) - \bar{c}_{01}, \quad \alpha_2 = d_1^2 + 2d_2(d_0 - 2) - \bar{c}_{02}, \\ \alpha_3 = 2[(d_0 - 2)d_3 + d_1d_2],$$

аналогично

$$[(c+2)^2 - q_0] = \theta_0 + k\theta_1 + k^2\theta_2 + k^3\theta_3, \quad (16)$$

здесь

$$\theta_0 = (d_0 + 2)^2 - \bar{c}_{00}, \quad \theta_1 = 2d_1(d_0 + 2) - \bar{c}_{01}, \quad \theta_2 = d_1^2 + 2d_2(d_0 + 2) - \bar{c}_{02}, \\ \theta_3 = 2[d_3(d_0 + 2) + d_1d_2].$$

Подставим (11)÷(16) в (10), тогда найдем

$$s = A \left\{ (1 + k^2s_{02} + k^3s_{03}) \cos(c\varphi + \varepsilon) + (ks_{11} + k^2s_{12} + k^3s_{13}) \cos[(c-1)\varphi + \varepsilon] + \right. \\ \left. + (ks_{21} + k^2s_{22} + k^3s_{23}) \cos[(c+1)\varphi + \varepsilon] + (k^2s_{32} + k^3s_{33}) \cos[(c-2)\varphi + \varepsilon] + \right. \\ \left. + (k^2s_{42} + k^3s_{43}) \cos[(c+2)\varphi + \varepsilon] \right\}, \quad (17)$$

где введены обозначения

$$s_{02} = \frac{1}{4} \bar{c}_{11}^2 (A_0 + \varphi_0), \quad s_{03} = \frac{1}{2} \bar{c}_{11}^2 \left[(A_0 + \varphi_0) + \frac{1}{2} (A_1 + \varphi_1) \right], \quad s_{11} = \frac{1}{2} \bar{c}_{11} \Delta_0, \\ s_{12} = \frac{1}{2} (\bar{c}_{12} \Delta_0 + \bar{c}_{11} \Delta_1), \quad s_{13} = \frac{1}{2} (\bar{c}_{11} \Delta_2 + \bar{c}_{12} \Delta_1), \quad s_{21} = \frac{1}{2} \bar{c}_{11} R_0, \\ s_{22} = \frac{1}{2} (\bar{c}_{11} R_1 + \bar{c}_{12} R_0), \quad s_{23} = \frac{1}{2} (\bar{c}_{11} R_2 + \bar{c}_{12} R_1), \quad s_{32} = \frac{1}{4} \bar{c}_{11}^2 \Psi_0 + \frac{1}{2} \bar{c}_{22} P_0, \\ s_{33} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{1}{2} \bar{c}_{11} \Psi_1 + \bar{c}_{12} \Psi_0 \right) \bar{c}_{11} + \bar{c}_{22} P_1 \right], \quad s_{42} = \frac{1}{2} \left(\bar{c}_{11}^2 \mathcal{J}_0 \cdot \frac{1}{2} + \bar{c}_{22} Q_0 \right), \\ s_{43} = \frac{1}{2} \left[\bar{c}_{11} \left(\frac{1}{2} \bar{c}_{11} \mathcal{J}_1 + \bar{c}_{12} \mathcal{J}_0 \right) + \bar{c}_{22} Q_1 \right], \quad A_0 = \frac{1}{\beta_0 D_0}, \quad A_1 = A_0^2 (\beta_0 D_1 + \beta_1 D_0), \\ \varphi_0 = \frac{1}{D_0 \gamma_0}, \quad \varphi_1 = -\varphi_0^2 (D_0 \gamma_1 + D_1 \gamma_0), \quad \Delta_0 = \frac{1}{\beta_0}, \quad \Delta_1 = -\Delta_0^2 \beta_1, \\ \Delta_2 = (-\beta_2 + \Delta_0 \beta_1^2), \quad R_0 = \frac{1}{\gamma_0}, \quad R_1 = -R_0 \gamma_1, \quad R_2 = (-\gamma_2 + R_0 \gamma_1^2),$$

$$\psi_0 = \frac{1}{\alpha_0 \beta_0}, \psi_1 = -\psi_0^2 (\alpha_0 \beta_1 + \alpha_1 \beta_0), \mathcal{J}_0 = \frac{1}{\theta_0 \gamma_0}, \mathcal{J}_1 = -\mathcal{J}_0^2 (\theta_0 \gamma_1 + \theta_1 \gamma_0),$$

$$P_0 = \frac{1}{\alpha_0}, P_1 = -P_0^2 \alpha_1, Q_0 = \frac{1}{\theta_0}, Q_1 = -Q_0^2 \theta_1.$$

Теперь используя (5), (17), (2), находим аппликату пробного тела с точностью $O(k^3)$:

$$z = A \left\{ (z_{00} + kz_{01} + k^2 z_{02} + k^3 z_{03}) \cos(c\varphi + \varepsilon) + (kz_{11} + k^2 z_{12} + k^3 z_{13}) \cos[(c-1)\varphi + \varepsilon] + \right.$$

$$+ (kz_{21} + k^2 z_{22} + k^3 z_{23}) \cos[(c+1)\varphi + \varepsilon] + (k^2 z_{32} + k^3 z_{33}) \cos[(c-2)\varphi + \varepsilon] +$$

$$+ (k^2 z_{42} + k^3 z_{43}) \cos[(c+2)\varphi + \varepsilon] + k^3 z_{53} \cos[(c-3)\varphi + \varepsilon] +$$

$$\left. + k^3 z_{63} \cos[(c-3)\varphi + \varepsilon] \right\}, \quad (18)$$

где

$$z_{00} = \rho_{00}, z_{01} = \rho_{01}, z_{02} = \rho_{02} + z_{00} s_{02} + \frac{1}{2} s_{11} \rho_{11} + \frac{1}{2} s_{21} \rho_{11},$$

$$z_{03} = \rho_{03} + \rho_{01} s_{02} + \rho_{00} s_{02} + \frac{1}{2} (s_{12} \rho_{11} + \rho_{12} s_{11} + \rho_{11} s_{22} + \rho_{12} s_{21}),$$

$$z_{11} = s_{11} \rho_{00} + \frac{1}{2} \rho_{11}, z_{12} = \rho_{01} s_{11} + s_{12} \rho_{00} + \frac{\rho_{12}}{2},$$

$$z_{13} = \rho_{02} s_{11} + \rho_{01} s_{12} + s_{13} \rho_{00} + \frac{1}{2} \rho_{13} + \frac{1}{2} \rho_{11} s_{02} + \frac{1}{2} \rho_{11} s_{32} + \frac{1}{2} s_{21} \rho_{22},$$

$$z_{21} = s_{21} \rho_{00} + \frac{1}{2} \rho_{11}, z_{22} = s_{21} \rho_{01} + s_{22} \rho_{00} + \frac{1}{2} \rho_{12},$$

$$z_{23} = \rho_{02} s_{21} + \rho_{01} s_{22} + s_{23} \rho_{00} + \frac{1}{2} \rho_{13} + \frac{1}{2} \rho_{11} (s_{02} + s_{42}) + \frac{1}{2} \rho_{22} s_{11},$$

$$z_{32} = s_{32} \rho_{00} + \frac{1}{2} (s_{11} \rho_{11} + \rho_{22}), z_{33} = s_{33} \rho_{00} + \rho_{01} s_{32} + \frac{1}{2} (s_{12} \rho_{11} + \rho_{12} s_{11} + \rho_{23}),$$

$$z_{42} = s_{42} \rho_{00} + \frac{1}{2} (s_{21} \rho_{11} + \rho_{22}), z_{43} = s_{13} \rho_{00} + \rho_{01} s_{42} + \frac{1}{2} (s_{22} \rho_{11} + \rho_{12} s_{21} + \rho_{23}),$$

$$z_{53} = \frac{1}{2} (s_{32} \rho_{11} + \rho_{22} s_{11} + \rho_{33}), z_{63} = \frac{1}{2} (\rho_{33} + \rho_{22} s_{21} + \rho_{11} s_{42}).$$

Таким образом, на интервале $\alpha_2 < w < \alpha_1$ найдены цилиндрические координаты пробного тела выражениями (2), (3) и (18), как функции времени, посредством (4) для случая гиперболического типа движения в поле тяготения.

Решение получено для орбит малого наклона к основной плоскости в поле тяготения Хилла. Метод решения и полученный результат представляют интерес для широкого круга специалистов и студентов в области динамики полета ИСЗ в нецентральной поле тяготения Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. ШигOLEV Б.М. О промежуточной орбите Хилла в задаче 3-х тел. Труды ГАИШ, 1960. Т.28. С. 91-98.
2. Чеботарев Г.А. Аналитические и численные методы небесной механики. М.-Л.: Наука, 1965. 367 с.

REFERENCES

1. Shigolev B.M. O prozhezhutochnoi orbite Hilla v zadache 3-h tel. Trudy GAISH, 1960. T. 28. S. 91-98.
2. Chebotarev G.A. Analiticheskie i chislennyye metody nebesnoi mehaniki.-M.: Nauka, 1965, 367s

Беков А.А., Шыныбаев М.Д., Жапбаров С.А., Әбжапбаров А.А., Қырғызбаев А.

ХИЛЛ ӨРІСІНДЕГІ СЫНАҚ ДЕНЕ ҮШІН ЦИЛИНДРЛІК
КООРДИНАТТАРДЫ АНЫҚТАУ ӘДІСІНІҢ ЖАҢА ТҮРІ

Мақалада Хилл өрісіндегі сынақ дене үшін цилиндрлік координаттарды анықтаудың жаңа әдісі ұсынылды.

Bekov A.A., Shinibaev M.D., Zhapparov S.A., Abzhapbarov A.A., Kirgizbaev J.A.

A NEW METHOD DETERMINING THE CYLINDRICAL COORDINATES
OF A TEST BODY IN GRAVITATIONAL FIELD OF THE HILL

A new method for determining the cylindrical coordinates of a test body in the second problem in the case of Hill's hyperbolic motion is proposed.

МҮНАЙДАҒЫ ВАНАДИЙ ЖӘНЕ ОНЫ МҮНАЙДЫ ӨНДЕУ, ІЗДЕСТІРУ, ӨНДІРУ ІСТЕРІНЕ ПАЙДАЛАНУ

Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті

1. Ванадийдің мұнайдағы, тіршілік формалары мен оларды анықтау ісі.

Ең алғаш 1956 жылы И.Гарифьянов пен Б.Козырев Бавлинск (Татарстан) мұнайы жағдайында орнықты еркін радикалдың электрондық парамагниттік резонанс (ЭПР) спектрін алды [1]. Бұлар алған ЭПР спектріндегі жалғыз сызық (1-сурет), ол – мұнай құрамында кездесетін, өте орнықты асфальтендік құрылымды, жұпталмаған электроны бар еркін радикалдың ($R\cdot$) сызығы.

1958 жылы Х.Г.Гутовский өзінің көмекшілерімен [2] көптеген табиғи шикі мұнайларда g-факторы 2 және сызықтың еңкею ені $\Delta H = 0,6$ эрстед болатын, И.Гарифьянов пен Б.Козырев ашқан жалғыз сызықтан өзге, басқа да сызықтар желісін байқады.

1-сурет. Бавлинск мұнайындағы (Татарстан) электрондық парамагниттік резонанс. Бұл мұнайдың ЭПР спектріндегі жалғыз сызық, ол асфальтендік құрылымы бар еркін радикалға ($R\cdot$) ғана тән



Бұл сызықтар мұнай құрамында ванадий металының төрт валентті ион түрінде кездесетініне байланысты болды. Мұнай тұтқыр орта болғандықтан, төрт валентті ванадий ионының спектрі анизотропиялық сипат алып, ол 16 желіден тұрады.

1977 жылы Р. Насиров [3] шикі мұнайға толуолды қосып (1:3,55), мұнайдың тұтқырлығын азайту нәтижесінде төрт валентті ванадий ионы кешенінің 8-желіден тұратын тәжірибелік изотропты ЭПР-спектрін алды (2-сурет).

Төрт валентті ванадий ионы құрамындағы дара электрон ванадий ядросымен нәзік әрекеттесіп (НӨ), нәтижесінде өзінің жалғыз сызығын $N = 2nI + 1$ өрнегі бойынша сегіз желіге ыдыратады. Бұл өрнекке сәйкесті ванадий ядросының спині $I_V = 7/2$ болатынын ескеріп, мынаны аламыз:

$$N = 2 \cdot 1 \cdot 7/2 + 1 = 8 \text{ желі.}$$

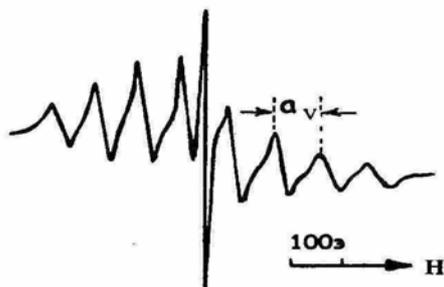
Құрамында еркін радикалы бар мұнай спектрі жалғыз сызықтан тұрады, бұл радикалдың ЭПР спектрі 2-суретте ванадий ионы сигналының аралығынан көрініп тұр. Түрліше мұнайларда әртүрлі дәрежеде кездесетін бұл органикалық еркін радиаклдың (ОЕР) жіңішке құрылымы болмауы, оның жұптаспаған электронының маңында магниттік моменті бар ядролардың болмауынан деп түсіну керек.

Р.Насиров өзінің көмекшелерімен 1977 жылы [3-5] ЭПР – радиоспектроскопия және УК, КЖ-спектроскопиялары көмегімен Каспий маңы мұнайлары құрамындағы ванадилпорфирин кешендерінің құрылымы туралы тәжірибелік мәліметтер алды.

Сондай-ақ өткен ғасырдың 70-жылдарының аяғында игеріле бастаған Бозашы түбегіндегі мұнайларға электрондық парамагниттік резонанс және химиялық әдістермен жүргізілген зерттеулер [3,4] нәтижесінде ванадий металының өндірістік мөлшері барлығы және мұнайдағы барлық ванадий негізінен төрт валентті түрде жүретіндігі туралы алғашқы көзқарас айтылды.

Біздің ЭПР-радиоспектроскопия көмегімен анықтаған ванадий металы эталон ретінде Бүкіл-Одақтық мұнай ғылыми зерттеу геологиялық барлау институтының (Ресей) ғалымдары

Маңғышылақ облысының Қаражанбас, Бозашы, Қаламқас және Жалғызтөбе мұнай кеніштеріндегі ванадийдің геологиялық қорын анықтау кезінде пайдаланды [6-8].



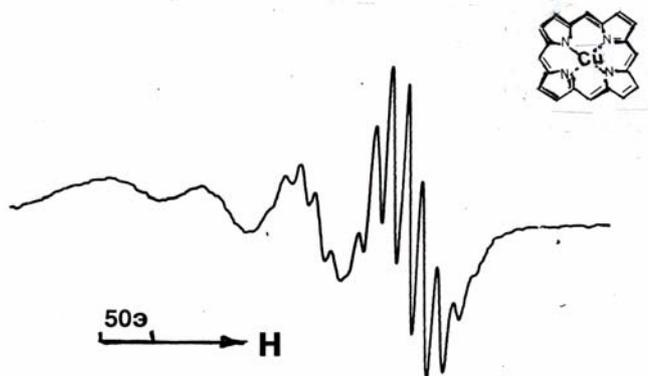
2-сурет. Қаражанбас мұнайындағы ванадий ионының VO^{2+} изотропты ЭПР спектрі

Шикі мұнай спектрі $120^{\circ}C$ температурада жазылған
Ортадағы жалғыз сызық еркін радикалдың ($\cdot R$) ЭПР спектрі

Одан кейінгі зерттеу жұмыстарында [9-13] мұнайдан бөлініп алынған ванадилпорфириндерді ЭПР-радиоспектроскопиясы, КЖ-спектроскопиясы және масс-спектрометрия әдістерімен зерттеу нәтижелері Каспий маңы мұнайларында негізінен VO^{2+} ионының этиопорфириндермен және дезоксофиллоэритроэтиопорфириндермен кешенінің орын алатынын, ал аз мөлшерде (10%) олардың аномальды компоненттері (М-4, М-6, М-8, М-10 және М-12) болатынын көрсетті. Құрамында ванадийі көп Бозашы түбегі мұнайларында (230г/т) ванадийдің 15 %-ы ғана [13-15] порфириндермен кешен түзсе, ал қалған бөлігі мұнайдың гетероатомдық қосылыстарының құрамына енеді.

Анықталған ванадилпорфириндердің құрамында төрт азот атомының барлығы кешен құрамындағы ванадил ионын мыстың ионына (Cu^{2+}) алмастыру арқылы дәлелденді [16]. Бұл үшін Қаражанбас мұнайынан бөлініп алынған ванадилпорфилин концентратынан ванадил ионынын айырып және олардан порфириндердің екі түрін этиопорфириндерді (ЭП) және дезоксофиллоэритроэтиопорфириндерді (ДФЭП) хроматография әдісімен бөлу жүзеге асырылды. Алынған порфириндердің екі түрінің тазалығы 85-95% жеткізілді. Бөлініп алынған этиопорфирин хлороформда бөлме температурасында $CuCl_2$ тұзымен әрекеттестірілді. 3-суретте этиопорфириннің Cu^{2+} ионымен түзген кешенінің ЭПР-спектрі көрсетілген.

Cu^{2+} ЭП жазық-квадрат құрылымға ие болғандықтан, ондағы мыс ионы порфирин сақинасындағы 4 эквивалент азот атомдары жазықтығында орналасады. Бұл кешеннің изотропты ЭПР-спектрі 4 АЖҚ-нан тұрады. Мұндай 4 жолақ мыс ионының жұпталмаған электронының спині $3/2$ болатын мыс ядросымен аса нәзік әсерлесуі нәтижесінде пайда болады. Мыс ионы үшін нәзік әрекеттесу тұрақтысы $a_{Cu}=102.5$ э, ал $g_{изо}=2,101$ болды.



3-сурет. Қаражанбас мұнайынан бөлініп алынған VO-этиопорфириннен синтезделген Cu-этиопорфириннің хлороформдағы $25^{\circ}C$ температурада жазылған ЭПР-спектрі

Алынған спектрге зер салсақ, онда күшті магнит өрісі жағындағы мыс ионы жолақтарында мыстың дара электронының ары қарай порфирин сақинасындағы 4 эквивалент азот ядросымен әрекеттесуі нәтижесінде қосымша АЖҚ байқалады. 9 сызықтан тұратын АЖҚ қарқындылықтары биноминальды заңға бағынады 1:4:10:16:19:16:10:4:1. Міне осылайша Cu^{2+} ЭП комплексі көмегімен Каспий маңы мұнайларында ванадил VO^{2+} ионының порфириндермен кешенді қосылыстар жасақтайтыны түбегейлі дәлелденді.

[17] жұмыста түрліше аймақтардағы жалпы ванадий мөлшерінің таралуын зерделеу нәтижелері келтіріліп, ванадийдің мұнайда әртүрлі тотығу дәрежелерінде болатыны айқындалды. Егерде мұнайдағы ванадийдің төрт валентті күйін тікелей оның ЭПР-спектрі бойынша анықтасақ, ал ванадийдің басқа тотығу формаларын анықтау үшін өзге физика-химиялық әдістер қажет.

Каспий маңы ойпатының түрліше мұнайларындағы ванадий мөлшерінің ЭПР-әдісімен анықталған нәтижелерін рентгенфлуоресцентті талдау (РФТ), атомды-обсорбциялық спектроскопия, нейтронды-активациялық талдау (НАТ) және химиялық әдістер көмегімен алынған ванадий мөлшерімен салыстыру, бұл аймақтың мұнайларындағы ванадийдің негізгі тіршілік формасы, оның төрт валентті күйі екенін анықтады [18-21].

Осыған байланысты, көптеген жағдайларда, бұл аймақтың құрамында ванадийі көп мұнай кеніштері үшін ванадийдің геологиялық қорын анықтау ісінде жоғарыда аталған физика-химиялық әдістерге қарағанда ЭПР-спектроскопия әдісінің тиімділігі өте жоғары болатыны дәлелденді.

Бұл мақсатта НАТ әдісін ванадийдің жалпы мөлшерін анықтауға қолдану кезінде белгілі технологиялық қиыншылықтарға ұшырасақ, ал РФТ-көмегімен ванадийді анықтау кезінде оның спектральдық жолағына, титанның спектральдық жолағының қаптасуы, ванадийдің анықталу дәлдігін төмендетеді [22]. Қазіргі кезеңде мұнайды өңдеу ісінде ванадийдің теріс әсеріне байланысты және ванадийі көп мұнайлардан ванадий металын бөліп алудың қажеттігіне байланысты, ванадийдің мұнайдағы формаларын анықтаудың маңызы арта түседі [23].

Батыс Сібір мұнайларындағы ванадийдің тіршілік формаларын анықтау ісін зерделеу, ондағы жалпы ванадий мөлшері мен төрт валентті ванадий мөлшері арасында үлкен алшақтық бары анықталды [24]. Ал керісінше Коми Республикасы мұнайларында өзінің өте қозғалғыштығы нәтижесінде, ванадийдің бес валентті формасы, ондағы жалпы ванадийдің 5% -нан аспайтыны дәлелденді [25]. Жоғарыда қарастырылған НАТ және РФТ әдістерінде орын алған кемшіліктерге байланысты ванадийдің мұнайлардағы геологиялық қорын есептеуде және зертханалық жаппай талдауларда дәстүрлі колориметрлік (ГОСТ 10364-63) әдіс кең қолданылады.

Бұл әдістің мәні зерттелетін мұнай және оның өнімдерінің күліне тұз, фосфор қышқылдармен және натрий вольфраматымен әсер еткеннен кейінгі түзілетін фосфорлы-вольфрамды-ванадий кешенін фотометр көмегімен зерттеуге негізделген. Бірақ айтар жай, бұл дәстүрлі әдістің барлық жағдайларда сезімталдығы және селективтілігі жоғарғы дәрежеде бола бермейді. Бұған қоса мұнайдағы және оның өнімдеріндегі ванадий мөлшерін анықтау ісі бірнеше сатыдан тұрып, көп уақытты қажет етеді.

Осы айтылғандарға қатысты бұл бөлімде ЭПР-спектроскопия көмегімен мұнайдағы және оның күліндегі ванадийдің жалпы мөлшерін анықтау әдістемесі ұсынылады [22].

Мұнайдағы ванадийдің жалпы мөлшерін анықтаудың бұл әдісі, оның күліндегі ванадийдің бес тотығының (V_2O_5) қоюлатылған тұз қышқылымен әрекеттесуіне негізделген:



Зерттелген мұнайлар мен олардың күліндегі ванадийдің жалпы мөлшері түзілген хлорлы ванадил қосылысының келтірілген анизотропты спектрінен анықталды. Кестеде осы ұсынылған әдіс бойынша мұнайдағы және оның күліндегі ванадий мөлшері келтірілген. Алынған нәтиже мұнайдағы ванадийдің ЭПР-әдісімен анықталған жалпы мөлшері РФТ-әдісімен алынған ванадийдің мөлшерімен сәйкес келетінін дәлелдеді. Бұл әдіс зертханаларда кеңінен қолданылатын дәстүрлі фотоколориметрлік әдіске қарағанда аса тиімді және дәлдігі де өте жоғары.

Американ ғалымдарының [26] ұсынысы бойынша мұнайдағы ванадий мөлшерін анықтау үшін, оның ЭПР спектрін -90°C жазады, өйткені бұл температурада мұнай қатты фазаға айналып, ванадий үшін өлшенетін желі қарқындылығы мұнай тығыздығына байланысты болмайды. Зерттелетін мұнай үлгісінің бұл температурасын тұрақты ұстау, сұйық азотты оған газ түрінде үретін температура қондырғысы арқылы іске асады.

Кесте. Мұнайдағы және оның күліндегі ванадий мөлшері, %

| Мұнай | Күл шығымы | Ванадий мөлшері | | Күлге есептегенде |
|-----------------|------------|-----------------|--------|-------------------|
| | | РФТ | ЭПР | |
| Қаламқас, 52 | 0,087 | 0,0154 | 0,0148 | 17,5 |
| Ботахан, 68 | 0,037 | 0,0025 | 0,0022 | 12,9 |
| Қаражанбас, 851 | 0,09 | 0,029 | 0,026 | 28,9 |

Арнайы ұсынылған кішкене Дьюар ыдысы көмегімен Оңтүстік Шығыс Камышиті мұнай кенішінің он бестей ұңғысынан алынған мұнайлар үшін сұйық азот температурасында алынған нәтижелер америкалық ғалымдары ұсынған температурада анықталған нәтижелерге толық сәйкес келді [27].

Бұл ұсынылған әдіс сұйық азотты көп шығындамай, температура қондырғысын қажет етпейтіндіктен және экспресті болғандықтан, мұнайдағы және оның фракцияларындағы, бөліктеріндегі ванадийді анықтау ісі сұйық азот температурасында жүргізілді [28-30].

Жоғарыда айтылған Батыс Қазақстан мұнайларынан бөлініп алынған ванадилпорфириндерде мұнайлардағы барлық ванадийдің 15% ғана шоғырланады. Ал қалған ванадийдің төрт валентті бөлігі порфиринді емес оксокешендердің құрамына енеді. Міне осыған байланысты ванадилпорфиринді кешендері өте аз мұнайлар арнайы зерттелді. Мұнайларда ванадил кешенінің ЭПР-спектрінің еңкею ені жекелеген кешендердің спектрінің еңкею енінен көп болады. Кешенді лигандының табиғатына байланысты ванадилкешендерінің түрліше болатынына Қожасай мұнайының ЭПР-спектрін талдау арқылы көз жеткізуге болады. Мұндағы ванадий кешенінің шеткі сызығы $m_z = +7/2$ екі компонентке жіктеліп тұр, бұл ванадилдің кемінде екі кешені барын көрсетті. Бұнда ванадилдің орталық сызығы $m_z = +1/2$, орнықты еркін радикалдың жалғыз жолағымен қаптасып тұр, сондықтан ванадил кешендерінің бұндай мұнайларда [26] әдісімен анықтау қиын.



4-сурет. 77 К Қожасай мұнайының ЭПР-спектрі: а – тұтас спектрі, б – $m_z = +7/2$ компонентінің үлкейтілген түрі

Бұнда ванадий $m_z = +5/2$ сызығының қарқындылығымен өлшенеді. Құрамында екі кешені бар ванадий қосылыстары Ембі аймағымен (Әлімбекмола, скв.5, Орысқазған, скв.46, Ботақан, скв.10, Матин, скв.1) және Жайық пен Еділ арасындағы мұнай кеніштерінен (Новобогат, Камышитый, Жанаталап, Ровное) табылды [17,31]

ӘДЕБИЕТ

1. Гарифьянов Н.С., Козырев Б.М. Парамагнитный резонанс в антраците и других углеродистых веществах // ЖЭТФ. –1956. –№2. –С.255–263.
2. Gutowski H.S. Carbonaceous free radicals in crude petroleum // J. Chem. –1958. V.28. P.744-745.
3. Насиров Р., Солодовников С. П. Определение ванадилпорфириновых комплексов в нефтях методом ЭПР // Химия и технология топлив и масел – 1978. №1. С. 56–58.
4. Насиров Р., Солодовников С.П., Нысанов Т. Ванадий в нефтях Казахстана // IV Республиканская конференция по нефтехимии “Состав, переработка и транспорт. нефтей Казахстана”. Гурьев, 1977. С.100-101.
5. Насиров Р.Н., Кушалиева П.А. Изучение и выделение ванадилпорфиринов из нефтей полуострова Бузачи // Химия природных соединений. 1978.- № 1. С. 389-393.
6. Акт об использовании материалов Р.Насирова в работах по подсчету запасов ванадия в нефтях месторождений Мангышлакской области. 24.03.1992. №08-1. Подписан зав.отделом ВНИГРИ, доктор геолого-минералогических наук, лауреат Государственной премии В.В.Грибков.
7. Грибков В.В. Техничко-экономическое обоснование проекта кондиций и подсчет запасов ванадия в нефтях Каражанбасского, Северо-Бузачинского и Жалгызтубинского месторождений Мангышлакской области. Каз.ССР // Труды института ВНИГРИ. 1977. Вып.7. С.24-27.

8. Грибков В.В. Техничко-экономическое обоснование проекта кондиций на ванадий в нефтях месторождений Бузачинского нефтеносного района и подсчет запасов ванадия в нефтях Каламкасского месторождения Мангышдакской области Каз.ССР // Труды института ВНИГРИ. 1979. Вып.4. С.41-43.
9. Насиров Р., Вельк О.Д. Изучение состава и структуры металлопорфиринов нефтей междуречья Волги и Урала // Экспресс-информация. Сер. Нефтепромысловое дело. 1992. №6. С.15-21.
10. Насиров Р., Вельк О.Д. Состав и структура металлопорфиринов нефтей Западного Казахстана // Изв. АН Республики Казахстан. Сер. химичес. 1992. №2. С.78-83.
11. Насиров Р., Вельк О.Д. Изучение распределения металлопорфиринов в нефтях п-ва Бузачи, обогащенных ванадием // Изв. АН Республики Казахстан. Сер. химич., 1992. №5. С.76-80.
12. Насиров Р. Н., Букейханов Н. Р., Вельк О. Д., Шаяхметова К. Р. Порфирины нефтей Западного Казахстана // Изв. АН РК. Сер. хим. 1993.-№ 5. С. 81-88.
13. Насиров Р.Н., Вельк О.Д. О выделении порфиринов из нефтей месторождения Каражанбас // Экспресс-информация. Сер. Нефтепромысловое дело. – 1992. – № 3. С.12 -13.
14. Насиров Р., Баймагамбетов К., Муханова М.У., Вельк О.Д. Распределение ванадия в нефтях Западного Казахстана // Химия и технология топлив и масел.1990. №9. С.15-16.
15. Насиров Р., Вельк О.Д., Солодовников С.П. Определение содержания ванадия и ванадил-порфиринов в нефтепродуктах методом ЭПР // Химия и технология топлив и масел.1991.№11. С.30-31.
16. Насиров Р. Комплексы порфиринов Каражанбасской нефти с ионами переходных металлов // Химия природных соединений. 1990. С.21. №5. С.21-24.
17. Насиров Р. Парамагнетизм нефтей и пород Прикаспия. М.: Недра, 1993. С. 128.
18. Насиров Р., Куспаналиев Т.К., Намазов С. Использование парамагнетизма ванадия при решении задач разработки нефтяных месторождений Западного Казахстана // Геология нефти и газа. 1991. №8. С.19.
19. Насиров Р., Кыинов Л.К., Ескалиев У.Е. Определение содержания ванадия методом ЭПР // Нефтяное хозяйство. 1991. №3. С.27.
20. Насиров Р., Солодовников С.П., Якуцени С.П. Сопоставление результатов определения ванадия в нефтях методами ЭПР и ФПРА // Нефтяное хозяйство. 1992. №10. С.27.
21. Насиров Р., Кожобаев А.С., Калинин М.К. Результаты изучения характеристики нефтей междуречья Волги-Урала методом ЭПР//Геология нефти и газа.1992, №3, С.43
22. Насиров Р., Насиров А.Р., Сапарова Ж., Юсупова И. Использование методы ЭПР-радиоспектроскопии для оценки различных форм ванадия в сырых нефтях // Доклады НАН РК.2005.№6.С.36-42.
23. Nasirov R., Nasirov Aizat R. Investigation of Vanadium in Crude Oils of the Caspian Region by Electronic Paramagnetic Resonance (EPR) Method //Abstract of 48th Rocky mountain conference on analytical chemistry.- Breckenridge, Colorado, 2006. P. 65.
24. Гончаров И.В. Геохимия нефтей Западной Сибири. М.: Недра, 1987. 181 с.
25. Якуцени С.П. Новые источники ванадий-никелевого сырья в Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции// В сб.: Проблемы оценки ресурсов и комплексного освоения природных битумов, высоковязких нефтей и сопутствующих им металлов. Л.: Изд-во ВНИГРИ, 1990. С.65–67.
26. Saraceno A. T., Fanale D. T., Coggeshal N. D. An electronic paramagnetic resonance investigation of vanadium in petroleum oils // Anal. Chem., 1961. V. 33. P. 500–505.
27. Насиров Р., Солодовников С.П. Определение точности измерения ванадия в нефтях методом ЭПР при температуре жидкого азота // Нефтяное хозяйство. 1992. №7. С.26–27.
28. Насиров Р., Бубнов Н.Н., Солодовников С.П., Вельк О.Д. Сравнительное определение ванадия в нефтях методом ЭПР при температуре -90⁰ и -196⁰ С. // ВНИИОЭНГ. Нефтепром. дело.1992. Вып.3. С.14-16.
29. Насиров Р., Шудабаев К.С., Имашева С.Н. Содержание ванадия и свободных радикалов в нефтях месторождений Эмбинского региона // ВНИИОЭНГ. Нефтепромысловое дело.1992.Вып.7.С.8-11.
30. Насиров Р., Те Л. А. Джексенов М. Способ определения содержания ванадия в нефтях и нефтепродуктах. Пред. патент РК, №15051 Официальный бюллетень, 2004, № 11
31. Насиров Р., Вельк О. Д. Ванадий и металлопорфириновые комплексы нефтей месторождений Прикаспия.- Алматы: Казак университети, 2008. -150 с.

Насиров Р.

ВАНАДИЙ В НЕФТИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ, ПОИСКЕ И ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

В этой работе приводятся результаты собственного исследования ванадия в сырых нефтях Прикаспийского региона. Установлены основные формы нахождения ванадия и методы их определения.

Nasirov R.

VANADIUM IN CRUDE OIL AND ITS USE IN PROCESSING, SEARCHING AND PRODUCTION OF HYDROCARBONS

In this paper we present the results of its own investigation of vanadium in crude oils from the Caspian region. The basic forms of occurrence of vanadium and methods for their determination.

*Е.И. ПОНОМАРЕВА, М.Р. БИСЕНГАЛИЕВА,
А.С. МУКУШЕВА, А.К. КОЙЖАНОВА, Л.Л. ОСИПОВСКАЯ*

РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛЬВАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕРЕБРА

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», г. Алматы

Рассмотрены комплексные соединения серебра смешанного состава с цианид-, роданид- и тиосульфат-ионами. Расчеты комплексных соединений серебра проводились с помощью полуэмпирического метода PM6, входящего в состав пакета программ квантово-химического расчета MOPAC. Составлены всевозможные варианты структур комплексных ионов серебра с рассматриваемыми лигандами. Для этих соединений рассчитаны теплоты образования в газовой фазе и в водной среде, а также энергии гидратации. На основе результатов расчетов этих параметров были определены наиболее устойчивые структуры комплексных соединений золота и серебра с цианид-, роданид- и тиосульфат-ионами

Основной тенденцией развития работ в гидрометаллургии благородных металлов является снижение объемов использования и отказ от ядовитого цианида, замена его на менее токсичное соединение. Затраты на полное уничтожение цианидов в стоках предприятий сравнимы с затратами на осуществление основного процесса. Высокая токсичность цианистых растворов, их вредное воздействие на окружающую среду и дороговизна обуславливают необходимость поиска эффективных альтернативных реагентов-растворителей золота и серебра. Исключение цианистых солей из процесса добычи золота в ближайшей перспективе малореально, и это сохраняет актуальность вопроса поиска новых эффективных заменителей цианидов.

Для определения наиболее стабильных продуктов выщелачивания золота и серебра различными комплексообразующими агентами в первую очередь требуется определить степень устойчивости возможных образующихся комплексных соединений, с которыми следует проводить дальнейшие расчеты [1-4]. При проведении поиска в литературных источниках было установлено, что для ряда комплексных соединений благородных металлов известны их термодинамические характеристики, однако для соединений с двумя и более типами лигандов, как правило, эти данные отсутствуют. Расчеты энергетических характеристик комплексных ионов производились с помощью программы MOPAC полуэмпирическим методом PM6 в свободном состоянии для газовой фазы и для водной среды с помощью процедуры COSMO.

Квантово-химический расчет комплексных соединений Ag(I) линейного строения

Комплексные соединения серебра (I) по своему строению схожи с комплексными ионами одновалентного золота. Квантово-химические расчеты энергий образования и гидратации были произведены для 15 изомеров комплексных соединений Ag(I) линейной конфигурации с лигандами, представленными цианид-, роданид- и тиосульфат-ионами в различных комбинациях [5-9].

Расчетные термодинамические свойства рассматриваемых комплексных ионов серебра (I) приведены в таблице. По результатам проведенных расчетов установлено, что комплексные соединения серебра в степени окисления (I) линейной конфигурации с рассматриваемыми лигандами проявляют достаточно высокую устойчивость геометрии. Для всех рассчитываемых молекул не наблюдалось никакого искажения конфигурации ни в газовой фазе, ни в водной среде. Однако дополнительной координации и достройки до октаэдрической структуры также не наблюдалось (рисунок).

Для всех вариантов исследуемых комплексных ионов рассчитанные значения энергии образования в водной среде составляли отрицательную величину, то есть полученные конфигурации рассматриваемых ионов являются энергетически выгодными.

При включении в молекулу рассматриваемых комплексных соединений, помимо цианидных лигандов, еще и роданид- либо тиосульфат-ионов, в большинстве случаев наблюдается увеличение расчетного значения энергии гидратации исследуемых комплексов.

Таблица. Термодинамические свойства комплексных соединений серебра (I) линейной конфигурации

| № п/п | Комплекс | $\Delta H_{\text{обр.}}(\text{газ.}),$ кДж/моль | $\Delta H_{\text{обр.}}(\text{водн.}),$ кДж/моль | Эн-я гидр-и, кДж/моль |
|-------|--|--|---|--------------------------|
| 1 | $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ | 237.80 | -3.484 | 241.28 |
| 2 | $[\text{Ag}(\text{CN})(\text{SCN})]^-$ | 131.01 | -96.46 | 227.48 |
| 3 | $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$ | 20.41 | -197.32 | 217.73 |
| 4 | $[\text{Ag}(\text{CN})(\text{NCS})]^-$ | 131.20 | -100.80 | 232.00 |
| 5 | $[\text{Ag}(\text{NCS})_2]^-$ | 38.45 | -198.56 | 237.00 |
| 6 | $[\text{Ag}(\text{SCN})(\text{NCS})]^-$ | 28.87 | -197.42 | 226.30 |
| 7 | $[\text{Ag}(\text{CN})(\text{S}_2\text{O}_3)]^{2-}$ | -538.68 | -1334.25 | 795.57 |
| 8 | $[\text{Ag}(\text{CN})(\text{O}_3\text{S}_2)]^{2-}$ | -446.54 | -1260.37 | 813.82 |
| 9 | $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ | -1145.56 | -2694.21 | 1548.65 |
| 10 | $[\text{Ag}(\text{O}_3\text{S}_2)_2]^{3-}$ | -987.64 | -2501.68 | 1514.04 |
| 11 | $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)(\text{O}_3\text{S}_2)]^{3-}$ | -1072.15 | -2597.46 | 1525.31 |
| 12 | $[\text{Ag}(\text{SCN})(\text{S}_2\text{O}_3)]^{2-}$ | -679.04 | -1444.34 | 765.30 |
| 13 | $[\text{Ag}(\text{NCS})(\text{S}_2\text{O}_3)]^{2-}$ | -681.83 | -1424.36 | 742.52 |
| 14 | $[\text{Ag}(\text{SCN})(\text{O}_3\text{S}_2)]^{2-}$ | -578.38 | -1373.09 | 794.71 |
| 15 | $[\text{Ag}(\text{NCS})(\text{O}_3\text{S}_2)]^{2-}$ | -577.97 | -1347.31 | 769.35 |

Примечание: Жирным шрифтом выделены наиболее устойчивые комплексы

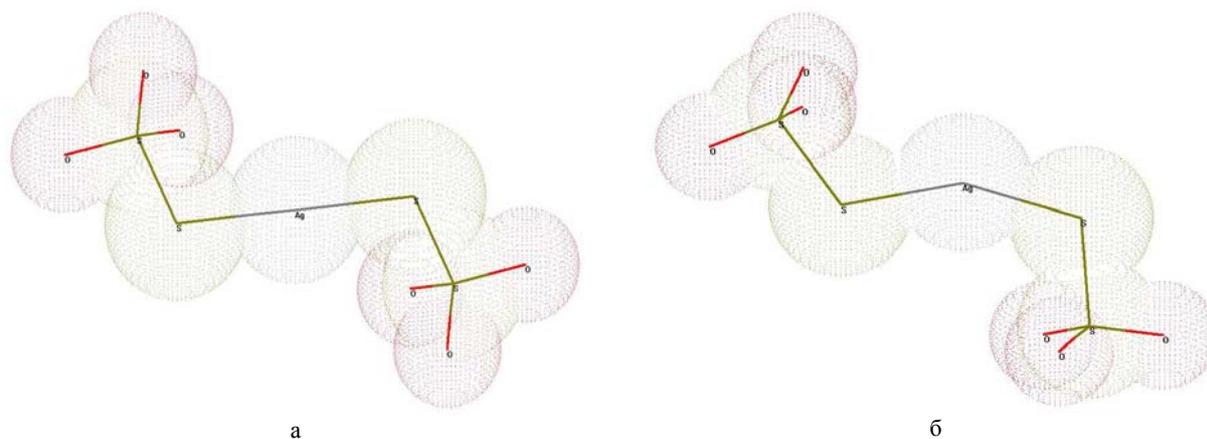


Рис. Комплексный ион $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$: а) структура в газовой фазе; б) структура в водной среде

Данный факт положительно сказывается на устойчивости комплексного соединения в растворе. Среди комплексных ионов серебра (I) с лигандами из цианид- и роданид-ионов наибольшей величиной энергии гидратации обладает соединение состава $[\text{Ag}(\text{CN})(\text{SCN})]^-$. Для смешанных комплексных соединений серебра с тиосульфат-ионами наибольшие значения энергий образования в водной среде и в газовой фазе показывают соединения, в состав которых входят роданид- и тиосульфат-ионы. Однако наибольшие для этих веществ этого типа величины энергий гидратации наблюдаются для комплексных соединений, лигандами у которых являются одновременно цианид- и тиосульфат-ионы. Для соединений серебра (I) с лигандами,

представленными только тиосульфат-ионами, максимальное значение энергии гидратации рассчитано для комплексного иона состава $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$.

Таким образом, для комплексных соединений серебра (I) с цианид-, роданид- и тиосульфат лигандами было составлено 15 вариантов, для которых с использованием методов квантово-химического расчета проводились вычисления их структуры и свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. – Ростов-на-Дону: Феникс. 1997. – С. 188.
2. Минкин В.И., Миняев Р.М. Физическая химия. Современные проблемы. М.: Химия, 1983.
3. Кобзев Г.И. Применение неэмпирических и полуэмпирических методов в квантово-химических расчетах. – Оренбург, 2004.- 150 с.
4. Курьшева А.С. и др. // Журн. физич. химии. – 2004. –Т. 78. – № 2. – С.229-233.
5. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. – М.: «Мир», 1969. – Т. 3. – 592 с.
6. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. – М.: «Мир», 1972. – Т. 2. – 872 с.
7. Химическая энциклопедия. Редкол.: Зефирова Н.С. (гл. ред.) и др. – М.: «Большая Российская энциклопедия», 1995. – Т. 4. – 639 с.
8. <http://OpenMOPAC.net>. James J. P. Stewart, Stewart Computational Chemistry. MOPAC2009, Version 10.288W.
9. Stewart J.J.P. Optimization of parameters for semiempirical methods V: Modification of NDDO approximations and application to 70 elements // J. Mol. Mod. – 2007. – Vol. 13 – P. 1173-1213.

REFERENCES

1. Minkin V. I, Simkin B. Ja, Minyaev P.M. The theory of molecular structure. – Rostov-on-Don: Phoenix. 1997. – P. 188.
2. Minkin V. I, Minyaev R.M. Physical chemistry. Modern problems. M: Chemistry, 1983.
3. Kobzev G. I. Application of not empirical and semiempirical methods in quantum-chemical calculations. – Orenburg, 2004. – 150 p.
4. Kuryshcheva A.S., etc Journalism of physical chemistry. – 2004.–. 78. – № 2. – С.229-233.
5. Cotton F, Wilkinson Dzh. Modern inorganic chemistry. – M: "World", 1969. – Т. 3. – 592 with.
6. Ripan R, Chetyanu I. Inorganic chemistry. – M: "World", 1972. – Т. 2. – 872 p.
7. Chemical encyclopedia. The editor-in-chief: Zefirov N.S., etc. – M: «the Big Russian encyclopedia», 1995. Т. 4. – 639 p.
8. <http://OpenMOPAC.net>. James J. P. Stewart, Stewart Computational Chemistry. MOPAC2009, Version 10. 288 W.
9. Stewart J.J.P. Optimization of parameters for semiempirical methods V: Modification of NDDO approximations and application to 70 elements // J. Mol. Mod. – 2007. – Vol. 13 – P. 1173-1213.

*Пономарева Е.И., Бисенгалиева М.Р.,
Мұқышева А.С., Қойжанова А.К., Осиповская Л.Л.*

КҮМІСТІҢ СОЛЬВАТТЫ КЕШЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІ

Күмістің аралас құрамының цианид, роданид және тиосульфат иондарымен кешенді қосылыстары қарастырылған. Күмістің кешенді қосылыстарының есебі, жартылай эмпирикалық PM-6 әдісінің көмегімен, бұл бағдарламаның құрамына квантты-химиялық MOPAC әдісі кірген. Қарастырылған лигандтармен күміс иондарының барлық кешенді құрылымдары байланыстырылған. Осы қосылыстарға газды және сулы ортада жылу түзілудің, жылу гидратациясы есептелген. Осы есептеудің нәтижесінде алтын мен күмістің кешенді қосылыстарының цианид, роданид және тиосульфат иондарымен тұрақты құрылымдары анықталған.

*Ponomaryova E.I., Bisengalieva M.R.,
Mukusheva A.S., Koizhanova A.K., Osipovskaya L.L.*

CALCULATION OF THERMODYNAMIC AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF SOLVATE SILVER COMPLEXES

In the article are considered complex silver compound of the mixed structure with cyanide rodanid and thiosulfate ions. Calculations of complex silver compounds were carried out using the semiempirical method PM6, which is part of the software package of quantum-chemical calculations MOPAC. There are made all possible structures variants of complex ions of silver with the considered ligands. For these compounds are calculated heats of formation in the gas phase and in aqueous medium, as well as the energy of hydration. Based on the results of calculations of these parameters have been determined the most stable structures of complexe gold compound and silver with cyanide, rodanid and thiosulfate ions.

УДК 669.85/.86:
553.495

В.А. КОЗЛОВ, Т.Ю. СУРКОВА, С.Б. ЮЛУСОВ, М.Н. КВЯТКОВСКАЯ

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», г. Алматы
(Представлена академиком Пономаревой Е.И.)

После извлечения урана, молибдена и ванадия из продуктивных растворов переработки черносланцевых руд последние содержат 70-90 мг/дм³ редкоземельных элементов и значительное количество примесных – железа и алюминия, отрицательно влияющих на сорбционное и экстракционное извлечение РЗЭ. В статье рассмотрены вопросы очистки данных растворов от примесных элементов термогидролизом. Рассчитаны порядок реакции, константа скорости и эффективная энергия активации, определены оптимальные условия ведения процесса гидролитического осаждения. Показана принципиальная возможность последующего сорбционного извлечения РЗЭ из очищенных растворов с одновременным частичным их разделением.

На сегодняшний день запасы богатых руд практически исчерпаны, что требует вовлечения в сферу производства некондиционного сырья с низким содержанием ценных компонентов, так называемого «забалансового». К некондиционному или забалансовому сырью относятся черные сланцы. В состав черносланцевых руд входят минералы, содержащие такие ценные компоненты, как ванадий, уран, молибден, марганец, редкоземельные элементы [1,2].

При переработке черносланцевых руд промышленные растворы, после извлечения урана, молибдена и ванадия, содержат 70-90 мг/дм³ редкоземельных элементов, спрос на которые на мировом рынке резко возрос в последние годы. В растворах также имеет место повышенное содержание железа и алюминия, негативно влияющих [3,4] на сорбционное и экстракционное извлечение РЗЭ.

В задачи исследований входило изучение условий гидролитического осаждения примесных элементов с последующим сорбционным извлечением редкоземельных.

Объект и задачи исследований. Объектом исследований явились техногенные растворы переработки черносланцевых руд после извлечения из них урана, молибдена и ванадия. Состав растворов следующий, г/дм³: Fe – 7,76, Al – 8,71, V – 0,79, Cr – 0,18, Mn – 0,019, As – 0,008, Σ РЗЭ – 0,087. Содержание отдельных редкоземельных элементов составляет, мг/дм³: La – 3,3, Ce – 10,0, Y – 37,2, Dy – 5,1, Pr – 3,4, Nd – 16,2, Sm – 3,9, Gd – 8,6.

В задачи исследований входило отделение примесных элементов от РЗЭ и последующее их сорбционное извлечение.

Методика проведения экспериментов.

Гидролитическое осаждение примесных элементов вели при температурах 50-95⁰С. Исходный раствор нагревали до заданной температуры, нейтрализовали до pH 4 и постепенно охлаждали, анализируя на содержания редкоземельных и примесных элементов через определенные промежутки времени. [5]

Сорбцию из очищенных растворов вели по общепринятой методике при перемешивании. [6]

Методы анализа.

Концентрацию редкоземельных элементов в растворе определяли с помощью оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно- связанной плазмой Optima 2000DV фирмы Perkin Elmer (США) 2001.

Фазовый состав осадка определяли на рентгеновском дифрактометре «Bruker D8 Advance».

Термические кривые были получены в ходе нагрева осадка до температуры 830⁰С со скоростью 10⁰С/мин. в атмосфере высокоочищенного аргона. Использовали синхронный термический анализатор STA 449 F3. Величина навески составляла 0,264г.

Результаты и их обсуждение. Наиболее эффективным методом осаждения поливалентных металлов, в частности, железа, является гидролитический способ.

В этой связи исследование кинетики процесса термогидролиза представляет интерес с практической точки зрения, т.к. способствует выявлению факторов, оказывающих наибольшее влияние на скорость и степень осаждения элементов.

Результаты гидролитического осаждения примесных элементов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Кинетические зависимости гидролитического осаждения примесных элементов

| Время, мин. | Содержание, г/дм ³ | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------|------|-------|-------------------------------|------|-------|-------------------------------|------|-------|
| | Fe | Al | V | Fe | Al | V | Fe | Al | V |
| | Температура 50 ⁰ С | | | Температура 70 ⁰ С | | | Температура 90 ⁰ С | | |
| 15 | 0,47 | 5,52 | 0,014 | 0,48 | 8,04 | 0,013 | 0,44 | 8,42 | 0,012 |
| 30 | 0,31 | 4,91 | 0,012 | 0,34 | 7,81 | 0,012 | 0,28 | 8,13 | 0,011 |
| 60 | 0,26 | 4,73 | 0,011 | 0,28 | 7,62 | 0,011 | 0,23 | 8,01 | 0,010 |
| 120 | 0,21 | 4,42 | 0,010 | 0,31 | 7,73 | 0,011 | 0,25 | 8,21 | 0,011 |
| 240 | 0,20 | 4,41 | 0,010 | 0,35 | 8,01 | 0,010 | 0,36 | 8,31 | 0,011 |

Как следует из таблицы, гидролитическое осаждение примесей целесообразно вести при 50⁰С, при более высокой температуре наблюдается частичное растворение образовавшегося осадка.

Изменение концентрации редкоземельных элементов в процессе термогидролиза при 50⁰С представлено в таблице 2. Как следует из таблицы, уже в течение первых 15 минут термогидролиза (50⁰С) наблюдается соосаждение редкоземельных элементов с примесными. В течение первого часа железо осаждается в среднем на 95 %, осаждение алюминия составляет свыше 50%, ванадия – свыше 90 %, Σ РЗЭ – около 20 %, что подтверждено термогравиметрическими исследованиями данного осадка, фиксирующими присутствие в нем соединений редкоземельных элементов (рисунок 1а,в,с).

Таблица 2. Кинетика осаждения редкоземельных элементов в процессе термогидролиза

| № п/п | Время термогидролиза, | Содержание, мг/дм ³ | | | | | | | |
|-------|-----------------------|--------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | | La | Ce | Y | Dy | Pr | Nd | Gd | Sm |
| 1 | Исходный р-р | 3,31 | 10,0 | 32,52 | 5,11 | 3,42 | 16,21 | 8,66 | 3,92 |
| 2 | 15 минут | 3,14 | 9,15 | 30,08 | 5,01 | 3,22 | 15,74 | 8,28 | 3,82 |
| 3 | 30 минут | 2,94 | 8,64 | 28,57 | 4,57 | 3,05 | 13,66 | 7,49 | 3,71 |
| 4 | 60 минут | 2,71 | 8,11 | 26,01 | 4,23 | 2,91 | 12,63 | 7,35 | 3,53 |
| 5 | 120 минут | 2,69 | 8,07 | 25,87 | 4,01 | 2,89 | 12,47 | 7,08 | 3,31 |

Из рисунка №1а видно, что кривая ДТА не несет практически никакой информации. С целью получения более подробных сведений с помощью программного обеспечения NETZSCH Proteus была получена первая производная от вышеназванной кривой (рисунок 1в). На ней проявился ряд термических эффектов, некоторые из которых, предположительно, можно связать с проявлениями соединений РЗЭ. Эндотермический эффект с экстремумом при 423⁰С может отражать фазовый переход $\text{La}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{FeO}$. Эндотермический эффект с экстремумом при 470⁰С, возможно, является проявлением фазового перехода $\text{La}(\text{FeO})$. Слабый эндотермический эффект с максимальным развитием при 637⁰С, проявившийся на фоне более сильного эффекта, развитого в области 600 – 650⁰С, может отражать плавление $\text{Er}_2(\text{SO}_4)_3$.

Увеличенный фрагмент кривой приведен на рисунке 1с. Такой же слабый эндотермический эффект с экстремумом при 655⁰С может отражать фазовый переход Pr_2O_3 . В наложение здесь же может проявиться Mo_4O_{11} . Эндотермические эффекты с экстремумами при 409,490⁰С могут отражать плавление RbO_2 и Rb_2O_3 соответственно.

Учитывая, что исследуемые растворы представляют собой сложные системы, в процессе термогидролиза целесообразно говорить о массовой кристаллизации. Скорость массовой кристаллизации – сложная функция многих переменных. Общий вид зависимости изменения концентрации железа и алюминия во времени при массовой кристаллизации представлен на

рисунке 2. Как следует из рисунка, для данного процесса индукционный период кристаллизации не характерен. Скорость кристаллизации описывается уравнениями формальной кинетики химических реакций [7].

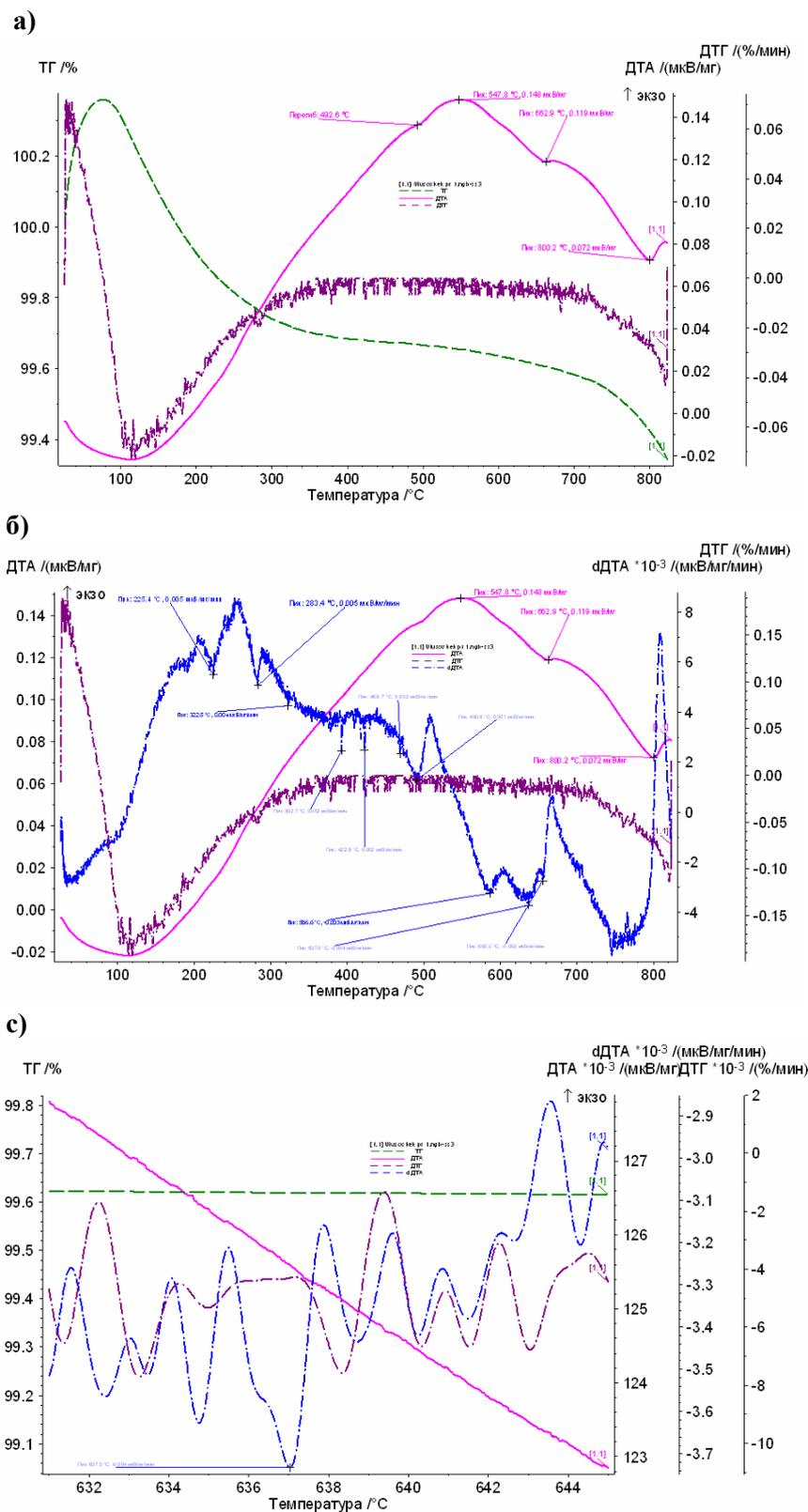


Рис. 1. Дериватограммы осадка

Уравнение скорости кристаллизации, предложенное Фишером, имеет вид:

$$-dC/d\tau = K\alpha^n S/V,$$

где C – концентрация кристаллизующего вещества в растворе в данный момент; S – поверхность кристаллов; V – объем раствора; α – абсолютное пересыщение; K, n – константа скорости и порядок химической реакции.

При $V=1$ и $\alpha = C - C_n$ представленное выше уравнение примет вид:

$$-dC/d\tau = K(C - C_n)^n S.$$

Постоянная n , соответствующая порядку химической реакции, зависит от природы растворенного вещества, пересыщения, температуры, скорости перемешивания и определяется числом стадий образования центров кристаллизации и числом направлений его роста, а также законом роста.

Из анализа кинетических кривых рисунка 2 видно, что осаждение железа протекает с большей скоростью по сравнению с алюминием. Так, снижение концентрации железа в растворе за 30 минут достигает 95%, в то время как алюминия – только 45%.

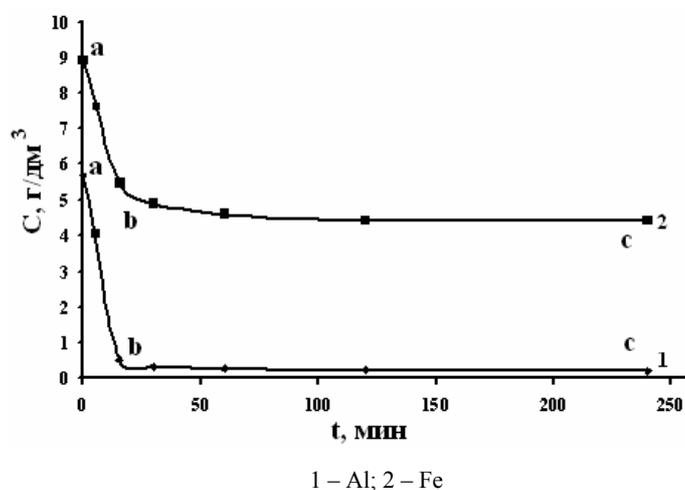


Рис. 2. Изменение концентрации примесных элементов в процессе термогидролиза

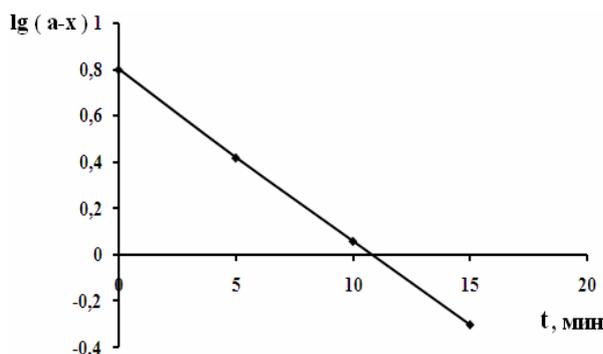


Рис. 3. Определение константы скорости процесса термогидролиза

Кинетические кривые условно можно разделить на два участка **ab** и **bc**. На основании полученных экспериментальных данных был рассчитан порядок реакции, константа скорости и значение эффективной энергии активации на участке **ab** для железа, которое осаждается с большей скоростью, а значит, является определяющим в системе [8]. Порядок реакции и константу скорости определяли графическим путем. Построенная в координатах $\lg(a-x) - t$ зависимость (рисунок 3) является прямой, следовательно, имеет место первый порядок реакции. По тангенсу наклона прямой определена константа скорости осаждения, которая равна $1,69 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$.

Константу скорости рассчитывали при трех температурах и далее эффективную энергию активации процесса определяли согласно уравнению Аррениуса: $K = A_0 e^{-E/RT}$ графическим путем: по-

строением графика зависимости в координатах $\lg K - 1/T$, где $\operatorname{tg} \alpha = -E/2,303R$. Полученная величина, равная 41,5 кДж/моль, указывает на реализацию реакции в кинетической области [7,8]. На основании проведенных исследований можно констатировать, что гидrolитическое осаждение примесных элементов является реакцией первого порядка, которая реализуется в кинетической области.

Таким образом, из полученных данных следует, что процесс гидротермального осаждения примесных элементов из техногенных растворов переработки черносланцевых руд целесообразно вести при предварительном нагреве раствора до температуры 50 °С и последующей корректировке рН до 4. Для интенсификации процесса необходимо резкое охлаждение раствора.

Производственные растворы часто содержат механические примеси, которые могут служить центрами зародышеобразования и кристаллизации. В зависимости от размеров посторонних частиц и близости их кристаллической структуры структуре кристаллизуемой соли их присутствие в различной степени облегчает кристаллизацию. В этой связи было исследовано гидrolитическое осаждение примесных элементов в присутствии затравки. В качестве затравки использовали часть осадка от предыдущего опыта. Рентгенофазовый анализ данного осадка показал (рисунок 4) наличие в нем аморфной фазы, оксида трехвалентного железа, а также сложных соединений AlFeO_3 , $\text{Na}_3\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$.

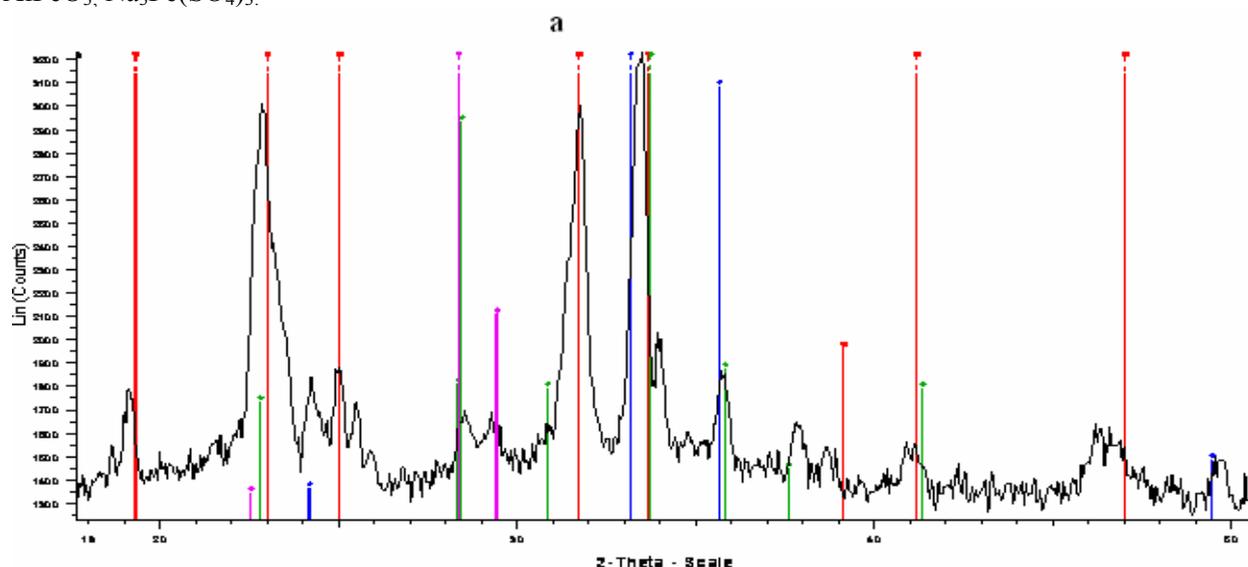


Рис. 4. Рентгенограмма осадка

Критерием подготовки растворов является сорбция. После фильтрации осадка раствор направляли на сорбцию РЗЭ, которую вели в статических условиях на ионитах КУ-2-8н и КХ-100. Установлено, что по снижению степени сорбции элементы можно расположить в ряд: $\text{Ce} - \text{Y} - \text{La} - \text{Sm} - \text{Dy}$. На основании полученных данных были рассчитаны коэффициенты распределения отдельных РЗЭ при сорбции, которые равны на ионите КУ-2-8н : $\text{Y} - 0,55$; $\text{Ce} - 0,41$; $\text{Sm} - 0,35$; $\text{Dy} - 0,34$; $\text{La} - 0,31$, а на ионите КХ-100 – $\text{Y} - 0,58$; $\text{Ce} - 0,46$; $\text{Sm} - 0,38$; $\text{Dy} - 0,35$; $\text{La} - 0,32$.

Из представленных данных видно, что коэффициенты распределения РЗЭ на ионите КХ-100 выше, чем на ионите КУ-2-8н. Такие элементы, как Pr, Nd и Gd практически не сорбируются, т.е. в процессе сорбции возможно частичное разделение редкоземельных элементов.

Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что промышленные растворы после выщелачивания черносланцевых руд и извлечения из них урана, молибдена и ванадия могут являться исходным сырьем для извлечения редкоземельных элементов. Эффективным способом очистки растворов от примесей железа и алюминия является гидrolитическое осаждение, которое целесообразно вести при предварительном нагреве исходных растворов до температуры 50 °С и последующей корректировке рН до 4. Для интенсификации процесса необходимо резкое охлаждение раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов В.А., Батракова Л.Х., Гражданова Я.В. Комплексная переработка кварцитов Каратау // Сборн. тезисов докладов VIII Всерос. совещ. по химии, технологии и применению ванадиевых соединений – Чусовой, 2000. – 265с.
2. Аймбетова И.О. Разработка технологии производства метавана-дата аммония из черных сланцев месторождения «Баласаускандык» // Промышленность Казахстана, №10, 2010. С.74-76.
3. Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Павлов А.В. Извлечение редкоземельных элементов из растворов кучного выщелачивания урановых руд // Доклады Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030» – Караганда, 2010. С. 135-137.
4. Бектурганов Н.С., Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Павлов А.В. Извлечение редкоземельных элементов из промпродуктов урансодержащего сырья // Доклад на Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург, 2010. -с.121.
5. Трушин Г.А. Физико-химические исследования и разработка технологии получения триоксида молибдена из бедных растворов молибдата натрия. Докт. дисс. техн. наук. – Алматы, 2004. – 280с.
6. Загородняя А.Н., Абишева З.С., Шарипова А.С., Садыканова С.Э., Боброва В.В. Влияние структуры анионитов на сорбцию рения и урана из индивидуальных растворов и растворов их совместного присутствия // Доклады НАН РК, №6, 2011. С.42-47.
7. Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. – М.:Металлургия, 1983. – 423 с.
8. Оспанов Х. К. Кинетика гомогенных и гетерогенных химических процессов. – Алматы: Комплекс, 2006.- 290с.

REFERENCES

1. Kozlov V.A., Batrakova L.Kh., Grazhdanova Ya.V. Karatau quartzites integrated utilization // Proceedings of VIII All Russia Conference for vanadium compounds chemistry, technology and applications. – Chusovaya, 2000. – 265p.
2. Ayimbetova I.O. Technological developments in ammonium metavanadate production from Balasauskandyk black shales // Industry of Kazakhstan, 2010, 10, p.74-76.
3. Surkova T.Yu., Yulussov S.B., Pavlov A.V. Rare-earth elements recovery from uranium ores heap leaching solutions. // Proceedings of International conference “Science and education – determining factor of national strategy “Kazakhstan-2030”. Karaganda, 2010. P.135-137.
4. Surkova T.Yu., Yulussov S.B., Barmenshinova M.B. Behavior characteristics of impurities in process of rare-earth elements recovery from uranium ores // KazNTU Vestnik, 2010, No.5, p.42-45.
5. Trushin G.A. G.A. Chemophysical study and technological developments in molybdenum trioxide production from lean sodium molybdate solutions. D.Ing. Degree thesis. – Almaty, 2004. – 280 p.
6. Zagorodnyaya A.N., Abisheva Z.S., Sharipova A.S., Sadykanova S.E., Bobrova V.V. Effects of anionites structures on rhenium and uranium sorption from individual solutions and their co-presence solutions // RK NAS Reports and proceedings 2011, No.6, p.42-47.
7. Zelikman A.N. Theory of hydrometallurgical process. – M.: Metallurgy, 1983. – 423 p.
8. Ospanov Kh.K. Kinetics of homogeneous and heterogeneous chemical processes. – Almaty.: Complex 2006, 290 p.

Козлов В.А., Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Квятковская М.Н.

**ҚҰРАМЫНДА УРАНЫ БАР ШИКІЗАТТАРДАН СИРЕК ЖЕР
ЭЛЕМЕНТТЕРІН АЛУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

Қара тактатасты кендердің тиімді ерітінділерінен уранды, молибденді және ванадийді алып болғаннан кейін, соңғысында 70-90 мг/дм³ сирек жер элементтері және қоспалардың айтарлықтай мөлшері-темір, алюминий сирек жер элементтеріне сорбциялық және экстракциялық алу әдісі кері әсерін тигізеді. Мақалада жылу гидролизі арқылы қоспасы бар элементтерден берілген ерітінділерді тазарту мәселелері қарастырылған. Реакция реті, жылдамдық константасы және тиімді жылу активациясы, гидролитикалық тұнбалар түзілу әдісінің тиімді шарттары анықталып есептелген. Сирек жер элементтерін тазартылған ерітінділерден бір уақытта бөлшектеп алудың белгілі мүмкіндіктері көрсетілген.

Kozlov V.A., Surkova T.YU., Yulussov S.B., Kvyatkovskaya M.N.

**ABOUT POSSIBILITY OF EXTRACTION OF RARE-EARTH ELEMENTS FROM
URANIFEROUS RAW MATERIALS**

After extraction of uranium, molybdenum and vanadium from productive solutes of processing of black shale ores, the last contain 70-90 mg/dm³ rare earth elements and a significant amount of impurity – iron and aluminum, negatively affecting on sorption and extraction recovery of P3Э. In the article are considered questions of clearing of the given solutes from impurity elements by thermal- hydrolysis. There are calculated order of reaction, constant of speed and effective energy of activation, also defined optimum conditions of conducting process of hydrolytic sedimentation. There is shown principal possibility of the subsequent sorption extraction P3Э from the cleared solutes with their simultaneous partial division.

О НОВОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИФФУЗИОННОГО РАСТВОРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИХ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ

Международная экологическая академия,
Казахский государственный университет им. аль-Фараби

(Представлена академиком НАН РК Е.И. Роговым)

1. Введение

При кучном выщелачивании (КВ) и подземном скважинном выщелачивании (ПСВ) металлов протекают совместно процессы диффузионного растворения и фильтрационного переноса в пористых средах штабеля и продуктивного пласта. При этом выходная функция содержания металла в продуктивном растворе (ПР) описывается сложной нелинейной зависимостью по времени t вида [1]:

$$C_{\text{пр}}(t) = \frac{\hat{C}_{\text{пр}} \cdot e \cdot (t - t_3)}{T_3} \exp\left(-\frac{t - t_3}{T_3}\right), \text{ мг/л}, \quad (1)$$

где e – основание натурального логарифма, $e = 2,72$; $\hat{C}_{\text{пр}}$ – максимальное содержание металла в ПР, при этом: $\frac{\partial C_{\text{пр}}(t)}{\partial t} = 0$; t_3 – время закисления ячейки, лет; T_3 – время достижения $\hat{C}_{\text{пр}}$, вторая кинетическая константа, лет.

Путем статистических наблюдений было подмечено, что величина $\hat{C}_{\text{пр}}$ достигается практически в каждой ячейке ПСВ урана и на опытных участках при одной и той же величине коэффициента извлечения, равном около 30% [1]. Этот факт требовал какого-либо теоретического обоснования, который нигде не обсуждался. В этой связи нами сделана попытка теоретическим путем объяснить новое свойство диффузионного растворения и фильтрационного переноса металлов при ПСВ.

2. Теория вопроса

Ранее в наших известных монографиях [1, 2] и статьях было показано, что коэффициент извлечения металла при ПСВ, а также и КВ хорошо описывается кривой:

$$\varepsilon(t) = 1 - \exp(-C_1 t), \quad (2)$$

где C_1 – некоторая постоянная для конкретных условий ячейки величина названная нами первой кинетической константой, 1/год.

Исходя из закона сохранения массы при извлечении металла способом ПСВ и КВ, нами было строго установлено соотношение:

$$T_0 = \frac{1}{e \cdot C_1}, \text{ лет}, \quad (3)$$

где T_0 – время достижения максимума металла в ПР, которое названо нами второй кинетической константой ПСВ.

Определим по формуле (2) извлечение при времени T_0 , получим:

$$\varepsilon(T_0) = 1 - \exp\left(-\frac{1}{e}\right) = 1 - \frac{1}{e^{1/e}} = 0,304. \quad (4)$$

Из условия (4) вытекает новое объективное свойство диффузионного растворения металлов при ПСВ металлов.

Свойство. За период T_0 начала процесса диффузионного растворения металла до достижения максимума содержания его в ПР извлекается около 30% всего содержащегося в ячейке ПСВ или в лабораторном аппарате КВ – перколяционной колонне, металла при постоянном расходе выщелачивающих растворов за время T_0 .

Для обоснования этого, на первый взгляд, необычного явления рассмотрим диффузионное растворение металла из кусков руды шаровой формы.

Пусть радиус шарика руды будет $R_{ш}$, тогда в нем содержится металла при его концентрации C_0 , г/м³:

$$M_{ш} = \frac{4\pi}{3} C_0 \cdot \rho_{п} \cdot R_{ш}^3, \text{ г.} \quad (5)$$

Максимальная скорость диффузии металла достигается из поверхности шара $S_{ш} = 4\pi R^2$, м² с рудой.

По мере диффузии металла радиус шара, внутри которого имеется металл, будет уменьшаться. При этом путь диффундирующего металла к поверхности шара будет увеличиваться, а скорость диффузии будет уменьшаться.

Поставим условие, когда масса диффундируемого металла в сфере некоторой толщиной и внутреннего шара составляет 1 к 2, т.е. (рис. 1) $V_1 = 2V_2$.

Исходя из поставленного условия равенства масс для двух тел, получим уравнение:

$$\frac{4}{3}\pi \cdot R_{ш}^3 \cdot C_0 \cdot \rho_{п} - \frac{4}{3}\pi \cdot R_1^3 \cdot C_0 \cdot \rho_{п} = \frac{8}{3}\pi \cdot R_1^3 \cdot C_0 \cdot \rho_{п}. \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно R_1 , получим простейшее выражение:

$$R_1 = 0,693R_{ш}. \quad (7)$$

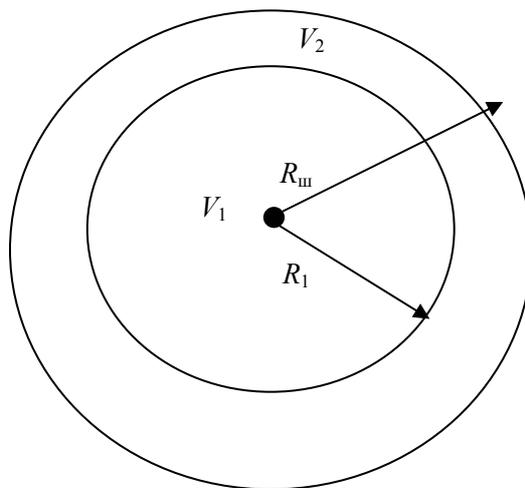


Рис. 1. К определению масс металла в сфере толщиной $m = R_{ш} - R_1$ и в шаре радиусом $- R_1$

Откуда толщина сферы V_2 будет:

$$m = 0,307R_{ш}. \quad (8)$$

Из выражения (8) можно заключить следующее:

- за время T_0 весь металл диффундирует из сферы V_2 и составит порядка 30% от общей его массы в шаре;

- на границах поверхностей внутреннего шара V_1 и сферы V_2 скорость диффузии будет равна скорости фильтрационного массопереноса металла;

- в сфере V_2 скорость диффузии превышает скорость массопереноса путем смыва и фильтрации раствором металла, поэтому кривая $C_{пр}(t)$ на участке 0-T быстро растет до максимума – $\hat{C}_{пр}$ (рис. 2);

- в шаре V_1 скорость диффузии меньше скорости фильтрации раствора, поэтому за счет его разжижения кривая продуктивности по времени t имеет падающую кривую (рис. 2).

Рассмотренная интерпретация нового, ранее неизвестного явления может быть с успехом использована во многих практических действиях и расчетах при проектировании и управлении процессами КВ и ПСВ металлов.

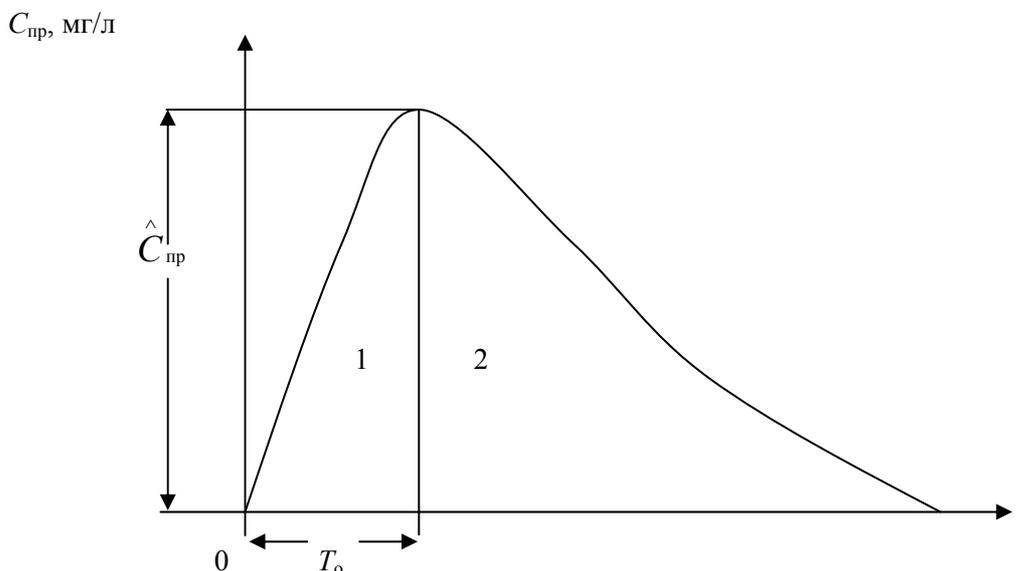


Рис. 2. Кривая 1 $C_{\text{пр}}(t)$

Приведем некоторые примеры, подтверждающие новое явление.

В монографии Толстова Е.А. [3] приводится пример кучного выщелачивания золота (стр. 265, рис. 6.5.2) цианированием рудной массы. Из этого примера видно, что максимум содержания золота в ПР достигается через 2 суток и составляет 1,9 г/л.

К этому моменту за двое суток извлекается ровно 30% золота. Обработкой статистических данных, приведенных [3], нами для этого случая получена следующая формула для определения коэффициента извлечения золота от времени:

$$\varepsilon(t) = 1 - \frac{1}{e^{0,6 \cdot t}} - 0,4, \quad (8)$$

где t – время в сутках.

Здесь $C_1 = 0,4$ при $T_0 = 2$ сут. по формуле (8) получается:

$$\varepsilon(2) = 1 - \frac{1}{e^{0,6 \cdot 2}} - 0,4 = 0,3,$$

т.е. то значение – ε , которое и было достигнуто в эксперименте.

Второй пример, подтверждающий теоретическую модель диффузионного растворения металла, в частности, золота, из идеальной частицы – шара.

Исследовалась проба Т-4/1 из месторождения золота Тохтазан, расположенное в горах Киргизии [4].

Уравнение $\varepsilon(t)$ восстанавливалось нами по результатам выщелачивания золота цианированием на перкаляционной колонне [4].

Путем статистической обработки результатов выщелачивания было получено уравнение:

$$\varepsilon(t) = 1 - \frac{1}{e^{0,32 \cdot t}} - 0,22. \quad (9)$$

Для проверки гипотезы было принято $\varepsilon(t) = 0,3$, тогда из уравнения (9) получим время достижения максимального содержания золота в ПР:

$$t_3 = \frac{1}{0,32} \ln \frac{1}{1 - 0,3 - 0,22} = 2,3$$

Это время совпадает с опытными данными.

Проверим извлечение по (9) через 10 суток:

$$\varepsilon(10) = 1 - \frac{1}{e^{0,32 \cdot 10}} - 0,22 = 0,74,$$

что также совпадает с опытными данными [4].

И, наконец, через 4 суток было извлечено 50% золота из пробы. Проверим это по формуле (9):

$$\varepsilon(4) = 1 - \frac{1}{e^{0,32 \cdot 4}} - 0,22 = 0,5.$$

Таким образом, теоретическая модель диффузионного растворения металла из частиц – шаров весьма удовлетворительно описывает процесс выщелачивания металлов.

В заключение следует отметить, что процессы КВ и ПСВ требуют более углубленного изучения с позиции взаимодействия диффузии и фильтрационного массопереноса металлов в пористых средах.

В дальнейших наших исследованиях была получена более точная формула для коэффициента извлечения металла в функции времени в виде [2]:

$$\varepsilon(t) = 1 - \left(1 + \frac{t - t_3}{T_o} \right) \exp \left(- \frac{t - t_3}{T_o} \right), \quad (10)$$

где t_3 – время закисления блока или ячейки, лет; T_o – вторая кинетическая константа, время достижения максимального значения содержания металла в продуктивном растворе из блока или ячейки, лет; t – текущее время, лет.

Оценим величину критерия: извлечена $\varepsilon(t)$ для $t = T_o$ по формуле (10):

$$\varepsilon(T_o) = 1 - \left(1 + \frac{T_o - t_3}{T_o} \right) \exp \left(- \frac{T_o - t_3}{T_o} \right). \quad (11)$$

По фактическим данным наблюдений при отработке блоков продуктивного пласта урана в регионе горных предприятий ПВ Казахстана можно утверждать:

$$t_3 \ll T_o. \quad (12)$$

Кроме того, на интервале времени t_3 – замещения пластовых вод ВР в блоке продуктивного пласта можно считать, что:

$$C_{пр} = 0,$$

где $C_{пр}$ – концентрация металла в продуктивном растворе, мг/л.

В этой связи принимаем без особой погрешности:

$$t_3 = 0. \quad (13)$$

Подставляя (13) в уравнение (11), получим:

$$\varepsilon(T_o) = 1 - \frac{2}{e} = 1 - 0,73 = 0,29. \quad (14)$$

Следовательно, по двум различным формулам для $\varepsilon(t)$ получен достаточно одинаковый результат. При достижении максимального содержания металла в продуктивном растворе (ПР) на откачных скважинах достигается тридцатипроцентное его извлечение.

Это уникальное свойство ПСВ металлов позволяет сделать фундаментальные выводы:

- тридцатипроцентное извлечение металла достигается за время, равное достижению максимума содержания его в ПР;

- этот показатель может приниматься за тестовый. Так, имеем для любой ячейки:

$$0,3 \cdot n \cdot R_o^2 \cdot m \cdot \varepsilon_n = T_o \cdot \bar{C}_{пр} \cdot Q_o, \quad (15)$$

где n – геометрический параметр ячейки (2,6; 2,0; 1,6); R_o – радиус ячейки, м; m – продуктивность пласта, кг/м²; ε_n – проектное значение коэффициента; $\bar{C}_{пр}$ – среднее содержание металла в ПР за время T_o , лет; Q_o – общий дебит ПР, м³ за время T_o .

Из формулы (15) легко вычислить время T_o :

$$T_o = \frac{0,3 \cdot n \cdot R_o^2 \cdot m \cdot \varepsilon_n}{C_{np} \cdot Q_o}, \text{ лет.} \quad (16)$$

Уравнение (16) позволяет теоретически определить величину второй кинетической постоянной уже во время проектирования.

Понятно, что для этого необходимо знать Q_o и R_o :

$$Q_o = 365 \frac{1,157 \cdot 2\pi \cdot \bar{K}_\phi \cdot M_3 \cdot N_{oc} (n \cdot S_n + S_o)}{10^2 \left(\ln \frac{R_o}{R_c} + S_k \right)}$$

или

$$Q_o = 26,52 \frac{\bar{K}_\phi \cdot M_3 \cdot N_{oc} (n \cdot S_n + S_o)}{\ln \frac{R_o}{R_c} + S_k}, \text{ м}^3 \quad (17)$$

R_o – оптимальный радиус ячейки определяется по нашим формулам для различных геометрических форм [1]; \bar{K}_ϕ – среднее для блока значение коэффициента фильтрации продуктивного пласта, м/сут; M_3 – эффективная мощность продуктивного пласта, м; N_{oc} – число откачных скважин в блоке; S_n – динамический напор, компрессия на ЗС, м вод.ст.; S_o – депрессия на ОС, м вод.ст.; $n = \frac{N_{3c}}{N_{oc}}$ – параметр отношения числа ЗС в блок к числу ОС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рогов Е.И., Язиков В.Г., Рогов А.Е. Математическое моделирование в горном деле (геотехнология металлов), Алматы, 2002, Lem, 214 с.
2. Язиков В.Г. и др. Геотехнология металлов. Алматы, 2005, 365 с.
3. Толстов Е.А. Физико-химические геотехнологии. М., МГУ – 1999, 312 с.
4. Исследования по цианидному выщелачиванию технологических проб Т-4 и Т-6 руды месторождения Тохтазан на бутылочном агитаторе и в колоннах. Отчет ЦНИЛ АО "КГРК", г. Кара-Балта, 2003 г.

Рогов А.Е., Рогов Е.А.

МЕТАЛДАРДЫ СІЛТІСІЗДЕНДІРУ КЕЗІНДЕГІ ДИФФУЗИЯЛЫҚ ЕРУІНІҢ ЖАҢА ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ ТУРАЛЫ

Rogov A.E., Rogov E.A.

THE NEW LAW DIFFUSION DISSOLUTION OF METALS AT THEIR ALKALIS

А.Е. РОГОВ

К ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ РАСТВОРОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ГРАВИТАЦИИ

Международная экологическая академия

(Представлена академиком НАН РК Е.И. Роговым)

1. Введение

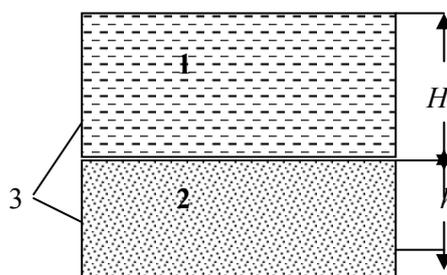
При подземном скважинном выщелачивании (ПСВ) металлов силы гравитации оказывают существенное влияние на геотехнологические параметры. Известно, что вследствие положительной разницы между удельным весом растворов γ_p и пластовых вод – γ_v возникает вертикальная составляющая ламинарной скорости фильтрации растворов до определенного нижнего водоупора.

Если нижний водоупор находится на значительном > 50 м расстоянии от почвы продуктивного пласта, то без специальных мер будет происходить потеря в большом объеме реагента, в частности, серной кислоты и металла (урана). Это явление «тонущих» растворов может привести к полной потере металла, т.е. к остановке рудника.

В этой связи теоретическое обоснование параметров фильтрации растворов в пористой среде под действием сил гравитации является весьма актуальной проблемой при ПСВ металлов. Анализ литературных источников [1, 2, 3] показал, что этой проблеме почти не уделено внимания, за исключением известной нашей монографии [2].

2. Теоретические положения

Рассмотрим простейшую схему фильтрации жидкости, например, воды через пористую среду под действием сил тяжести (рис. 1)



1 – жидкость; 2 – пористая среда; 3 – непроницаемые стенки;
H – гидравлический уклон на H пути фильтрации L.

Рис. 1. К фильтрации жидкости через пористую среду

Эта простейшая схема фильтрации характерна для случая, когда происходит инфильтрация воды или раствора через перемычку 2.

В этом случае движение жидкости подчиняется закону Дарси (линейная фильтрация), согласно которому будем иметь скорость расхода воды под напором H в виде:

$$V = \frac{H \cdot K_{\phi}}{L}, \text{ м/сут.}, \quad (1)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации среды 2, м/сутки; H – разница в отметках начала и конца пути, м; L – длина пути, м.

Из формулы (1) можно записать:

$$K_{\phi} = \frac{L \cdot V}{H}, \text{ м/сут.} \quad (2)$$

Следует заметить, что из (2) легко определить фактический K_{ϕ} для любых условий, замерив всего три параметра: L , H и V .

Нас интересует, прежде всего, фильтрация флюидов в пористых средах продуктивных пластов, заполненных пластовыми водами.

В этой связи под действием сил гравитации опускание растворов происходит только за счет разницы удельных весов выщелачивающих и продуктивных растворов (ВР и ПР) и воды. При этом скорость опускания (фильтрации) ВР и ПР имеет вид:

$$V_z = \frac{\gamma_p - \gamma_b}{\gamma_b} \cdot \frac{K_{\phi b}}{K_{\pi}}, \quad (3)$$

где γ_p , γ_b – удельный вес ВР и ПР и воды соответственно, т/м³; $K_{\phi b}$ – вертикальный коэффициент фильтрации продуктивного пласта, м/сут.; K_{π} – эффективная пористость пласта, доли ед.

Обозначив $\gamma_p - \gamma_b = \Delta\gamma$ и $\gamma_b = 1$ т/м³, имеем $K_{\phi b} = \theta K_{\phi r}$ [3], где $\theta < 1$.

Из (3) получим:

$$V_z = \frac{\Delta\gamma\theta \cdot K_{\phi r}}{K_{\pi}}, \text{ м/сут.}, \quad (4)$$

где $K_{\phi r}$ – горизонтальный коэффициент фильтрации пласта, м/сут.

По нашим данным [1, 2] можно принимать:

$$K_{\phi b} = (0,1 \div 0,25) \cdot K_{\phi r}. \quad (5)$$

Далее рассмотрим наиболее характерные ситуации при ПСВ металлов, когда нижний водоупор имеется частично – $x_{1,1}$ на p % от площади блока или даже полностью $x_{1,2}$ на всей площади обрабатываемого блока, т.е. имеем:

$$X_1 = \{x_{1,1}; x_{1,2}\}. \quad (6)$$

Состояния ЗС и ОС отобразим на множестве X_2 :

$$X_2 = \{x_{2,1}; x_{2,2}; x_{2,3}; x_{2,4}\}, \quad (7)$$

где $x_{2,1}$ – все ЗС и ОС находятся в работе; $x_{2,2}$ – все ЗС и ОС остановлены; $x_{2,3}$ – часть ЗС остановлены; $x_{2,4}$ – часть ОС остановлены.

Отобразим множества X_1 и X_2 на квазиупорядоченном графе $G = (X, \Gamma)$ (рис. 2).

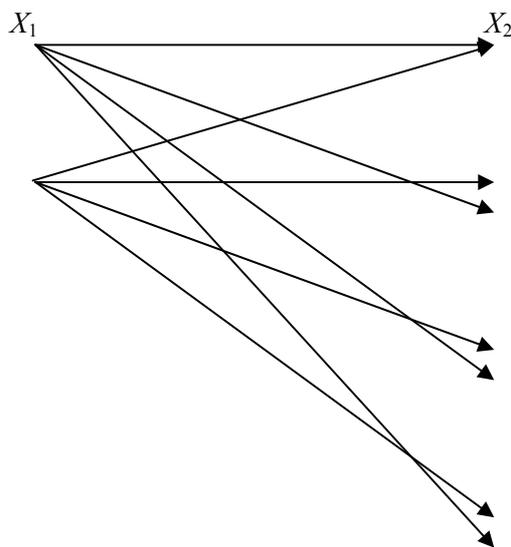


Рис. 2. Квазиупорядоченный граф состояний нижнего водоупора и технологических скважин в блоке.

На графе G всего 8 путей от x_1 до x_2 все они допустимые.

Неблагоприятным сочетанием является путь: $\mu = [x_{1,2}; x_{2,2}]$, если (6) не предусмотрены меры по улавливанию растворов. В этом случае при остановке насосов в течение τ суток ВР и ПР опустятся на величину:

$$H = V_z \cdot \tau, \text{ м} \quad (7)$$

или с учетом (4) получается:

$$H = \frac{\Delta\gamma \cdot \tau \cdot \theta \cdot K_{\text{фг}}}{K_{\text{п}}} \quad (8)$$

Пример: дано $\Delta\gamma = 0,03$; $K_{\text{п}} = 0,28$; $\theta = 0,2$; $K_{\text{фг}} = 10$ м/сут.; $\tau = 2$ сут.; $S_{\text{бл}} = 85 \cdot 10^3$ м²

$$H = \frac{0,03 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 10}{0,28} \cong 0,5 \text{ м.}$$

Следовательно, за двое суток растворы опустятся на 0,5 м, тогда при этом объем этих растворов составит:

$$V_0 = 0,5 \cdot 85 \cdot 10^3 = 42 \cdot 10^3 \text{ м}^3.$$

При среднем содержании металла в ПР 500 мг/л будет в этой ситуации потеряно:

$$M_{\text{п}} = \frac{85 \cdot 10^6 \cdot 0,5}{10^6} = 42 \text{ кг.}$$

Рассмотрим самую худшую ситуацию пусть $\mu = [x_{1,2}; x_{2,1}]$ и при этом не предусмотрено каких-либо мер по улавливанию тонущих растворов за счет управления радиусом ячейки – R_0 и высотой фильтровых колонн в ячейках [1, 2].

В этом случае опускание растворов происходит не только под действием сил гравитации, но и от сложного поля динамических напоров в ячейках. Приближенно можно поле динамических напоров на пластовые воды с растворами считать постоянным и равным:

$$P(R) = \frac{S_{\text{н}} - S_0}{2}, \text{ м вод. ст.}, \quad (9)$$

где $S_{\text{н}}$ – компрессия на ЗС и S_0 – депрессия на ОС, м вод. ст..

В каждой ячейке блока, очевидно, растворы будут тонуть под действием двух сил и тогда скорость опускания растворов составит:

$$V_z = V'_z + \frac{\Delta\gamma \cdot \theta \cdot K_{\text{фг}}}{K_{\text{п}}}, \quad (10)$$

где

$$V'_z = \frac{1,157 \cdot \bar{K}_{\text{ф}} (S_{\text{н}} - S_0) \cdot \ln \left(\ln \frac{R_0}{R_c} \right)}{10^2 \cdot \bar{K}_{\text{п}} \cdot R_0 \cdot 2}, \text{ м/сут.}, \quad (11)$$

V'_z – скорость опускания растворов под действием динамического напора $\frac{(S_{\text{н}} - S_0)}{2}$, м/сут.

Для рассмотренного выше примера будем иметь при $K_{\text{фг}} = \bar{K}_{\text{ф}}$ и $S_{\text{н}} = 70$ м вод. ст., а $S_0 = 10$ м вод. ст., $R_0 = 50$ м, $R_c = 0,08$ м:

$$V_z = \frac{1,157 \cdot 10 \cdot (70 - 10) \cdot \ln \left(\ln \frac{50}{0,08} \right)}{10^2 \cdot 0,28 \cdot 50 \cdot 2} + \frac{0,03 \cdot 0,2 \cdot 10}{0,28} = 0,46 + 0,21 = 0,67 \text{ м/сут.}$$

За время τ , сут. раствор опустится на H глубину, табл. 1.

Таблица 1. Зависимость глубины H опускания ВР и ПР от времени

| τ , сут. | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| H , м | 0,7 | 1,4 | 3,3 | 6,7 | 13,4 | 33,5 |

Из табл. 1 следует, что за 50 суток отработки блока без водоупора будет уже безвозвратно потеряны металл и реагенты в большом количестве:

- объем потерянных растворов

$$V_p = 85 \cdot 10^3 \cdot 33,5 \cdot 0,28 = 797 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

при $\eta = 0,9$; $M_3 = 8$ м; $\gamma_p = 1,7$ и расходе реагентов 15 г/л имеем потери ΔR :

$$\Delta R = \frac{797 \cdot 10^6 \cdot 15}{10^6} = 797 \text{ т}$$

и металла при $M_3 = 8$ м и $C = 0,05\%$

$$\Delta m = 85 \cdot 10^3 \cdot 1,7 \cdot M_3 \cdot 0,9 \cdot 0,05 \cdot 8 = 65 \text{ т/месяц.}$$

В среднем, например, при добыче урана стоимости 1 т кислоты $C_k = 56$ \$/т и окиси-закиси урана 1 т = 26,0 \$/кг.

В этом случае при надлежащей технологии без потерь урана и кислоты только по одному блоку экономия составит:

$$\Xi = 56 \cdot 10^3 \cdot 26,0 + 797 \cdot 56 = 14560 \cdot 10^3 + 44700 + 1456 \cdot 10^3 \text{ \$ США,}$$

т.е. почти полтора миллиона \$ или $219 \cdot 10^6$ тенге.

ЛИТЕРАТУРА

1. Язиков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. Алматы. FORTRESS, 2005, 393 с.
2. Рогов А.Е., Рыспанов Н.Б. Математические основы геотехнологий. Алматы, FORTRESS, 2007, 367 с.
3. Справочник по геотехнологии урана: М. Энергоатомиздат, 1997, 672 с.

Рогов А.Е.

ГРАВИТАЦІЯ КУШІ ӘСЕРІМЕН ЕРІТІНДІЛЕРДІ СҮЗГІДЕН ӨТКІЗУ ТЕОРИЯСЫНА

Rogov A.E.

TO THE THEORY OF A FILTRATION OF SOLUTIONS UNDER THE INFLUENCE OF GRAVITATION FORCES BIOLOGY

Ж.М. АДИЛОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

КазНТУ имени К.И. Сатпаева

Рассматривается место горнодобывающей отрасли промышленности в экономике страны и ее роль в реализации государственной программы форсированного индустриально-инновационного развития республики. В контексте горнодобывающей отрасли уделяется внимание научному подходу к данной проблеме, разработке и внедрению инновационных технологий при добыче и переработке минерально-сырьевого комплекса. Приводятся результаты исследований автора.

Экономическое благосостояние Казахстана в значительной степени определяется уровнем развития горнодобывающей отрасли, следовательно, освоение природных ресурсов является одним из главных элементов стратегии развития республики.

Правительство Казахстана выбрало курс на опережающее развитие высокотехнологичных производств, машиностроения, легкой, горнодобывающей и обрабатывающей промышленности, производству продукции более высокой товарной готовности. Также стоит задача увеличения казахстанской составляющей в потреблении, в том числе и у недропользователей, создание новых предприятий, производящих импортозамещающую и экспортоориентированную продукцию.

Но для выполнения этой впечатляющей программы, для ее дальнейшего развития всем этим производствам необходимы продукты горнометаллургического комплекса, т.е. надо добывать и перерабатывать все больше руды, получить из нее все больше металлов и продукции.

Минерально-сырьевые ресурсы Казахстана во многом определяют современные экономические показатели страны, а вхождение Казахстана в международную систему оборота минеральных ресурсов ставит на повестку дня проблемы создания конкурентоспособной добывающей и перерабатывающей промышленности. Объемы минерально-сырьевой базы требуют комплексного подхода к решению сформулированной задачи, а перспективы ее решения в значительной степени определяются как уровнем развития горного дела, так и уровнем научно-технологического развития.

Горнопромышленным комплексом Казахстана добывается большинство, если не все известные виды минерального сырья. Поскольку минерально-сырьевая база региона обладает уникальными характеристиками по количеству разведанных месторождений полезных ископаемых, их потенциальным возможностям, близости к сложившимся мировым рынкам потребления минерального сырья и т. п., то роль региона в развитии горного дела в мировом масштабе, бесспорно, возрастает в текущем столетии.

Какова же роль минерально-сырьевого комплекса Казахстана в формировании всего промышленного потенциала, роль отдельных классов минеральных продуктов во всем минерально-сырьевом комплексе, а также в экономике страны и отдельных регионов? Ответы на эти вопросы могут послужить основой для выработки стратегических решений в сфере развития горного дела и его компонентов, а также для определения приоритетных направлений научного подхода.

Выборочно обратимся к данным статистики /1/.

Базовые отрасли национальной экономики представлены крупными горнодобывающими и металлургическими предприятиями. За годы независимости эта сфера укрепилась, получила второе дыхание и вносит существенный вклад в экономику страны. На эту сферу (без учета нефтегазового сектора) приходится более 12% ВВП страны. Казахстан обладает солидной сырьевой базой для развития черной, цветной металлургии, производства благородных и редких металлов, неметаллической продукции.

Крупнейшими запасами железной руды обладают Украина, Россия, Австралия, Китай, США, Бразилия, Казахстан, Индия, Швеция.

В Казахстане ее разведанные запасы на 30 учтенных месторождениях достигают 9,1 млрд. т, предварительно оцененные – 8, прогнозные – 15 млрд. т. 74% этих запасов находится в четырех уникальных по масштабам месторождениях: Аятском, Лисаковском, Качарском и Соколовском.

Качарское месторождение, запасы магнетитовых руд которого оцениваются в 3,9 млрд. т, крупнейшее в мире. Основной объем (более 70%) добываемой в 50 странах руды приходится на КНР, Бразилию, Австралию, Индию, Россию. Казахстан занимает 12-е место в мире по добыче железной руды, объем которой составил 24 млн. т в год.

На мировом рынке растет спрос на хромовую руду, вызванный увеличением выпуска ферросплавов. Основные запасы этой руды находятся в Казахстане, ЮАР, Индии, а также в США. В 2010г. мировое производство хромитов составило 23 млн. т. Казахстан по выпуску этой продукции занимает 3-е место в мире, объем ее добычи составил 3600 тыс. т в год. Восстановление объемов добычи до уровня 2009г. вернет Казахстан на 2-е место.

На мировом рынке растет спрос на марганцевую продукцию. Общие мировые запасы марганцевых руд оцениваются в 23 млрд. т. Казахстан занимает 3-е место в мире по их ресурсам.

В Казахстане имеется 36 месторождений и 163 рудопроявления марганца с активными запасами более 426 млн. тонн, с учетом прогнозных запасов составляют около 600 млн. т. Из известных месторождений разрабатываются 10, крупнейшие из которых – Западный Каражал (разведанные запасы – 286,2 млн. т) и Ушкатын III (88,9 млн. т).

Мировая добыча сырой марганцевой руды достигает 34 млн. т в год. Крупнейшими производителями сырой руды являются Китай, ЮАР, Австралия, Габон, Индия. Казахстан занимает 7-е место в мире по этому показателю, а объем ее добычи составил 3045 тыс. тонн.

На мировом рынке растет спрос на медь. По оценке, расположенные на суше мировые ресурсы меди превышают 3 млрд. т, а глубоководные месторождения содержат 700 млн. т. Добыча меди осуществляется в 17 странах мира. В 2010г. добыча меди в ведущих производителях – Чили и Перу – выросла на 188 и 36 тыс. т соответственно. Специалисты прогнозируют рост объемов мировой добычи.

Являясь традиционно медной страной, Казахстан занимает 9-е место в мире по запасам (балансовые запасы по всем категориям оцениваются в 30–34,5 млн. т и учтены более чем по 80 месторождениям), 7-е – по производству рафинированной меди, 4-е – по экспорту, 11-е – по добыче, объем которой составляет 406 тыс. тонн. Практически весь объем рафинированной меди экспортируется. Основные покупатели казахстанской продукции – Китай, Великобритания.

Запасы цинка в мире, по данным Геологической службы США, составляли 220 млн. т. Основные мировые ресурсы цинка сосредоточены в Китае, США, Австралии, Казахстане, а также в Канаде, Мексике, Перу.

Мировая добыча цинка растет. За период 2000–10 гг. она выросла с 8,7 млн. т до 12 млн. Наиболее значительные объемы добычи приходятся на Китай, Перу, Австралию. На эти страны приходится более половины (54%) мировой добычи цинка. Крупные объемы добычи достигнуты в Индии, США, Канаде, Мексике, Боливии, Ирландии, Казахстане, объем добычи – 398 тыс. тонн и удерживает 9 место в мире.

В мире роль благородных металлов возрастает. Казахстан занимает заметное место на мировом рынке золота и серебра.

Мировые ресурсы золота оцениваются в 51 тыс. тонн, а серебра – в 520 тыс. тонн. Наиболее крупные запасы золота имеются в Австралии, ЮАР, России, Чили, США, Индонезии, наибольшими объемами серебра обладают Перу, Мексика, Китай, а также Австралия, Чили, США, Россия, Боливия, Польша. Казахстан занимает 12-е место в мире по добыче серебра, объемом – 549 тонн и по добыче золота 20-е место с объемом – 30,3 тонн.

Мировая добыча бокситов за период 2000–10 гг. выросла со 135 млн. т до 211 млн. Лидером добычи бокситов является Австралия. На эту страну приходится одна треть мирового объема. Казахстан является одним из крупных производителей бокситов, занимая 7-е место в мире с объемом добычи 5,5 млн. тонн.

Казахстан обладает значительными ресурсами редких металлов и рядом производств по их выпуску. Наибольшее развитие получил выпуск титана, а также магния, тантала, рения, галлия, бериллия, индия, висмута, селена, кадмия, триоксида мышьяка.

Казахстан в мировом рейтинге занимает: 4-е место по выпуску титановой губки объемом – 16 тыс. тонн; по добыче тантала 3 место с объемом – 160 тонн; по добыче висмута 5 место объемом – 140 тонн; по запасам и добыче рения 2 место, объемом – 7,5 тонн; по добыче баритов 5 место объемом – 306 тыс. тонн и т.д.

Казахстан сегодня – один из серьезных игроков в добывающем секторе. Общие (прогнозные, доказанные, подтвержденные) ресурсы полезных ископаемых превышают 133 млрд. т, и страна по этому показателю занимает 4-е место в мире. Добыча полезных ископаемых в Казахстане в период 1995–2010 гг. **выросла** на 104 млн. т и достигла 260 млн. т в год. В расчете на душу населения годовая добыча полезных ископаемых составила 15,5 т, и это третий показатель в мире после Австралии и Саудовской Аравии и выше среднемирового в 5,2 раза.

Однако для сохранения республикой своих позиций на международном минерально-сырьевом рынке и достижений в добывающем секторе требуется разработка двух его составляющих – необходимых и достаточных условий их эффективности. Если необходимые условия созданы – это высокие темпы роста, устойчивая финансовая система, активно реализуемая Программа форсированного индустриально-инновационного развития, которые создают благоприятные условия для эффективного использования сырьевых ресурсов страны, диверсификация экономики, формирование вертикально интегрированных компаний, то достаточным условием является научный подход – скорейшие разработка и внедрение инновационных технологий в горнодобывающую промышленность. Параллельно, с реализацией первого, Глава государства Н.Назарбаев еще 2006 году в числе пяти приоритетных направлений научно-технического развития определил направление:

«Новые технологии для углеводородного и горно – металлургического секторов и связанных с ними сервисных отраслей на 2008-2011 годы».

Реализация данной программы осуществлено под руководством автора, поэтому хотелось бы остановиться на главных составляющих научных исследований и полученных результатах /2/.

Целью программы являлась разработка новых эффективных, конкурентоспособных технологий для разведки, освоения, переработки и утилизации углеводородного и минерального сырья, техногенных промпродуктов и отходов углеводородной и горно-металлургической отраслей промышленности Казахстана. Исследования проводились по четырем направлениям: 1) разработка новых конкурентоспособных горно-геологических технологий для обеспечения минерально-сырьевыми ресурсами углеводородного и горно-металлургического секторов промышленности (в области горного дела и геологии); 2) повышение эффективности процессов добычи, транспортировки, переработки нефти и газа; расширение ассортимента продуктов нефтехимического синтеза (в углеводородной отрасли); 3) разработка и освоение новых конкурентоспособных и экологически чистых обогатительных и металлургических технологий, обеспечивающих комплексную и глубокую переработку минерального и техногенного сырья цветной и черной металлургии и получение современных материалов на основе металлов Казахстана (в металлургической отрасли); 4) решение экологических проблем нефтеперерабатывающей, нефтехимической и горно-металлургической отраслей промышленности (в области экологии).

В соответствии с тематикой данной статьи рассмотрим полученные научные результаты в горном секторе промышленности:

– разработаны методики прогнозирования параметров сдвижения и структуры этапов процесса деформирования горного массива; математическая модель и методика оценки устойчивости бортов карьеров и откосов, позволяющая детально учитывать неоднородную структуру массива и неупругие деформации горных пород; закономерности геотехнологического управления запасами формирования запасов руд в зависимости от направления развития подготовительных, вскрышных и добычных работ в рабочей зоне карьера; модель закономерности пространственного распространения качественных показателей полезного ископаемого, позволяющая устранить необходимость использования разных по структуре моделей, и тем самым затруднительные вычислительные и другие подготовительные процедуры; инновационная технология развития выемки многотипных запасов сложноструктурных залежей месторождения; новый способ технологии селективной отработки приконтактных зон сложноструктурных залежей месторождения;

– разработаны инновационная технология подземной добычи руд, основанная на использовании кумулятивного эффекта взрыва заряда в скважинах при добыче рудного сырья и подземном скважинном выщелачивании руд; комплекс математических моделей геотехнологического подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) металлов; новая многопараметрическая модель их взаимосвязи, в которой впервые в качестве основных

структурообразующих ее параметров привлечены предельные размеры теряемых руд и перемешивающих вмещающих пород при добыче; новые способы крепления горных выработок методом набрызгбетонирования закрепляющих составов на стенки горных выработок; новые технологии закладки пустот, образуемых при подземной добыче полезных ископаемых;

– разработаны методики оптимального проектирования технологических процессов при открытой разработке месторождений; метода установления основных параметров подземных рудников по многим критериям при их проектировании; технология оптимального проектирования транспорта на подземных рудниках; методы оптимального планирования и управления геотехнологическими комплексами при открытой разработке месторождений; методы оптимального планирования и управления технологическими процессами для подземных условий ведения горных работ.

Рассматриваемые результаты соответствуют критериям Государственной программы форсированного индустриально – инновационного развития страны на 2014-2020г.г., получили высокую оценку отечественных и зарубежных экспертов. Они внедрены в горнодобывающие предприятия, подтвержденные соответствующими документами. К научным исследованиям привлекались студенты, магистранты и доктора PhD горно – металлургического института КазНТУ им.К.И.Сатпаева.

Современные тенденции развития минерально-сырьевого комплекса страны, его ведущая роль в формировании промышленного и экономического потенциала определяют состояние и основные направления совершенствования отечественной системы подготовки горных инженеров. Проводимая государством, университетом, ведущими компаниями политика в сфере развития инженерного потенциала горнопромышленных предприятий, на долгие годы определит не только темпы, но и характер развития многих отраслей экономики Казахстана.

От качества формирования корпуса горных инженеров зависит эффективность освоения георесурсов, направление и темпы развития современных технологий и техники в горном деле, уровни безопасности и технической оснащенности труда горняков – все то, что определяет инновационный характер развития горных предприятий.

Рассматривая инновационную составляющую данного вопроса, необходимо отметить ее развитие и реализацию в рамках Единого экономического пространства. Академик РАН Г.И. Чуфрин, член дирекции ИМЭМО РАН, отмечает важность во взаимоотношениях наших стран в сотрудничестве в сфере передовых технологий как в промышленных отраслях, так и в переработке минеральных ресурсов. В частности, согласно расчетам, сделанным авторами доклада, в экономике Казахстана интеграционные процессы позволят получить дополнительный объем ВВП за счет сближения технологического уровня производства с другими членами Единого экономического пространства, снижения его энергоемкости и материалоемкости. Отсутствие единого инвестиционного пространства в рамках Таможенного союза и Единого экономического пространства серьезно затрудняет решение странами – участницами этих интеграционных объединений важнейшей, фактической центральной задачи их национального развития – осуществления структурной перестройки на качественно более высокой технологической основе и преодоления отставания по основным показателям научно – технического процесса и наукоемкости ВВП. По оценке авторов доклада, суммарный выигрыш от образования Единого экономического пространства за период с 2011 по 2030 год может составить 632 млрд. долларов для России, 106.6 млрд. долларов для Казахстана и 170 млрд. долларов для Беларуси, а темпы роста их ВВП по сравнению с 2011 годом могут возрасти к 2030 году дополнительно на 2.5 процента /3/.

Подтверждением актуальности и приоритетности рассматриваемой проблемы являются прошедший в Астане 3-й ежегодный форум «МАЙНЕКС Центральная Азия – 2012». Главные вопросы, которые обсуждались на форуме, касаются совместного освоения богатых недр всего Центрально – Азиатского региона, развития огромного минерального потенциала нашей республики, вопросы по вложению инвестиций, по использованию новых технологий и подходов в поиске новых месторождений. Вице-министр индустрии и новых технологий Н.Сауранбаев сообщил, что правительство приняло решение о выделении около 60 млрд. тенге на проведение геологоразведочных работ в регионах, основной упор делается на применении новых технологий для изучения глубоких месторождений. Следовательно, возрастает и роль вышеизложенных инновационных технологий подземной добычи руд /4/.

Итоги двадцатилетнего развития и принятия инновационных технологических решений в горнодобывающей и металлургической промышленности будут обсуждаться 4-6 июля 2012 года во дворце Независимости в г. Астане на 3-м международном горно-металлургическом Конгрессе «ASTANA MINING & METALLURGY» с участием Главы государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алшанов Р.А. Экономика Казахстана за 20 лет: горно – металлургический комплекс. – *Казахстанская правда*, № 328-329. – Алматы. – 14 октября 2011г.
2. Адилов Ж.М. Сводный отчет о научно-исследовательской работе по научно-технической программе: «Технологии для углеводородного и горно-металлургического секторов и связанных с ними сервисных отраслей» (заключительный). – Алматы: КазНТУ им.К.И.Сатпаева. 2011. – 163с.
3. Чуфрин Г.И. VI научно – практическая конференция: «Казахстан – Россия: экономические и политические факторы стратегического партнерства»// Литер №71 – 19 апреля 2012. – с.11.
4. 3-й ежегодный форум «МАЙНЕКС Центральная Азия – 2012». – Астана. – 18 апреля 2012.

Адилов Ж. М.

ТАУ-КЕН ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ДАМУЫ

Өндірістегі тау-кен металлургия кешенінің мемлекет экономикасындағы алатын орны және республиканың жылдамдатылған индустриалды-инновациялық дамытудың мемлекеттік бағдарламасын іске асырудағы ролі қарастырылады. Тау-кен металлургия саласындағы осы мәселеге деген ғылыми амалдарға, минералды-шикізатты кешенді игеру және қайта өңдеу кезінде инновациялық технологияларды ендіру мен жасауға назар аударылады. Автордың зерттеу нәтижелері келтірілген.

Adilov Zh.M.

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRY

In this article considers the place of the mining industry in the country's economics and its role in implementing the state program of forced industrial and innovative development of the country. In the context of the mining industry pays attention to the scientific approach to this problem, the development and implementation of innovative technologies for extraction and processing of mineral raw materials complex. Therefore the author's results of the study are presented.

С.К. МУХАМБЕТЖАНОВ¹, И.Р. РАХИМБАЕВ¹,
К.Р. УТЕУЛИН¹, А.Е. ЕРЕЖЕПОВ²

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

¹ – РГП «Институт биологии и биотехнологии», Алматы;

² – Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы

Приводится краткий обзор состояния инноваций в области биотехнологии в исследовательских работах и системы образования, являющихся источниками инноваций, создает благоприятные условия и среду стимулирования предпринимательства, а бизнес берет на себя весь коммерческий риск работы на рынке инновационной продукции. Указывается, что в странах Таможенного Союза есть все необходимые условия для устойчивого роста собственного биотехнологического производства: наличие перспективных разработок, научный и производственный потенциал, интенсивно растущий спрос на внутреннем рынке, дешевые по сравнению с другими странами энергоресурсы, доступное и дешевое сырье.

Введение

Перемены, произошедшие в биологии за последние десятилетия, открыли принципиально новые перспективы в развитии биотехнологии и расширили границы применения биологических процессов в производстве. Сегодня инновационные биотехнологии не только предлагают эффективные пути решения экологических, энергетических и продовольственных проблем, но и определяют успех медицинской и микробиологической промышленности. Так, с молекулярной биотехнологией человечество связывает большие надежды на возможность точной диагностики, профилактики и лечения множества инфекционных и генетических заболеваний; создание микроорганизмов, продуцирующих различные химические соединения (антибиотики, полимеры, аминокислоты, ферменты) и обеспечивающих переработку отходов, загрязняющих окружающую среду [1-4].

Во всех промышленно развитых странах научное обеспечение биотехнологии происходит в рамках государственных исследовательских программ с последующей коммерциализацией результатов частным сектором. В результате такой политики сформировалась система государственно-частного инновационного партнерства, при котором государственная власть и бизнес выступают как равноправные партнеры, взаимно дополняя друг друга. Государство, поддерживая проведение научно-исследовательских работ и систему образования, являющихся источниками инноваций, создает благоприятные условия и среду стимулирования предпринимательства, а бизнес берет на себя весь коммерческий риск работы на рынке инновационной продукции [2].

На фоне активного распространения и внедрения биотехнологии в различных секторах мировой экономики появился термин «биоэкономика», характеризующий экономику, основанную на использовании возобновляемых биоресурсов и включающую сельское хозяйство, биофармацевтику, пищевую промышленность, лесную, целлюлозно-бумажную, рыбководство, а также производство ферментов, биотоплива, биоремедиацию почв и воды и т.д.

Крупнейшие мировые экономики воспринимают развитие биотехнологии и переход к биоэкономике, как один из ключевых механизмов выхода из кризиса. Возникновение биоэкономик будет иметь важные последствия, которые изменят существующие тенденции по ряду важных направлений для мировой экономики. Во-первых, страны и регионы, лишенные запасов нефти, получают возможность и стимулируют создание национальной топливной промышленности. Во-вторых, сырьевые экономики могут потерять значительную часть доходов и место в мировой системе разделения труда.

В целом, по оценкам экспертов, уже в 2010-2011 годах новые инвестиции в биопромышленные компании существенно возрастут, а после 2012 года, когда появятся коммерческие промышленные биотехнологические производства, объем инвестиций может быть сопоставим с докризисным.

Особенный биотехнологический подъем переживают экономики развитых и ряда развивающихся стран, которые выбрали биотехнологию в качестве национального приоритета научно-технического развития – США, Европа, Япония, Индия, Китай, Бразилия.

Мировой рынок биотехнологической продукции оценивается в 160 млрд. долл. США, при этом доля США составляет 42 %, стран Евросоюза – 22 %, Китая – 10 %, Индии – 2 %.

Больше половины оборота современной мировой биоиндустрии приходится на долю США. Объем финансирования биотехнологии в США составляет 100 млрд. долл. США, Китае – 1 млрд. долл. США, в России – 0,04 млрд. долл. США в год, в то время как в Казахстане в 2005 году из бюджета республики на целевые исследования и разработки в области биотехнологии была потрачена сумма порядка 1 млн. долл. США (0,001 млрд. долл. США).

В настоящее время в Казахстане объем разработки и производства биотехнологической продукции не получил должного развития. По многим биопродуктам страна находится в зависимости от импорта. Кроме того, в Казахстане наблюдается существенная диспропорция развития отрасли биотехнологии. В более массовом порядке промышленное производство биотехнологической продукции представлено в республике в виде производства отдельных видов лекарственных препаратов, спирта и молочных биопродуктов [5].

Тенденции развития биотехнологии за рубежом

Годовой оборот мировой биоиндустрии составляет в настоящее время, как было сказано выше, более 160 млрд. долл. США.

Крупнейшим биотехнологическим рынком в мире являются США, где создается половина мирового объема биотехнологической продукции. Вторым по размерам рынком является Азиатско-Тихоокеанский регион, где наиболее динамично развиваются биотехнологии Австралия, Китай, Индия и Япония. Замыкает тройку лидеров Европа.

В соответствии с принятой классификацией биотехнологических направлений более 60 % мирового производства относится к продукции «красной» биотехнологии (биофармацевтические препараты и биомедицина), 36 % – к «белой биотехнологии» (биоматериалы промышленного назначения), 12 % – к «зеленой» (агропищевая продукция), остальное – к «серой» и «синей» биотехнологиям.

Состояние развития биотехнологии в США

Высокая капиталоемкость и наукоемкость биотехнологической отрасли определяет ключевые факторы устойчивого лидерства США в мировом развитии биотехнологии [1-4]:

1. Высокие объемы отраслевого финансирования;
2. Большое количество профильных образовательных и исследовательских учреждений;
3. Значительные ресурсы квалифицированных кадров;
4. Длительный опыт предпринимательской деятельности в стране.

Биотехнологический сектор США насчитывает сегодня 1 500 компаний, в том числе 386 государственных компаний с капитализацией около 360 млрд. долл. США. Доходы государственных биотехнологических компаний США в период с 1998 по 2007 год возросли с 20 до 65 млрд. долл. США, расходы на научные исследования и разработки – с 10 до 26 млрд. долл. США.

Важная роль в финансировании биотехнологии в США принадлежит государственному сектору. Государственный фонд National Institutes of Health (НИН) – крупнейший из отдельно взятых субъектов, осуществляющих финансирование биотехнологических исследований в США. В период с 2000 по 2008 год годовой бюджет НИН возрос с 18 до 29 млрд. долл. США.

Состояние развития биотехнологии в Европейских странах

Количество биотехнологических предприятий в Европейских странах составляет более 1 700, из них 180 – государственные компании, чьи доходы в 2007 году составили 13 млрд. долл. США [1-4]. Это в пять раз меньше прибыли, получаемой американской биоиндустрией. Объемы финансирования биотехнологической отрасли в Европе также существенно отстают от показателей США – 7.5 млрд. долл. США в 2007 году.

Доля венчурного финансирования сопоставима с соответствующим показателем в США. Основные центры развития биотехнологии в Европе – Великобритания и Германия.

Великобритания является лидером по объему привлекаемого в отрасль финансирования – примерно треть объема, инвестируемого всей Европой.

Германия опережает соседей по вложениям венчурного капитала в биотехнологическую отрасль – этот показатель в 2 раза выше среднего уровня в регионе. Кроме того, Германия опережает другие страны по количеству институтов, исследовательских учреждений и ВУЗов, специализирующихся в биотехнологии.

Состояние развития биотехнологии в Японии

Япония занимает второе место в мире после США по уровню развития инноваций в биотехнологии [1-4]. Имея сильные позиции в традиционных областях этой отрасли, в частности, в производстве ферментов, антибиотиков и аминокислот, она значительно отстает от США в применении методов новейшей биотехнологии. В настоящее время только около 5 % затрат на НИОКР фармацевтической промышленности Японии приходится на исследования в области генной инженерии и около 120 фирм имеют собственные программы по разработке способов получения лекарственных средств с использованием методов новейшей биотехнологии. Большое значение для развития биотехнологии в Японии имеет тесное сотрудничество между государственным и частным сектором, в реализации отдельных биотехнологических программ принимает участие правительство страны.

Так, правительство Японии объявило биотехнологию "стратегической индустрией" и национальным приоритетом. За дело взялись крупные японские корпорации. Вначале им не хватало собственных кадров, и первые исследования проводились в сотрудничестве с американскими университетами и компаниями. Сейчас эти корпорации приобрели необходимый опыт и сами проводят молекулярно-биотехнологические разработки и создают генноинженерные продукты.

В соответствии с принятой правительством Японии в 2002 году обновленной программой развития высокотехнологичных отраслей до 2010 года одним из ключевых направлений признано развитие практического приложения биотехнологии. Компании, специализирующиеся в данной области, осуществляют массированное продвижение своей продукции на внутренний и внешний рынки. Этому способствуют такие факторы, как:

- наличие необходимого технического оснащения для проведения НИОКР;
- поддержка со стороны государственных органов Японии.

Состояние развития биотехнологии в Китае

Биотехнологическая отрасль Китая включает в настоящее время около 900 предприятий и 40 биотехнопарков, расположенных в Пекине, Шанхае, Гуанчжоу. Объем продаж биотехнологической продукции, произведенной в Китае, оценивается в 10 млрд. долл. США [1-4]. Развитию отрасли в немалой степени способствовала стимулирующая политика властей в налоговом, финансовом и трудовом регулировании.

Основной сектор китайской биотехнологической отрасли – биофармацевтика («красная» биотехнология). В секторе работает 580 компаний. Продукция китайских производителей занимает не менее 7 % мирового рынка лекарственных биопрепаратов. Основной объем финансирования китайской биофармацевтики осуществляется в рамках государственных программ: Национальной Программы Фундаментальных Исследований и Национальной Программы Исследований и Разработок в области Высоких Технологий. Первая ориентирована на финансирование исследований на ранних стадиях НИОКР, вторая – на этапе прикладных разработок и коммерциализации продуктов.

«Зеленая» биотехнология также является объектом значительных инвестиций – у Китая второе место в мире после США по объему финансирования разработок в этой области. На исследования в агробиотехнологии приходится около 40 % государственных инвестиций в отрасль.

Рост инвестиций Китая в биотехнологическую отрасль отличался высокими темпами в начале нового столетия – с 2001 по 2005 год объем государственного финансирования биотехнологии в Китае увеличился более чем в 10 раз – с 0.1 до 1.2 млрд. долл. США.

Согласно национальной программе развития науки и технологии на 2006–2020 годы государство инвестирует 112 млрд. долл. США в НИОКР, при этом биотехнология имеет высший

приоритет над прочими направлениями – инвестиции в отрасль в 2010 году составили до 9 млрд. долл. США уже.

Направления биотехнологических исследований, определенные программой в качестве ключевых, включают: молекулярное конструирование новых видов животных и растений, а также лекарственных препаратов, генная и протеиновая инженерия, тканевая инженерия на основе стволовых клеток, новые поколения промышленной биотехнологии.

Состояние развития биотехнологии в Бразилии

Рынок биотехнологической продукции Бразилии оценивается в 14 млрд. долл. США и является крупнейшим в Латинской Америке. Биотехнологическая отрасль страны насчитывает около 300 компаний, большинство из них заняты в сельскохозяйственной и медицинской биотехнологии [1-4].

Важную роль в развитии бразильской биоиндустрии играют бизнес-инкубаторы, основные из которых расположены в Сан-Пауло и Минас Жерайс.

Бразилия имеет признанные в международной научной среде компетенции в области геномики, поиска вакцин и исследований стволовых клеток. В стране уделяется большое значение использованию возобновляемых источников энергии, благодаря чему Бразилия является на сегодня вторым в мире после США производителем биоэтанола.

Бразилия проводит достаточно активную политику в области развития инноваций, в том числе биотехнологии. В числе основных инструментов поддержки исследовательских проектов:

1. Программы Министерства науки и технологии Бразилии;
2. Фонд Биотехнологии (Biotechnology Sectoral Fund), созданный в 2001 году специализированный фонд для финансирования биотехнологических исследований;
3. Бразильское Агентство инноваций – предоставляет гранты совместным проектам исследовательских и коммерческих организаций. В 2008 году в развитие инновационных проектов Агентством инвестировано 1.5 млрд. долл. США;
4. Программа поддержки исследований на предприятиях – ориентирована на финансирование индивидуальных разработок в небольших компаниях.

Механизмы частных инвестиций в биотехнологический сектор Бразилии в настоящее время малоразвиты.

В Бразилии были также приняты важные нормативные документы для стимулирования инновационного развития в стране – Закон об инновациях, Закон о благах, Закон об интеллектуальной собственности. В 2007 году правительством разработана стратегия развития биотехнологической отрасли Бразилии, согласно которой инвестиции в отрасль в течение последующего десятилетия составят не менее 5 млрд. долл. США, а для реализации намеченной политики создан Национальный комитет по биотехнологии.

Состояние развития биотехнологии в Индии

Индия входит в первую тройку стран по развитию биотехнологии в Тихоокеанском регионе – после Австралии и Китая. Основные характеристики биотехнологической отрасли Индии [1-4]:

- ежегодный темп роста в 2003-2008 годах – 20-30 %;
- объем продаж в 2008 году – 2.5 млрд. долл. США;
- количество биотехнологических предприятий – 330;
- инвестиции в сектор в 2007 году – около 600 млн. долл. США.

Наиболее развиты в Индии биотехнологии, связанные с обеспечением здоровья человека, в том числе услуги исследовательского аутсорсинга. Индия лидирует в мире по количеству фармацевтических производственных площадок, одобренных американской Food and Drug Administration за пределами США, и становится центром проведения клинических испытаний многих международных фармацевтических корпораций (Merck, Pfizer, AstraZeneca). Индийский рынок контрактных исследований в биофармацевтике оценивается в 250 млн. долл. США и растет на 30-40 % ежегодно.

Биотехнологическая отрасль в Индии пользуется активной поддержкой государства – еще в 1986 году при Министерстве Науки и Технологии был создан Департамент Биотехнологии для осуществления политики и поддержки исследовательской деятельности в области биотехнологии, который сегодня является основным источником финансирования биотехнологических НИОКР, в первую очередь для малого бизнеса. Департаментом разработана Национальная Стратегия

Развития Биотехнологии, в которой сформулированы основные проблемы и способы их решения на пути создания в стране благоприятной среды для развития биоиндустрии.

Состояние развития биотехнологии в странах Таможенного Союза

Состояние развития биотехнологии в России

В настоящее время в состав российской биотехнологической промышленности входят более сорока предприятий и организаций. Биотехнологическую промышленность страны не обошел стороной глубокий экономический кризис 1990 годов. Если СССР выпускал 3-5 % мировой продукции биотехнологической отрасли, занимал второе место в мире по развитию микробиологической промышленности, уступая лишь США, то сейчас Российская Федерация производит менее 1 % мирового объема такой продукции. При этом практически прекратилось производство ряда ключевых продуктов: антибиотиков, витаминов; производство ферментов упало в 6 раз, антибиотиков – в 12 раз, кормового белка – в 25 раз. На долю России приходится 0,02 % мирового производства генно-инженерных препаратов для медицины. Импортозависимость России по важнейшим видам биотехнологической продукции исключительно велика: например, по инсулину она составляет почти 100 %, по антибиотикам – свыше 90 % [1,3-5].

Объем биотехнологического рынка в России в 2003 году достиг 510,6 млн. долл. США. Эта цифра выглядит весьма скромно по сравнению, например, с объемом российского рынка IT – ориентировочно 2,5 млрд. долл. США.

Несмотря на то, что эта отрасль промышленности в России не исчезла окончательно, внутренняя политика в последние полтора десятка лет привела к существенным диспропорциям в ее развитии. Так, производство этилового спирта в объеме производства отрасли достигает 70 %.

Состояние биотехнологии в Беларуси

В Беларуси принята и начала реализовываться Государственная программа развития биотехнологий "Инновационные биотехнологии на 2010-2012 годы и на период до 2015 года". На ее реализацию до 2015 года планируется выделить 331 млрд. рублей (белорусских), из них 104 млрд. рублей – из республиканского бюджета. Остальные ассигнования составят заемные и кредитные, а также собственные средства организаций, участвующих в реализации программы. Программа предусматривает создание шести новых предприятий. Будет модернизировано 28 предприятий и создано 78 новых биотехнологий, которые предполагается внедрить в производства затрагивающих интересы ряда отраслей, в частности сельского хозяйства и фармацевтики. В рамках программы планируется создание в Беларуси достаточно крупных производств, в том числе высокотехнологичных. Некоторые проекты планируется реализовывать на базе научных организаций, в частности НАН, на базе предприятий концерна «Белбиофарм», «Минсельхозпрода». При этом Программой предусмотрено резкое увеличение доли высокотехнологичной продукции, резкое снижение зависимости от поставок из-за рубежа по многим позициям».

Планируется привлечение иностранных инвестиций. Но объекты должны строиться таким образом, чтобы иностранный инвестор вкладывал не только средства, но и давал определенные гарантии по сбыту продукции, в том числе за пределы страны.

Потенциальным инвестором прежде всего является Россия, с предприятиями которой, в том числе частными, ведут соответствующие переговоры, азиатские страны, прежде всего – Китай и Индия. Также, ведутся переговоры с арабскими странами, для которых очень интересны биотехнологии в сельхозпроизводстве, а также со странами Европы.

Следует отметить, что развитие биотехнологий в Беларуси идет не только в рамках вышеназванной программы: тема биотехнологий является сквозной во многих научных и отраслевых программах на 2011-2015 годы.

Состояние биотехнологии в Казахстане

Текущее состояние биотехнологии в Казахстане характеризуется, с одной стороны, отставанием объемов производства от уровня и темпов роста стран, являющихся технологическими лидерами в этой области, а с другой – появившимся спросом на биотехнологическую продукцию со стороны потребителей [5].

Результатом отставания является высокая импортозависимость по важнейшим традиционным биотехнологическим продуктам – лекарственным препаратам и кормовым добавкам, и отсутствие на казахстанском рынке собственных инновационных биотехнологических продуктов.

В целом, в настоящее время Казахстан существенно отстает от ведущих стран как в проведении фундаментальных исследований, так и в промышленном применении биотехнологии. Тем не менее, в республике имеется целый ряд важных предпосылок, которые имеют потенциал для развития биотехнологической отрасли. На сегодняшний день Казахстан располагает возможностями для создания целого ряда производств, специализирующихся на переработке возобновляемой биомассы, получении продуктов питания, производстве современных лекарств и т.п. При этом важнейшей приоритетной задачей должно стать создание собственной современной биоиндустрии, способной обеспечить потребности страны в базовых продуктах биотехнологии, быть ведущей отраслью развития экономики, основанной на знаниях, мощным фактором развития науки и образования, решения актуальных социально-экономических проблем страны.

Показатели инновационной деятельности и коммерциализации технологий в Казахстане – одни из самых низких в мире. Отсутствие высокотехнологичной продукции и информатизационного оборудования в товарном экспорте говорит об отсутствии или абсолютной неконкурентоспособности отечественной инновационной системы на международном рынке. С другой стороны, в настоящее время в сравнении с развитыми странами мира существует большой разрыв между получением результатов НИОКР и их коммерциализацией.

Причиной такого отставания инноваций Казахстана в области биотехнологии связаны с тем, что в республике еще отсутствуют четкие нормативные документы для стимулирования инновационного развития биотехнологии в стране, не сформировалась саморегулируемая бизнес среда для формирования и развития бизнеса в сфере биотехнологии. В основном представлены традиционные научно-исследовательские институты и предприятия, которые существуют благодаря государственному финансированию. Нет должного вовлечения среднего и малого бизнеса.

Вместе с тем в странах Таможенного Союза есть все необходимые условия для устойчивого роста собственного биотехнологического производства: наличие перспективных разработок, производственный потенциал, интенсивно растущий спрос на внутреннем рынке, дешевые по сравнению с Китаем и Индией энергоресурсы, доступное и дешевое сырье для ферментации. Важно отметить, что около 40% себестоимости продукции составляют энергозатраты и около 30% сырье. В настоящее время по обоим этим показателям, например, Россия и Казахстан, имеют преимущества перед Китаем, Индией и западными странами. Для реализации этих задач необходимо разработать новые организационные и экономические подходы в сфере производства и продвижения на рынок создаваемой биотехнологической продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы 5-го Московского Международного Конгресса Биотехнология: состояние и перспективы развития, 16 – 20 марта 2009 г., Москва, Россия.
2. Implementing New Technologies: Innovation and the Management of Technology // Edited by E.Rhodes and D.Wield at the Open University, NCC Blackwell, Oxford, 1994, 458.
3. Материалы международной конференции «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы // Уфа, 29 сентября – 5 октября 2010 г.
4. Концепция развития Национального центра биотехнологии Республики Казахстан, Астана, 2006.

Мұхамбетжанов С.К., Рахымбаев И.Р., Өтеулин К.Р., Ережепов А.Е.

БИОТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУЫ: ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

¹ "Биология және биотехнологиялар институты", РМӨ, Алматы қ.,

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

Әлемдегі биотехнология саласындағы инновациялық жағдайлар туралы қысқаша шолу берілген. Оның ішінде дүниежүзілік нарықтағы биотехнологиялық өнімдер туралы мәліметтер келтіріледі, АҚШ, Жапония, Еуропа мемлекеттеріндегі, Бразилия, Қытай, Үндістан, Кедендік Одақ құрамына кіретін мемлекеттердегі биоөндірістердің жағдайларына талдау жасалады. Өнеркәсібі дамыған мемлекеттерде биотехнологияның ғылыми тұрғыдан дамуы мемлекеттік зерттеу бағдарламалары есебінен іске асырылып, сонан кейін оның нәтижелері жеке меншік секторлармен коммерцияландырылатындығы атап өтіледі. Осындай саясаттың

нәтижесінде мемлекеттік-жеке меншік инновациялық серіктестік, яғни, бірін-бірі толықтырып отыратын мемлекеттегі өкімет пен бизнес арасында теңқұқықты серіктестік жүйесі қалыптасады. Мемлекет, инновациялардың негізгі көзі болып табылатын, ғылыми-зерттеу жұмыстары мен білім беру саласын қолдай отырып, кәсіпкерлікті ынталандыруға қолайлы жағдайлар жасайды, ал бизнес болса нарықтағы инновациялық өнім бойынша барлық экономикалық тәуелділікті өз мойнына алады. Кедендік Одақ мемлекеттерінде өздерінің биотехнологиялық өнеркәсіптерінің тұрақты дамуына барлық жағдайлардың бар екендігі көрсетілген: келешегі бар жобалардың болуы, ғылыми және өндірістік әлеует деңгейі, ішкі нарықта биотехнологиялық өнімдерге сұраныстардың үздіксіз артуы, басқа мемлекеттермен салыстырғанда, энергетикалық ресурстардың арзандығы, қол жетімді және арзан шикізаттардың қоры.

Mukhambetzhonov S.K.¹, Rakhimbaev I.R.¹, Uteulin K.R.¹, Erezhevov A.E.²

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF BIOTECH: THE CURRENT STATE

¹ PWG "Institute of Biology and Biotechnology", Almaty,

² Kazakh National University. Al-Farabi, Almaty)

The article provides a brief overview of innovation in biotechnology in the world. In particular, we consider the global market biotechnology products, an analysis of the state of the biotechnology industry in the U.S., Japan, Europe, Brazil, China, India, the countries of the Customs Union. Described the state of innovation in biotechnology in Kazakhstan. It is shown that in industrialized countries is scientific support for biotechnology in the state of research programs to further commercialization of the private sector. As a result of such a policy there, a system of innovative public-private partnership in which government and business act as equal partners, complementing each other. In this case, the state, supporting the conduct of scientific research and education, are the sources of innovation, creating favorable conditions and environment stimulating entrepreneurship and business assumes all risk of loss in the market of innovative products. However, the countries of the Customs Union have all the necessary conditions for sustainable growth of its own biotechnological production: availability of advanced development, scientific and production capacity, actively growing domestic demand, cheap compared with other countries in energy resources, available and cheap raw materials.

Г.Ш. БУРАШЕВА¹, К.Д. РАХИМОВ², Ж.А. АБИЛОВ¹

ХИМИКО-ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ТРАВЫ ВЕРБЛЮЖЬЕЙ КОЛЮЧКИ КИРГИЗСКОЙ (*ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK*)

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби¹, Алматы.²Институт фармакологии и токсикологии НАН РК²**Актуальность.**

С целью расширения арсенала отечественных лекарственных средств и производства фитопрепаратов необходимы систематические исследования растительных ресурсов.

Указом «О мерах по развитию фармацевтической промышленности РК» принята государственная программа развития фармацевтической и медицинской промышленности. К концу 2000 г. в Государственный реестр РК вошло 365 отечественных препаратов, в том числе 56 – из лекарственных растений. Это удовлетворяет потребность республики в лекарственных средствах лишь на 10%.

Государственная программа развития фармацевтической и медицинской промышленности направлена на снижение зависимости здравоохранения Казахстана от импорта и обеспечения безопасными отечественными лекарственными препаратами, поэтому фармакологическое и физиологическое исследования новых условных фитопрепаратов является, несомненно, *актуальной задачей*.

Интерес к получению веществ, вторичного метаболизма растений растет со стороны различных областей народного хозяйства. В первую очередь, это фармакология, так как названные соединения являются действующим началом многих уже существующих лекарственных препаратов, а также огромного числа препаратов находящихся на стадии разработки. Кроме того, на вещества растительного происхождения растет спрос со стороны пищевой и химической промышленности. Пристальное внимание к растительным метаболитам обусловлено грандиозным разнообразием видов их биологической активности в сочетании с экологической безопасностью и отсутствием побочных эффектов. Растения являются незаменимым источником получения очень многих практически важных веществ, они обладают различными видами фармакологической активности и требуют выяснения их структур для выявления определенной взаимосвязи "структура-активность".

Как источники биологически активных веществ, огромный интерес представляет род *Alhagi Adans* (верблюжья колючка), который известен со времен Абу Али ибн Сино и используется для лечения тех или иных заболеваний, но не включен в арсенал научной медицины по причине их малой химической и биологической изученности.

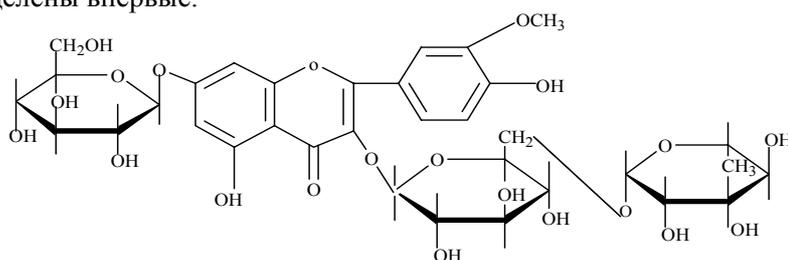
Фитохимическое исследование верблюжьей колючки киргизской – *Alhagi kirgisorum Schren*

Сапко О.А. и соавторами получены каллусные и суспензионные культуры клеток верблюжьей колючки киргизской – *Alhagi kirgisorum Schrenk*. Показано, что в культивируемых клетках и тканях стабильно сохраняется биосинтез изофлавонов и конъюгатов фенолкарбоновых кислот. Этими авторами проведен сравнительный анализ ряда фенольных соединений в исходном растении и в культуре клеток верблюжьей колючки киргизской – *Alhagi kirgisorum Schrenk*. Из культивируемых клеток выделены и идентифицированы кверцетин, изорамнетин, 3-0-неогеспериозид изорамнетина, ретузин, 8-метил ретузин, каликозин, формонетин.

| Название растений | Исследуемый орган растения | Аскорбиновая кислота, мг/% к абс. сухому сырью |
|------------------------------|----------------------------|--|
| Зверобой обыкновенный | листья | 2420,00 |
| Алоэ древовидное | листья | 2274,20 |
| Барбарис разноножковый | листья | 1975,77 |
| Мята перечная | листья | 1129,18 |
| Верблюжья колючка киргизская | листья | 1088,57 |
| Валериана лекарственная | листья | 779,03 |

Халматовым Х.Х. исследованы высоковитаминные растения среди дикорастущих и культурных на территории Ботанического сада Узбекистана (всего 61 растение). При этом особое внимание уделяли лекарственным растениям, которые при высоком содержании аскорбиновой кислоты могут быть поливитаминным сырьем.

Г.Ш.Бурашевой, М.М.Мухамедьяровой, Т.К.Чумбаловым в 1973-1980 годы была исследована надземная часть верблюжьей колючки киргизской, собранной в трех фазах вегетации. Из семян были выделены мономерные флаваны. Из листьев и стеблей (из надземной массы) выделены флавоноловые гликозиды, агликоны, фенолокислоты и полимерный проантоцианидин. Установлены структуры 20 флавоноловых гликозидов, среди которых: 3-О-β-D-глюкопиранозил-(6-1) α-L-рамнопиранозидо-7-0-β-D-глюкопиранозид изорамнетина; 3-0-β-D-галактофуранозидо (6-1) - β-D-галактофуранозид изорамнетина (биозид) был новыми соединениями и выделены впервые.



3-О-β-D-глюкопиранозил (6-1) α-L-рамнопиранозидо-7-0-β-D-глюкопиранозид изорамнетина

С 1981 по 2011 годы на кафедре органической химии и химии природных соединений КазНУ им. аль-Фараби ведутся целенаправленные химические исследования всех четырех видов верблюжьей колючки.

Химическое исследование 4 видов рода *Alhagi Adans*

Содержание биологически активных веществ в надземной массе растений рода *Alhagi Adans* (верблюжья колючка), произрастающих в Казахстане, представлено в таблице 1. В южном регионе Казахстана произрастают верблюжья колючка киргизская и обыкновенная, а редколистная и персидская представлена из западного региона.

Изучена динамика накопления флавоноидов и сравнительное изучение химического состава 4 видов колючки верблюжьей по фазам вегетации в зависимости от мест заготовок. Показано, что растения разных видов рода *Alhagi Adans* различаются между собой качественным и количественным содержанием флавоноидов. В семенах обнаружены мономерные флаваны; в листьях, стеблях и корнях – флавоноловые гликозиды, агликоны, аминокислоты, фенолокислоты, водорастворимые полифлаваны, гетерополисахариды.

У всех видов с момента весеннего отрастания побегов и листьев до репродуктивной фазы наблюдалось увеличение содержания флавоноидов, а с переходом в фазу плодоношения – неуклонное снижение. На уровень содержания флавоноидов большое влияние оказывает видовая принадлежность и место произрастания. Так, верблюжья колючка обыкновенная и киргизская, собранные в Шымкентской области, различаются по количеству флавоноидов. Для верблюжьей колючки обыкновенной характерно несколько большее содержание флавоноидов по сравнению с верблюжьей колючкой киргизской (бутонизация – 3,0, цветение – 4,2, плодоношение – 3,7 для верблюжьей колючки обыкновенной; бутонизация – 2,5, цветение – 3,5, плодоношение – 3,0 для верблюжьей колючки киргизской; бутонизация – 1,8, цветение – 2,2, плодоношение – 1,6 для верблюжьей колючки персидской), малое количество флавоноидов определено в *Alhagi Sparsifolia* – колючке редколистной, видимо, это связано с экологическими факторами.

Главными органами локализации флавоноидов являются листья, стебли и цветки. В листьях и стеблях во всех видах *Alhagi Adans* максимум содержания флавоноидов смещен к фазе зеленых плодов, что совпадает с фазой цветения.

Хроматографическое изучение полифенольного комплекса верблюжьей колючки киргизской и обыкновенной по фазам вегетации показало, что в начале цветения характерно появление новых

моно-, ди -, тригликозидов и агликонов – изорамнетина и кверцетина. Далее, в фазе плодоношения, обнаружено увеличение количества агликонов.

Таблица 1. Содержание биологически активных веществ в надземной массе растений рода *Alhagi Adans* в фазу цветения (произрастающих в Казахстане), в процентах

| № № | Растения рода <i>Alhagi Adans</i> | Влага | Зола | Аминокислоты | Полифлаваны | Флавоноиды | Углеводы | Каротин, мг % | Витамин С, мг % |
|--------|---|-------|-------|--------------|-------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
| 1 | <i>A.kirgisorum</i> Schrenk (Алматинская обл.) | 9,10 | 9,50 | 3,00 | 4,50 | 3,50 | 7,20 | 9,80 | 1088 |
| 2 | <i>A.pseudoalhagi</i> (Шымкентская обл.) | 7,00 | 10,50 | 3,40 | 6,10 | 4,20 | 6,00 | 6,90 | 1000 |
| 3 | <i>A.persarum</i> (Зап. Казахстанская области) | 8,00 | 7,93 | 2,00 | 3,70 | 1,80 - 2,00 | 4,50 | 14,00 | 75,00 |
| 4 | <i>A. Sparsifolia</i> (с высохшего дна Арала) | 4,00 | 13,50 | 1,50 | 3,00 | 1,00 - 1,50 | 4,70- 5,00 | 7,60 | 65,00 |

Возможно, количественное преобладание агликонов над гликозидами является следствием увеличения гидролитических процессов, обусловленных старением растительного организма. Кроме того, можно предположить, что флавоноидные гликозиды могут принимать участие в трансгликозидировании и непосредственно передавать сахара соответствующим акцепторам – полисахаридам.

В верблюжьей колючке обыкновенной и киргизской в процессе роста и развития обнаружены катехин и эпикатехин, в верблюжьей колючке персидской и редколистной эти флаваны были обнаружены в виде следов. По-видимому, в молодой растущей ткани (фаза бутонизации) более энергично идет образование восстановленных форм флавоноидов – катехинов. В фазе плодоношения содержание катехинов снижается за счет конденсации, так как далее в растениях происходит увеличение содержания конденсированных дубильных веществ.

Конденсированные дубильные вещества, выделенные из верблюжьей колючки киргизской в фазу цветения, имеют более низкую молекулярную массу, чем конденсированные дубильные вещества, собранные в фазу плодоношения. В верблюжьей колючке персидской и редколистной доминирующими флавоноидными компонентами являются кверцетин, изорамнетин и их гликозиды.

В верблюжьей колючке персидской, собранной в Уральской области, отмечена значительная разница в качественном составе и количественном содержании флавоноидов по сравнению верблюжьей колючкой обыкновенной и киргизской, количество флавоноидов в фазу цветения – 2,2 %.

Верблюжья колючка киргизская уступает по количественному содержанию флавоноидов верблюжьей колючке обыкновенной. А флавоноидный состав верблюжьей колючки редколистной беднее, чем другие виды колючки.

В верблюжьей колючке персидской доминируют глюкозиды изорамнетина и кверцетина.

В связи с тем, что верблюжья колючка киргизская произрастает только в Казахстане и имеется ее достаточный запас, для этого растения проведено фармакогностическое исследование и растение предложено, как лекарственное сырье.

По результатам ресурсоведческих исследований установлено, что общая возможная ежегодная заготовка верблюжьей колючки киргизской по Куртинскому и Балхашскому районам Алматинской области – 2820 тонн. Заготовку следует вести в конце июля – в начале августа. В целях сохранения зарослей эксплуатируемые участки необходимо ежегодно чередовать.

Динамика накопления конденсированных дубильных веществ в верблюжьей колючке киргизской по сроку хранения (экспериментально установлено), что за 3 года изменяется от 5,63 до 4,80%, снижение количества дубильного вещества (10,7-14,4%) указывает на пригодности сырья в течение 3 лет.

Сбор растения следует проводить в Алматинской, Жамбылской, Шымкентской, Кызылординской областях. Общий выявленный эксплуатационный запас верблюжьей колючки киргизской в Куртинском и Балхашском районах Алматинской области составляет 14270,8 тонн.

Нами рекомендовано заготавливать верхнюю недревесневшую часть побегов с листьями и цветками. Траву необходимо срезать на высоте 8-10 см от поверхности земли.

После сбора цельное сырье следует сушить в тени на воздухе или на чердаках, в помещениях с хорошей вентиляцией. Сушку необходимо проводить до характерного треска стеблей при надломе.

Перед упаковкой сырья необходимо отобрать пожелтевшие, побуревшие и почерневшие, загнившие, поврежденные части растения, удалить посторонние растения, отряхнуть от земли, камешков и пыли, измельчить на части от 10 до 50 см длиной.

Так как верблюжья колючка киргизская произрастает только в Казахстане, имеет хороший промышленный запас, нами проведен товароведческий анализ этого растения, собранного в фазу цветения из разных регионов республики. Установлено, что верблюжья колючка киргизская, произрастающая в Куртинском районе Алматинской области, имеет значительное количество конденсированных дубильных веществ. Разработана Фармакопейная Статья, где нормированы показатели товароведческого анализа и содержания конденсированных дубильных веществ.

Отработаны условия хранения сырья и дана рекомендация для нормативной документации – хранить сырье необходимо в сухих, хорошо проветриваемых помещениях. Срок годности – 3 года.

Таким образом, после изучения качественного и количественного состава четырех видов верблюжьей колючки, произрастающих в Казахстане, сделаны следующие выводы:

- Рекомендовано время заготовки верблюжьей колючки киргизской и обыкновенной
- Выявлено, что по флавоноидному составу верблюжья колючка обыкновенная и киргизская очень близки.

Из исследованных 4-х видов рода *Alhagi Adans* в Казахстане имеется достаточный запас верблюжьей колючки обыкновенной и киргизской.

Идентификация флавоноидов *Alhagi persarum* – верблюжьей колючки персидской

Сравнительный анализ веществ верблюжьей колючки киргизской, редколистной и персидской указывает на то, что качественный состав флавоноидов верблюжьей колючки персидской значительно отличается от качественного состава флавоноидов других видов, поэтому нами выделены соединения, которые являются отличными от других видов.

Методом бумажной хроматографии в системах 1 и 2 в 70%-ном водно – спиртовом экстракте обнаружено 12 веществ флавоноидного характера (схема 1) – вещества 7 и 8 – агликоны: кверцетин, изорамнетин, вещества 9 – 12 – фенолоксислоты и вещества 1-6 – флавоноловые гликозиды.

Вещество 1 (5.1) – кристаллы лимонно-желтого цвета с т.пл. 165-167⁰С, хорошо растворимые в воде, в спирте. м/е: 798 [М-1]⁺, 654, 453, 348. Положение на хроматограмме, качественные реакции, а также основные максимумы поглощения в УФ-спектре (λ max, нм 362, 278 пл., 256) характеризуют его как флавоноловый гликозид. Это подтверждают характерные полосы поглощения в областях (3300-3400, 2945, 1665, 1070-1060, 1035, 1004, 962, 890, 835, 866) см⁻¹ в ИК-спектрах.

При обработке вещества 1 уксусным ангидридом в пиридине получен ацетат с т.пл. 172-174⁰С; $[\alpha]_D = -127^0$ (С. 0,085; хлороформ). В результате ступенчатого кислотного гидролиза обнаружены галактоза и рамноза в соотношении 1:2 и агликон.

В ПМР – спектре отмечены сигналы аномерных протонов в области 5,22; 5,12 и 4,53 м.д., которые указывают на наличие трех сахарных остатков. Другие протоны сахарных остатков обнаружены в области 3,46- 3,78 м.д. и 4,80-5,10 м.д. в виде мультиплета (рисунок 1).

Сигналы ИК-спектра, отсутствие батохромного сдвига в УФ-спектре с ацетатом натрия, хлористым алюминием, хлористым алюминием с соляной кислотой, результаты стадийного кислотного, ферментативного гидролизом с α -амилазой, а также наличие в ПМР-спектре дублета в области 1,1-1,2 м.д. с интенсивностью в 6Н, которые могут принадлежать метильной группе рамнозы, указывают, что сахар – рамноза имеет пиранозную форму, α – конфигурацию и находится в С-3 положении кольца С и С-7 положении кольца А.

В результате перекисного окисления в системе 1 обнаружена биоза и моногликозид. Образование биозы в результате перекисного окисления подтверждает, что биоза присоединена к С-3 атому.

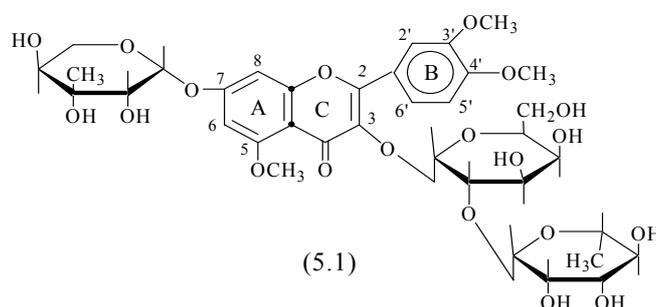
В продуктах стадийного кислотного гидролиза во времени был обнаружен дигликозид и сахар рамноза, который также доказывает, что сахар присоединен к С-7 положению и является рамнозой. Сахара имеют пиранозную форму, что подтверждают три полосы поглощения в области 1000-1100 см⁻¹ в ИК-спектре. Сахаром при С-3 является галактоза и рамноза, связь между которыми установлена по результатам щелочного гидролиза.

Из литературы известно, что сахара с 1-2 – связью щелочному гидролизу не подвергаются.

Полосы поглощения в ИК-области 2945 см⁻¹, 1395 см⁻¹ и наличие 9 протонов синглета при 3,4 м.д. в ПМР-спектрах, свидетельствуют о присутствии трех метоксигрупп в агликоне, что однозначно подтверждается результатами щелочного расщепления агликона, отсутствием батохромного сдвига в УФ – спектре с борной кислотой и хлористым алюминием.

Эти результаты доказывают, что метоксигруппы находятся в положениях С-5, 3', 4'.

Таким образом, вещество (5.1) идентифицировано как 3 – 0 – β – D – галактопиранозил (2-1) – α – L – рамнопиранозидо –7-0- α – L – рамнопиранозид 5, 3', 4' –триметоксифлавонола. Это соединение является новым, ранее в литературе неопианным.



Вещества 2, 3, 4, 5 по положению на хроматограмме, по максимумам в УФ-спектре и качественным реакциям отнесены к флавоноловым моногликозидам. В УФ-свете вещества имеют темное свечение, которое при действии 1%-ным спиртовым раствором хлористого алюминия приобретает желто-зеленую окраску.

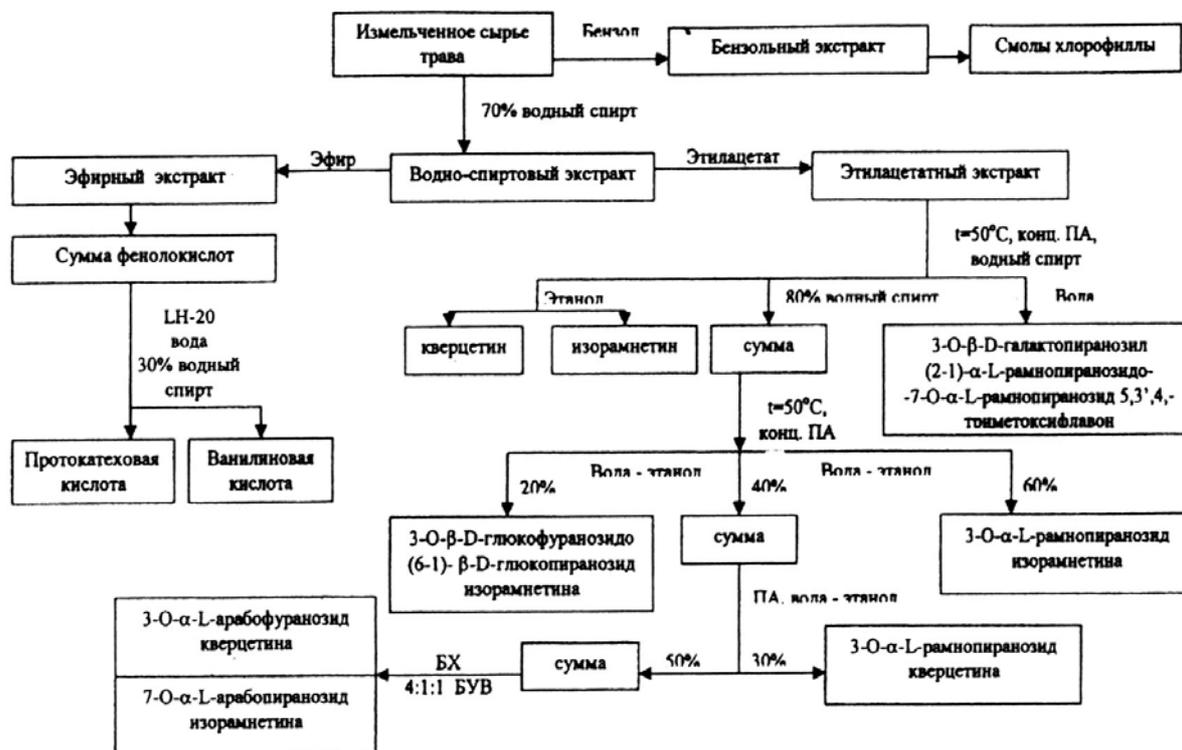


Схема 1. Разделение флавоноидов верблюжьей колючки персидской.

В результате щелочной деструкции агликонов веществ 2 и 3 обнаружены флороглюцин и протокатеховая кислота, а щелочная деструкция агликона веществ 4 и 5 дала флороглюцин и ванилиновую кислоту. Продуктами полного кислотного гидролиза веществ 2 и 3 являются соответственно, рамноза и арабиноза, а агликоном – кверцетин; в веществах 4 и 5 соответственно обнаружены рамноза и арабиноза, а агликон – изорамнетин. Для подтверждения результатов щелочной деструкции, для определения свободных ОН – групп и положения углеводных заместителей в веществах проведены спектральные исследования в УФ – спектре с ионизирующими и комплексообразующими добавками. Величины максимумов и их сдвиги подтверждают, что действительно агликоном веществ 2 и 3 является кверцетин, а веществ 4 и 5 – изорамнетин.

Таким образом, вещество 2 охарактеризовано как 3-0- α -L-рамнопиранозид кверцетина; вещество 3 – как 3-0- α –L- арабофуранозид кверцетина; вещество 4 – как 3-0- α – L-рамнопиранозид изорамнетина; вещество 5, как 7 – 0 – α – L – арабопиранозид изорамнетина.

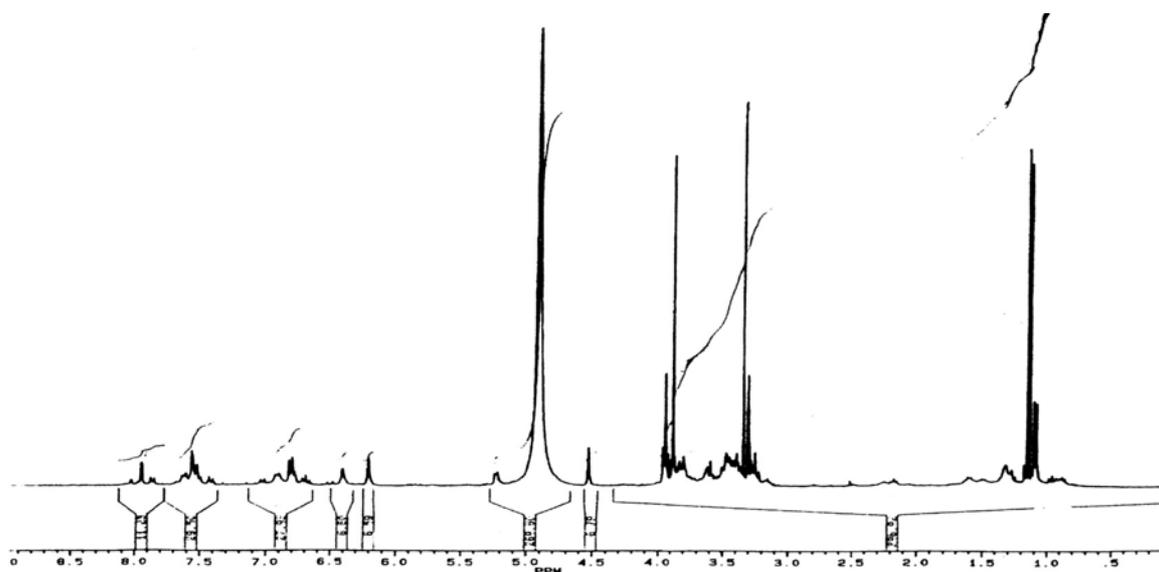


Рис. 1. ПМР спектр 3-0- β -D- галактопиранозил (2 \rightarrow 1)- α -L-рамнопи-ранозидо-7-0- α -L-рамнопиранозид 5,4,3-триметоксифлавонола (5.1)

Биологически активный комплекс – "Алхидин"

Сырьем для получения "Алхидина" служит надземная часть верблюжьей колючки киргизской (*Alhagi Kirgisorum Schrenk*), разрешенной к применению Фармакологическим Государственным Комитетом РК в качестве лекарственного сырья как противовоспалительное, антисептическое, вяжущее средство.

"Алхидин" – биологически активный комплекс, который состоит из полимерного проантоцианидина, водорастворимого гетерополисахарида, аминокислот, флавоноидов, микроэлементов. Действующим началом данного фармацевтического средства является полифлаван – полимерный проантоцианидин на основе (+)-катехина, (-)- эпигаллокатехина с C₄-C₈ (или C₆)-формой связи.

Определен 100%-ный состав биологически активного комплекса. "Алхидин" при влажности 10%, содержит полимерного проантоцианидина—33-35%, водорастворимого гетерополисахарида-25-27%, аминокислот- 12-14%, флавоноидов – 3-5%, макро- и микроэлементов – 15-17%.

Качество лекарственного растительного сырья, субстанции, лекарственных форм должно отвечать определенным требованиям и нормам, которые были разработаны по (ОСТ64-038-87, ОСТ 64-7-472-83, ОСТ 64-034-87, ОСТ 64-031-87, ОСТ 64-070-89, ТУ 42-2-615-91, ТУ 64-0307-06-90, ГОСТ 17768-90Е, ГОСТ 6077-80).

Проведено исследование по подбору доступной научной методики количественного определения действующего начала в препарате дубильных веществ конденсированного ряда.

Известны комплексонометрический метод определения гидролизуемых и конденсированных дубильных веществ.

Известен так же способ количественного определения полифлавана в растительном сырье, который основан на реакции взаимодействия полифлавана с ванилином, в качестве стандарта выбран танин, не являющийся конденсированным дубильным веществом.

Поэтому перед нами стояла задача разработки новой методики количественного определения полифлавана.

В предлагаемой методике использована способность полифлаванов (полимерных проантоцианидинов) при действии минеральных кислот превращаться в красящие вещества. Этим свойством обладают димеры, тримеры, полимерные проантоцианидины (полифлаваны) с C₄-C₈ или C₆ формой связи, с образованием красителя.

Калибровочный график строили по растворам цианокобаламина (ФС 42-2518-87). Оптическую плотность полученного раствора измеряли на спектрофотометре при длине волны 550 нм.

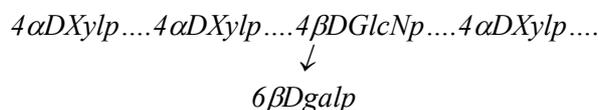
Разработанная методика спектрофотометрического определения полифлавана (полимерного проантоцианидина) внесена в нормативно-техническую документацию на растительное сырье, на настойку, на мазь алхидиновую, на сироп "Жантак".

Водорастворимый гетерополисахарид (ВРГПС)- белый аморфный порошок, с температурой разложения 250 °С. $[\alpha]^{20} + 39^\circ$ (50%-ный C₂H₅OH), (эти данные согласуются с литературными данными для ксиланов).

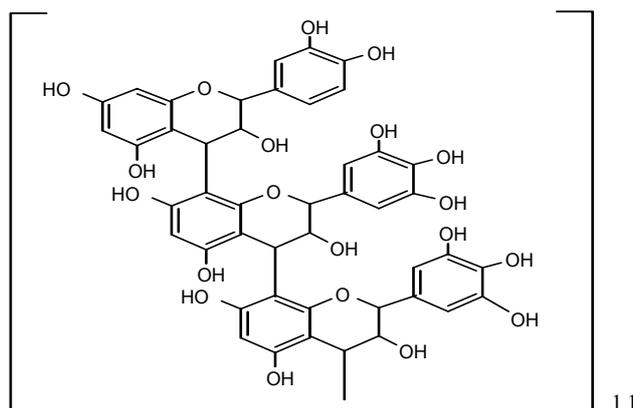
В результате количественного, ступенчатого мягкого гидролиза в гидролизате обнаружены: глюкозамин, ксилоза, галактоза (в соотношении 1: 8:1).

В ИК-спектре полисахарида отмечены полосы поглощения при 3300 см⁻¹ валентные колебания ОН-групп; деформационные колебания при 730, 1475, 1630 см⁻¹ соответствуют СН₂, N-H-группам; три полосы поглощения в области 1000-1100 см⁻¹ указывают на наличие пиранозной формы сахара, полоса поглощения при 890 см⁻¹ свидетельствует о β-гликозидной связи, полоса при 840 см⁻¹ - α-гликозидной связи.

В результате ферментативного гидролиза с рамнодиастазой обнаружена галактоза, что указывает на то, что галактоза связана с основной цепью 1→6-связью; при действии α - амилазой на водорастворимый гетерополисахарид обнаружена - ксилоза.



Скорость щелочного гидролиза (0,05 н NaOH, 2 часа) указывает на 1→4 связь между сахарами, кроме того, скорость кислотного гидролиза дает возможность полагать, что глюкозамин находится в основной цепи.



Полимерный проантоцианидин – (C₄₅H₃₄O₁₈)₁₁ зарегистрирован в НИИ по биологическим испытаниям химических соединений за № 2946580.

БАК "Алхидин" – порошок кремового цвета, без запаха, вяжущего вкуса. Труднорастворим в воде, не растворим в этиловом, метиловом спиртах, эфире, хлороформе.

Минеральный состав. Методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения проведен анализ макро- и микроэлементов золы биологически активного ком-

плекса. БАК "Алхидин" содержит 10 различных элементов. Количественная обработка РФА-спектров проведена по методу внешних стандартов. В качестве стандартов использованы Международные стандартные образцы крови, японского чая и др. Результаты РФА-спектров 3-х образцов биологически активного комплекса, собранных в различных местах произрастания, приведены в таблице 2.

Как следует из данных таблицы, все три образца БАК "Алхидин" содержат 10 различных элементов, однако содержание их колеблется. В постоянном количестве содержится калий, незначительно отличаются по количеству кальций, бром. Во всех образцах в наибольших количествах содержится цинк, железо. Относительное стандартное отклонение $Sr = 0,05-0,15$.

Таким образом, макро- и микроэлементный состав биологически активного комплекса – алхидин зависит от места произрастания верблюжьей колючки киргизской. Образец I- выделен из верблюжьей колючки, собранной в Шымкентской области. Образец II- из верблюжьей колючки, собранной в Шелекском районе Алматинской области. Образец III выделен из верблюжьей колючки, собранной в Куртинском районе Алматинской области.

Таблица 2. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа БАК "Алхидин" с использованием синхронного излучения проб

| № п/п | Элементы | Биологически активный комплекс | | |
|-------|----------|--------------------------------|---------|----------|
| | | I, ppm | II, ppm | III, ppm |
| 1 | K | 2,0 | 2,75 | 2,0 |
| 2 | Ca | 0,16 | 0,30 | 0,125 |
| 3 | Fe | 100 | 244 | 301 |
| 4 | Si | 17,6 | 9,55 | 10,5 |
| 5 | Zn | 46,0 | 87,0 | 57,0 |
| 6 | Br | 7,5 | 7,5 | 10,0 |
| 7 | Rb | 23,0 | 9,0 | 30,0 |
| 8 | Zr | 2,0 | 0,1 | 1,1 |
| 9 | Ba | 0,1 | 0,1 | 2,0 |
| 10 | Co | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Флавоноиды. Флавоноиды биологически активного комплекса "Алхидин" выделены и представлены в виде моно – и дигликозидов изорамнетина $C_{22}H_{20}O_{12}$ и $C_{28}H_{32}O_{17}$.

Аминокислоты. Состав аминокислоты "Алхидина" установлен на аминокислотном анализаторе и представлен следующими аминокислотами: глицин, аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, метионин, фенилаланин, валин, аргинин, триптофан, пролин.

Подлинность биологически активного комплекса предложено определять следующими реакциями:

1. Проантоцианидиновая проба.

0,05 г "Алхидина" заливают 10 мл 5%-ного раствора кислоты хлороводородной в метиловом или этиловом спирте, нагревают 20 минут с обратным холодильником на кипящей водяной бане.

Наблюдается выпадение темно-коричневого осадка флобафена и образование красного красителя.

2. Реакция на флавановую природу препарата.

К 0,05 г "Алхидина" прибавляют 10 мл водного спирта этилового (этанол – вода 2:8, по объему), растворяют при температуре 35-40°C; 5 мл полученного водно-этанольного раствора "Алхидина" прибавляют 2 мл 1%-ного раствора ванилина в 70 % кислоте серной. Образуется красный продукт конденсации с флороглюциновым кольцом полифлавана.

3. Реакция на наличие галлоильной группы в структуре "Алхидина".

К 5 мл водно-этанольного раствора "Алхидина" добавляют 1 мл 1 %-ного водного раствора железо – аммониевых квасцов; образующееся синее окрашивание является результатом комплексообразования соли железа с пирогалловым кольцом, содержащим рядовые гидроксильные группы.

Многоплановость биологического действия верблюжьей колючки обусловлена ее сложным химическим составом.

В институте микробиологии и вирусологии АН РК в лаборатории генетики вирусов проведены испытания мутагенной, антимутагенной, комутагенной активностей, эмбрио – и цитотоксичности "Алхидина" и показано, что в концентрациях 0,1; 0,01; 0,001 мг/мл он не проявляет цитотоксического действия на культуру клеток, не обладает мутагенной и комутагенной активностями. "Алхидин" на штамме ТА 100 проявляет антимутагенное действие. Для куриных эмбрионов Алхидин малотоксичен.

Поскольку в литературе имеются сведения о противовоспалительной активности верблюжьей колючки (*Alhagi Adans*), проведены предклинические исследования субстанции «Алхидин» и его лекарственных форм в качестве различных противовоспалительных средств.

На основе субстанции "Алхидин" разработаны лекарственные формы: алхидиновая мазь, 5%; сироп "Жантак"; гель алхидиновый, 3%; пленка алхидиновая.

Противовоспалительное свойство Алхидина

Лекарственная коррекция воспаления, в виду сложности патогенетического механизма течения заболевания, относится к окончательно нерешенной, следовательно, актуальной проблеме современной фармакологии. В этом аспекте большой интерес представляет класс природных полифенольных соединений как важный источник разработки новых нестероидных противовоспалительных лекарственных средств.

В связи с этим заслуживает внимания изучение противовоспалительных свойств комплекса – "Алхидин".

Токсичность биологически активного комплекса «Алхидин»

Предклинические исследования биологически активного комплекса были проведены под руководством профессора К.Д.Рахимова.

Острая и хроническая токсичность изучена по общепринятой методике на белых мышах с массой 18-20 г, на белых крысах -120-140 г, на кроликах – 2,5-3,5 кг.

Для различных путей введения в организм готовились: раствор «Алхидина» в натрий бикарбонате (внутривенно) и суспензия «Алхидин» в крахмальной слизи (перорально и внутривенно). В результате было установлено, что:

| | | |
|----|--|---|
| а) | При внутривенном введении | LD ₅₀ =840±135 мг/кг для мышей; LD ₅₀ =730±42 мг/кг для крыс; |
| б) | При пероральном введении | LD ₅₀ =4890±155 мг/кг для мышей; LD ₅₀ =3970±190 мг/кг для крыс; |
| в) | При внутривенном введении (в хвостовую вену) | LD ₅₀ =75±40 мг/кг для мышей LD ₅₀ =40±60 мг/кг для крыс. |

При внутривенном введении максимально переносимая доза (МПД) для мышей составляет – 510 мг/кг, для крыс – 480 мг/кг. При внутривенном введении МПД для мышей – 45 мг/кг, для крыс – 30 мг/кг.

Материалы токсикологических исследований, согласно параметру LD₅₀, показали, что «Алхидин» относится: при пероральном введении к IV классу «опасности», то есть является веществом малоопасным для жизни, а при внутривенном введении – к IV классу "степени токсичности".

"Алхидин" способен тормозить и ингибировать симптоматические проявления воспаления, вызванного серотонином, гистамином, подкожной имплантацией инородного вещества и химическим раздражением висцеральных полостей.

Такой одинаковый антифлогистический эффект "Алхидина" при воспалении различного генеза свидетельствует о направленности его специфического действия на те патологические изменения, сопровождающие инфламационный процесс, которые возникают во многих формах флогогенной

реакции. Вероятно, в основе этих изменений лежит единый механизм, приводящий к нарушению местной сосудистой проницаемости микроциркуляторной системы.

Как установлено выше, «Алхидин» обладает капилляроукрепляющим свойством, которое не уступает аналогичному действию рутина. Этот механизм действия «Алхидина» занимает ведущее место в его противовоспалительной активности.

По антиэкссудативному и антипролиферативному действию «Алхидин» превосходит антифлогистик – бутадион, хотя по анальгетическому эффекту ему уступает, а по противовоспалительной активности находится с ним на одинаковом уровне.

Таким образом, в результате многолетнего труда на кафедре химии и химической технологии органических веществ, природных соединений и полимеров Казахского национального университета им. аль – Фараби создана новая субстанция "АЛХИДИН", сырьем для ее получения служит верблюжья колючка киргизская – *ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK*, разрешенная к применению в РК в качестве лекарственного сырья как противовоспалительное, антисептическое, вяжущее средство.



Субстанция "Алхидин" зарегистрирована в Республике Казахстан как оригинальный противовоспалительный препарат нестероидной природы РК – ЛС – 3 – №004762.

Совместно с АО "ХИМФАРМ" и кафедрой ОХ и ХПС КазНУ разработан промышленный регламент производства субстанций "АЛХИДИН".

Механизм противовоспалительного действия установлен на основании комплексных морфологических, морфометрических, биохимических и биофизических методов исследований. Кроме того, определено антиоксидантное и гепатопротекторное действие субстанции "Алхидин", что позволяет определить области применения его лекарственных форм: в хирургии, в терапии, в гинекологии, в дерматологии, при заболеваниях пародонта и слизистой оболочки полости рта, в оториноларингологии, в гастроэнтерологической практике при комплексном лечении заболеваний.

С использованием субстанции "Алхидин" создана мазь алхидиновая, 5%-ная на основе эмульгатора Т-2, который не содержит кортикостероидные гормоны.

Мазь алхидиновая 5%-ная разрешена для лечения больных с аллергическим дерматитом, экземой, нейродермитом, атопическим дерматитом.

Совместно с АО "ХИМФАРМ" и кафедрой ОХ и ХПС КазНУ разработан промышленный регламент производства мази алхидиновой, 5%-ной.

Мазь алхидиновая 5%-ная зарегистрирована в Республике Казахстан как оригинальный противовоспалительный препарат нестероидной природы РК – ЛС – 3 – № 005155.

Наилучший результат получают больные с аллергическим дерматитом, при этой форме заболевания очаги разрешаются на 7-11 сутки. Хороший результат лечения мазью алхидиновой 5%-ной (сроки лечения: 10-14 дней) отмечен у больных с очаговой и диффузной формой нейродермита, где преобладают явления сухости кожи, инфильтрации, лихенификации. При истинной и микробной экземе (сроки лечения: 11-15 дней) в острой стадии заболевания результаты лечения оценены также хорошо.

Мазь алхидиновая, 5%-ная не проявляет местно-раздражающего, аллергического действия на окружающие ткани, побочных явлений в виде жжения, покалывания, индивидуальной непереносимости не отмечено. Мазь хорошо впитывается в кожу, имеет приятный запах, снимает чувство стягивания, сухости кожи.

Методика лечения: мазь алхидиновая, 5%-ная наносится тонким слоем 2 раза в день на пораженный участок. Лечение проводится в течение 2-4 недель, в зависимости от тяжести заболевания.

На основе субстанций "Алхидин" создан сироп "Жантак". Совместно с АО "ХИМФАРМ" и кафедрой ОХ и ХПС Казахского национального университета разработан промышленный регламент производства сиропа "Жантак".

Сироп "Жантак" зарегистрирован в Республике Казахстан как оригинальный противовоспалительный препарат нестероидной природы РК – ЛС – 3 – № 005301.

Сироп "Жантак" рекомендован для лечения больных с отравлением уксусной кислотой, пергидролью, щелочью, различными прижигающими ядами. Препарат хорошо переносится больными, приятный на вкус, быстро исчезают клинические проявления химического ожога, происходит быстрая эпителизация эрозий и купирования воспалительной реакции ротовой полости и дыхательных путей. Показания к применению: гастроэтерит, энтероколит, диспепсия. Противопоказания: повышенная свертываемость крови. Способ применения и дозы: от 1/2 чайной ложки до 1 десертной ложки (в зависимости от возраста ребенка) 2-3 раза в день. Взрослым – по 1 столовой ложке 3 раза в день.

Клинические исследования лекарственных средств

На базе токсикологического отделения больницы скорой медицинской помощи г. Алматы проведены клинические испытания сиропа «Жантак» при химическом ожоге пищевода и желудка.

На базе кафедры хирургической стоматологии с курсом ЛОР болезней при городской больнице № 5 г. Алматы проведены клинические испытания настойки из верблюжьей колючки киргизской при паратонзиллярном абсцессе, хроническом тонзиллите, фарингите, тонзилэктомии.

На базе Карагандинского областного кожно-венерологического диспансера проведены клинические испытания мази алхидиновой, 5%-ной при аллергическом дерматите, истинной экземе, диффузном и ограниченном нейродермитах.

Материалы клинических испытаний лекарственных средств по сиропу «Жантак», мази алхидиновой, 5%-ной настойки из верблюжьей колючки киргизской рассмотрены Фармакологическим Комитетом РК и рекомендованы к регистрации сроком на 3 года.

Выводы

- Авторами полностью изучен химический состав всех видов верблюжьей колючки.
- Выделены новые флавоноловые гликозиды из верблюжьей колючки киргизской и персидской.
- На основе субстанции «Алхидин» совместно с АО «Химфарм» разработаны и созданы мазь алхидиновая, сироп и настойка из травы верблюжьей колючки киргизской.
- Завершены предклинические и клинические исследования противовоспалительного лекарственного средства : субстанции «Алхидин», мази алхидиновой, сиропа и настойки из травы верблюжьей колючки киргизской.
- Кроме того, в 2009 году изучена антиоксидантная активность биологически активного комплекса (фитопрепарата), полученного из надземной части верблюжьей колючки киргизской в двух независимых друг от друга учреждениях.
- Антиоксидантная активность фитопрепаратов (под шифром ВК-1, ВК-2, ВК-3, ВК-4, ВК-5 и ЕА-46) изучена в институте химии г. Карачи, Пакистан, акт от 22.04.09 и при ОО «Ассоциации фармакологов Казахстана», материалы результатов фармакологических исследований приложены, утверждены Президентом Казахской академии питания, академиком Шармановым Т.Ш. от 07.09.09. В академии питания проведены фармакологические исследования 6 фитопрепаратов под шифром: БВВ, ВВ₁, ВВ₂, ВК₂, ВКА, БК₃. Приведенные результаты по оценке возможного отрицательного действия испытанных 6 препаратов в различных дозировках свидетельствуют о низкой токсичности в диапазоне внутрибрюшного введения от 100 до 1000 мг/кг веса. При использовании дозировки 500 мг/кг отмечался даже стимулирующий эффект препаратов на развитие и общее состояние животных, что проявилось увеличением массы тела и нарастанием показателей красной крови. По состоянию печеночных трансаминаз все испытанные препараты не проявляют гепатотоксический эффект. Наибольшим стимулирующим эффектом обладал препарат с аббревиатурой

ВКА, а наименьшим БКЗ и ВК2. По результатам исследования стимулирующий эффект не носил строгого дозозависимого характера. При оценке возможной антиоксидантной активности испытуемых препаратов по данным резистентности мембран эритроцитов и уровню каталазы в эритроцитах был установлен таковой практически у всех соединений, однако наиболее выраженный эффект регистрировался при использовании препарата ВКА (верблюжьей колючка-*alhazi*).

• Фитопрепарат ВК-5 и ВКА один и тот же, он получен из верблюжьей колючки киргизской. По данным института химии г. Карачи, Пакистан ВК-5 дает активность 74,03% и по данным ОО «Ассоциации фармакологов Казахстана», ВКА дает активность каталазы эритроцитов в сравнимых группах экспериментальных животных 67.6%.

• В настоящее время после получения первичных материалов работа по антиоксидантной активности продолжается.

Основные труды, опубликованные по биологически активному комплексу, разработанному и созданному из верблюжьей колючки:

1. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Противоопухолевая и противометастатическая активность алхидина. // В сб. 4-съезда онкологов, рентгенологов и радиологов РК с международным участием.- Алматы.-2001.- С.60-62.

2. Бурашева Г.Ш. Количественное определение полифлавана в субстанции и в лекарственных формах. // Фармацевтический бюллетень.- Алматы.- 2001.-№11.- С.16-17.

3. Бурашева Г.Ш. Фитохимическое исследование рода *Alhazi Adans*. // Фармацевтический бюллетень.- Алматы.- 2001.-№12.- С.25-27.

4. Нургожина Э.О., Рахимова А.К., Бурашева Г.Ш., Жаугашева С.К., Рахимов К.Д., Нургожин Т.С. Аспекты окислительного метаболизма у животных с моделью асептического воспаления и их аппликации мазей «Календула» и «Алхидин». // Мат. между. конф. В сб. «Химия: наука, образование, промышленность. Возможности и перспективы развития».- Павлодар.- 2001.- С.29-35.

5. Рахимов К.Д., Бурашева Г.Ш. Фармакологическое исследование нового лекарственного средства – алхидин. // Мат. между. конф. В сб. «Химия : наука, образование, промышленность. Возможности и перспективы развития».- Павлодар.- 2001.- С.35 – 39.

6. Рахимов К.Д., Бурашева Г.Ш. Влияние алхидина на сульфгидрильные группы в ткани опухоли и сыворотке. // Мат. между. конф. В сб. «Химия : наука, образование, промышленность. Возможности и перспективы развития».- Павлодар.- 2001.- С.43-44.

7. Рахимова А.К., Нургожина Э.О., Бурашева Г.Ш., Жаугашева С.К., Рахимов К.Д., Нургожин Т.С. Влияние тетрахлорметана на содержание АФК (супероксиданионы, оксид азота) и систему ПОЛ-АОЗ в крови крыс. // В сб. «Современные подходы к диагностике и лечению в медицине: иммунологические и биохимические методы исследования».- Алматы.- 2001.- С.41-42.

8. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Субстанция «Алхидин». ВФС РК 42-389-01.

9. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Мазь алхидиновая, 5%-ная. ВФС РК 42-390-01.

10. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Настойка «Гаухар» из верблюжьей колючки киргизской. ВФС РК 42-242-2000.

11. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Сироп «Жантак». ВФС РК 42-434-01.

12. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Трава верблюжьей колючки киргизская. ФС РК 42-228-99

13. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Биологически активный комплекс – алхидин и его фармакологическая активность.- Алматы.- 2001.- 180 с.

14. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Сироп «Жантак». РК-ЛС-3- №005301.

15. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Мазь алхидиновая, 5%-ная. РК-ЛС-№-№ 005155.

16. Бурашева Г.Ш., Абилов Ж.А., Рахимов К.Д. Субстанция «Алхидин». РК-ЛС-3- № 004762.

17. Ескалиева Б.К., Бурашева Г.Ш. Флавоноиды *Alhazi Persarum* // Химия природн. соед. – Ташкент.- 2002 – №1.- С.82.

18. Beisebekov M.K., Toktabaeva A.K., Abilov Zh.A., Burasheva G.Sh., Dea-wha Soh. Immobilization of Alchidine on Polyvinyl Alcohol Gel // Transactions on Electrical and Electronic Materials.-Korea, Yongin.-2003.-Vol.4, №1.-P.11-14.

19. Рахимова А.К., Бурашева Г.Ш. Гепатопротекторная активность Алхидина // Фармация Казахстана.-Алматы.- 2003.-№3.-С.36-38.

20. Патент №2024260 RU. МПК А 61К 35/78. Способ лечения герпеса. / Г.Ш.Бурашева и др. Оpubл.15.12.94. бюл.№23.

21. Предпатент №3552 РК. МПК А01N 65/00. Способ регулирования роста овощных культур/ Г.Ш.Бурашева и др. Оpubл.10.06.96. бюл.№2.

22. Предпатент №3950 РК. МПК А01N 65/00. Способ защиты картофеля от болезней при длительном хранении./ Г.Ш.Бурашева и др. Оpubл.16.12.96. бюл.№4.

23. Предпатент №5278 РК. МПК А 61К 35/78. Способ получения препарата, проявляющего противоопухолевую активность./ Г.Ш.Бурашева и др. Оpubл.15.10.97. бюл.№4.

24. Предпатент №7994 РК. МПК А 61К 35/78. Способ получения полимерного проантоцианидина./ Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов, К.Д.Рахимов Оpubл.15.09.99. бюл.№9.

-
25. Предпатент №9628 РК. МПК А 61К 35/78. Спектрофотометрический способ определения полифлавана./ Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов и др.Опубл.15.11.2000. бюл.№11.
26. Предпатент №10061 РК. МПК А 61К 35/78. Способ получения средства, проявляющего противоопухолевую активность./ Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов, К.Д.Рахимов и др. Опубл.16.04.2001. бюл.№4.
27. Предпатент №10991 РК. МПК А 61К 35/78. Противовоспалительное, ранозаживляющее, противоожоговое фармакологическое средство./ Г.Ш.Бурашева А.Ж.Абилов, К.Д.Рахимов и др.Опубл.14.12.2001. бюл.№12.
28. Предпатент №10739 РК. МПК А 61К 35/78. Состав для лечения и профилактики воспалительного процесса в пародонте / Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов, К.Д.Рахимов и др. Опубл.15.10.2001. бюл.№10.
29. Предпатент №10995 РК. МПК А 61К 35/78. Способ получения пленки для лечения стоматологических заболеваний./ Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов и др. Опубл.14.12.2001. бюл.№12.
30. Предпатент №11935 РК. МПК А 61К 35/78. Средство для лечения слизистой оболочки верхних дыхательных путей / Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов, К.Д.Рахимов и др. 16.09.2002. бюл.№9.
31. Предпатент №12706 РК. МПК А 61К 35/78. Пленка для лечения заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта./ Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов и др.- Опубл.17.02.2003. бюл.№2.
32. Предпатент №12921 РК. МПК А 61К 35/78. Способ получения лекарственного средства для лечения заболеваний уха, горла, носа./ Г.Ш.Бурашева, А.Ж.Абилов, К.Д.Рахимов и др. Опубл.15.04.2003. бюл.№4.

Бурашева Г.Ш., Рахимов К.Д., Абилов Ж.

ҚЫРҒЫЗ ТҮЙЕ ШӨЛІНЕН (*ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK*) ЖАСАЛҒАН БИОЛОГИЯЛЫҚ
БЕЛСЕНДІ КЕШЕННІҢ ХИМИЯЛЫҚ-ФАРМАКОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Burasheva G.Sh., Rakhimov K.D., Adilov Zh.

CHEMICAL PHARMACOLOGICAL FEATURES OF BIOLOGICALLY
ACTIVE COMPLEX FROM A GRASS OF A *ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK*

Б. Н. МЫНБАЕВА

МЕТОД МУЛЬТИСУБСТРАТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Казахский национальный педагогический университет им.Абая, Алматы

Биологические исследования состояния почв г. Алматы можно проводить с помощью метода мультисубстратного тестирования (МСТ). Почвы г. Алматы имели значительное загрязнение тяжелыми металлами, что, в свою очередь, оказывало угнетающее воздействие на почвенные бактериальные сообщества, что определяли по сниженному числу потребленных субстратов N и уменьшению метаболической активности урбаноземов: были использованы 47 разнообразных органических субстратов, утилизируемых бактериальными сообществами. Показатели общей биомассы W , коэффициент экосистемной нагрузки или нарушенности d также показали лучшее усвоение биосубстратов в фоновых образцах почвы, чем в урбаноземах. Таким образом, метод МСТ можно использовать в качестве оригинального способа биологического контроля состояния городских почв.

Микробные сообщества почвы (бактерии, микроскопические грибы, дрожжи, актиномицеты и др.) были использованы многими исследователями как индикаторы процессов деградации экосистем [1, 2]. Но сотни различных видов микрофлоры и их межпопуляционных взаимодействий делают эту задачу трудной. Кроме того, трудно получить достоверные результаты о состоянии почвенных сообществ только путем изучения структурных характеристик. Поэтому необходимо использовать другие методические приемы для определения функциональных (динамических) характеристик почв. Метод мультисубстратного тестирования (МСТ) является прототипом известного метода С.Н. Виноградского [1], когда функциональные свойства природных сообществ почвы изучали по их реакции (прямая микроскопия) при внесении в образцы почвы различных веществ (глюкозу, маннит, аспарагин, цитрат, сукцинат и т.д.). Далее в почвенной микробиологии использовали метод инициированного микробного сообщества (ИМС) [2, 4 и др.], когда изучали развитие конкретных активно-функционирующих сообществ микроорганизмов в зависимости от введенного субстрата.

Инициация городских почвенных микроценозов органическими субстратами при загрязнении почв тяжелыми металлами (ТМ) практически не исследовалась. Цель наших исследований: применение МСТ для интегрального исследования состояния бактериальных сообществ почв (урбаноземов) г.Алматы, загрязненных ТМ, с использованием 47 субстратов, утилизируемых этими сообществами, по методу М.В.Горленко [5].

Объекты и методы

Для определения биоразнообразия и метаболических профилей бактериальных сообществ урбаноземов пробы почв были взяты из 5 точек территории города вдоль просп.Райымбека с востока на запад в соответствии с методическими рекомендациями [3, 6]: Т.1-4 – урбаноземы, Т.5 – 25 км от города (фоновая зональная почва). На каждой из 5 точек пробы почв отбирали в течение 2005 по 2009 гг. весной и осенью (50 образцов) на глубине 0-25 см (в 5 точках) [7]. Валовое содержание тяжелых металлов определяли после разложения почвенных образцов в 1 N растворе HCl, отношение навески почвы к экстрагенту составило 1:10, время воздействия – 60 мин. на спектрометре с электротермической атомизацией AA-6650 фирмы «Shumadzu» [8].

Мультисубстратное тестирование микробных сообществ почв г.Алматы проводили стандартным образом: 2 г взвешенно-сухой почвы в фосфатном буфере обрабатывали ультразвуком, центрифугировали, 20 мл супернатанта помещали по 200 мкл в ячейки иммунологических планшеток для инкубации при $t=+28^{\circ}\text{C}$ от 12 до 72 ч. до появления визуальной регистрируемой окраски ячеек: тетразолий фиолетовый переходил в бордовое окрашивание восстановленного трифенилтетразолия. Регистрация осуществлялась с помощью автоматизированной системы «Эколог». Оптическую плотность ячеек измеряли с использованием спектрофотометра «Униплан». При анализе спектра потребляемых субстратов (СПС) программное обеспечение «Эколог» автоматически вычисляет параметры биоразнообразия [9].

Оптимальными и стабильными считаются сообщества с значительным значением d ; высокие значения G характерны для устойчивых систем с высоким уровнем биоразнообразия и наоборот [10]. Для качественной идентификации типа системы проводился кластерный анализ (Эвклид-Вард).

Результаты и обсуждение

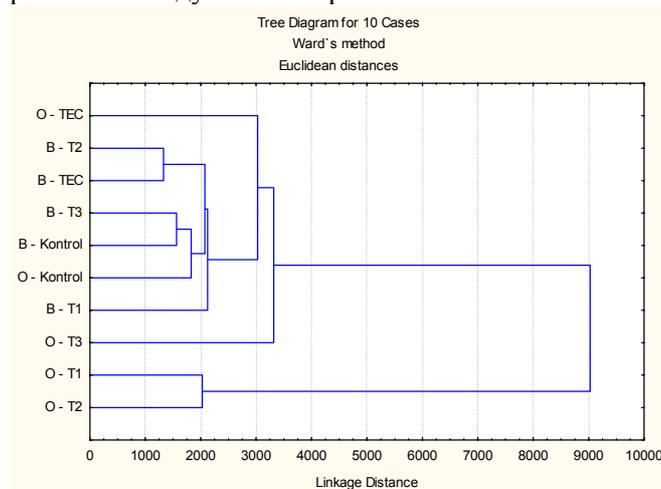
В данном исследовании было проведено сравнительное изучение метаболических спектров бактериальных сообществ определенных участков урбано-территории, постоянно и длительно загрязненных ТМ, и фоновой почвой, незагрязненной ТМ, методом МСТ. Данные по содержанию ТМ, необходимые для обсуждения полученных результатов, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание валовых форм тяжелых металлов в анализируемых почвенных образцах по сезонам

| Весенний период (в среднем) | | | | |
|-----------------------------|---|-----------|----------|----------|
| Точка отбора проб | Концентрация валовых форм тяжелых металлов, мг/кг | | | |
| | Pb | Cd | Cu | Zn |
| урбанозем | 50,3±3,3 | 0,50±0,04 | 43,9±2,6 | 59,8±5,7 |
| фоновая почва | 19,8±1,6 | 0,16±0,02 | 21,5±1,9 | 41,3±4,2 |
| Осенний период (в среднем) | | | | |
| Точка отбора проб | Концентрация валовых форм тяжелых металлов, мг/кг | | | |
| | Pb | Cd | Cu | Zn |
| урбанозем | 35,5±5,2 | 0,17±0,03 | 28,7±5,2 | 44,8±8,7 |
| фоновая почва | 15,8±2,1 | 0,05±0,02 | 16,3±2,8 | 28,4±5,2 |

Все анализируемые ТМ присутствовали в почвах г.Алматы, но их содержание варьировало в зависимости от места отбора почвенных образцов. Содержание ТМ в урбано-земах превышало фон: максимальное превышение Cd и Cu составило примерно в 4,2 и 2,5 раза, Pb и Zn – в 2,6 и 1,5 раз соответственно. Таким образом, городские почвы отмечены как токсичные по содержанию ТМ по сравнению с фоновой почвой.

Влияние ТМ на свободноживущие азотфиксирующие бактерии в почвах г.Алматы были предприняты в 2009 г. [11]. Использование только одного вида бактериальных культур, чувствительных к присутствию ТМ, конечно, имеет положительные стороны, но получение интегрального ответа всех микробных сообществ урбано-земов на ТМ предположительно будет более объективным. И можно сказать, что при использовании метода МСТ мы получили многомерный массив данных (спектр потребления субстратов), который явился уникальным функциональным «портретом» исследуемых микробных объектов в почвенных образцах г.Алматы.



Примечания: O – почвенные образцы, осень; B – почвенные образцы, весна; обозначения T1, T2, T3 соответствовали T.1, 2 и 3; TEC – T. 4 (ТЭЦ-1); T5 – фоновая почва

Рис. 1. Дендрограмма сходства (по Варду) микробных сообществ в урбано-земах и фоновой почве г.Алматы (метод МСТ)

Для выяснения закономерностей изменения функциональных профилей микробных сообществ почв г. Алматы данные МСТ были подвергнуты кластерному анализу. Из рис.1 видно, что микробные сообщества урбаноземов, как весной, так и осенью, резко отличались по усвоению отдельных субстратов от фонового образца, образуя отдельные кластеры. Это указывало на сохранение длительного эффекта воздействия ТМ на микробиоту почв.

Сезонный тренд преобладал над пространственным, что особенно выражено для урбаноземов. Наименее подвержен сезонному тренду фоновый почвенный образец загородной почвы, что свидетельствовало о хорошем уровне биоразнообразия педобионтов микробной природы (рис.2).

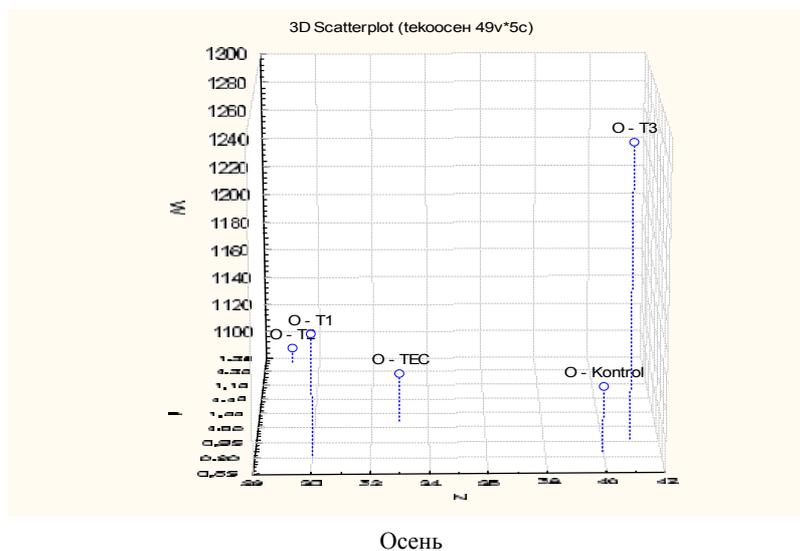
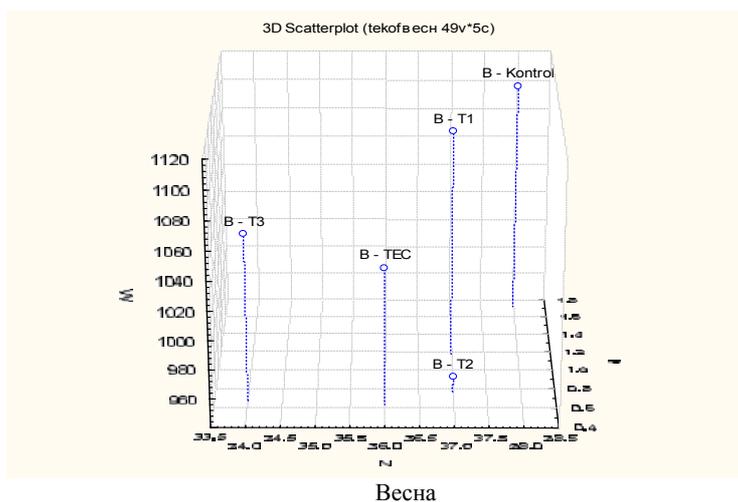


Рис. 2. Разделение образцов в пространстве параметров функционального биоразнообразия

Характеризуя почвенные образцы по их расположению в пространстве экстенсивных признаков функционального разнообразия: число потребленных субстратов N , метаболическая работа (функция общей биомассы W , коэффициент экосистемной нагрузки (нарушенности d), можно отметить также сильную сезонную динамику параметров.

Анализ устойчивости системы в отношении потребляемых субстратов по величине коэффициента d , указывал на существенные различия фоновой почвы ($d=1$) и городских почв ($d=0,6$), что, в свою очередь, свидетельствовало о существенных изменениях исходной функциональной целостности системы и слабой восстановленности в урбаноземах.

Наибольшим биоразнообразием обладала фоновая почва. Отмечено, что микробное сообщество зональных фоновых почв весной подвергались стрессовой нагрузке под влиянием

снеготаяния и бурным началом вегетации, тогда как городские почвы испытывали стресс к осени, что, вероятно, связано с истощением почвенных ресурсов в конце вегетации в виду общей малой продуктивности городских экосистем. Сообщества почвенных бактерий были более активными в утилизации разнообразных органических субстратов в фоновой почве; их метаболическое разнообразие и активность уменьшались в урбанизированных почвенных образцах, в которых были обнаружены максимальные концентрации ТМ.

Таким образом, по данным метода МСТ бактериальные сообщества из ненарушенных почв окисляли субстраты активнее, чем бактерии из урбаноземов. Эти значимые различия между почвами различной степени загрязненности ТМ позволили использовать метод МСТ при мониторинге загрязнения почв г. Алматы техногенными поллютантами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 *Виноградский С.Н.* Микробиология почвы. М.: АН СССР, 1952. 792 с.
- 2 *Сальникова Н.А.* Почвенные микробценозы как индикаторы процессов деградации экосистем // *Мат. докл. Всерос. научн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых.* 2006. С. 210-212.
- 3 *Гришина Л.А., Копчик Т.Н., Моргунов Л.В.* Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. М.: МГУ. 1991. 82 с.
- 4 *Гузев В.С., Левин С.В., Звягинцев Д.Г.* Реакция микробной системы почв на градиент концентраций тяжелых металлов // *Микробиология.* 1985. Т. 54, вып. 3. С. 414-420.
- 5 *Горленко М.В.* Мультисубстратное тестирование почвенных микробных сообществ: Автореф. дисс... канд. биол. наук. М., 1995. 28 с.
- 6 *Федорец Н.Г., Медведева М.В.* Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. 84 с.
- 7 *ГОСТ 17.4.3.01-83 (СГ СЭВ 3347-82).* Общие требования к отбору проб: Введ. 1983-01-01. М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1983. 58 с.
- 8 Методика выполнения измерения массовой доли валовых и подвижных форм металлов: РД 52.18.269-90. М.: Изд-во стандартов, 1990. 35 с.
- 9 *Горленко М.В., Кожевин П.А.* Дифференциация почвенных микробных сообществ с помощью мультисубстратного тестирования // *Микробиология.* 1994. Т. 63, № 2. С. 289-293.
- 10 *Mills A.L., Bouma J.M.* Strain and stability in gnotobiotic at the level of the soil subsample, rather than at the reactors // In H. Insam and A. Ranggner (ed.) *Microbial communities: Functional versus structural approaches.* Springer, 1997. PP. 184-194.
- 11 *Мынбаева Б.Н., Курманбаев А.А., Гайдобрусова М.Н., Чибисова Е.* Бiotестирование почв г. Алматы // *Мат. докл. межд. конф. «Актуальные проблемы микробиологии и вирусологии».* Алматы, 2009. С. 176-180.

REFERENCES

- 1 *Vinogradskij S.N.* Mikrobiologija pochvy. M.: AN SSSR, 1952. 792 (in Russ.).
- 2 *Sal'nikova N.A.* Pochvennye mikrobocenozy kak indikatory processov degradacii jekosistem. Mat. dokl. Vseros. nauchn. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. 2006. 210-212 (in Russ.).
- 3 *Grishina L.A., Kopicik T.N., Morgun L.V.* Organizacija i provedenie pochvennyh issledovanij dlja jekologicheskogo monitoringa. M.: MGU. 1991. 82 (in Russ.).
- 4 *Guzev V.S., Levin S.V., Zvjagincev D.G.* Reakcija mikrobnoj sistemy pochv na gradient koncentracij tjazhelyh metallov. Mikrobiologija. 1985. 54, 3. 414-420 (in Russ.).
- 5 *Gorlenko M.V.* Mul'tisubstratnoe testirovanie pochvennyh mikrobnyh soobwestv: Avtoref. diss... kand. biol. nauk. M., 1995. 28 (in Russ.).
- 6 *Fedorec N.G., Medvedeva M.V.* Metodika issledovanija pochv urbanizirovannyh territorij. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2009. 84 (in Russ.).
- 7 *GOST 17.4.3.01-83 (SG SJeV 3347-82).* Obwie trebovanija k otdoru prob: Vved. 1983-01-01. M.: Gosstandart SSSR: Izd-vo standartov, 1983. 58 (in Russ.).
- 8 Metodika vypolnenija izmerenija massovoj doli valovyh i podviznyh form metallov: RD 52.18.269-90. M.: Izd-vo standartov, 1990. 35 (in Russ.).
- 9 *Gorlenko M.V., Kozhevin P.A.* Differencijacija pochvennyh mikrobnyh soobwestv s pomow'ju mul'tisubstratnogo testirovanija. Mikrobiologija. 1994. 63, 2. 289-293 (in Russ.).
- 10 *Mills A.L., Bouma J.M.* Strain and stability in gnotobiotic at the level of the soil subsample, rather than at the reactors // In H. Insam and A. Ranggner (ed.) *Microbial communities: Functional versus structural approaches.* Springer, 1997. 184-194.
- 11 *Mynbaeva B.N. i dr.* Biotestirovanie pochv g. Almaty. Mat. dokl. mezhd. konf. «Aktual'nye problemy mikrobiologii i virusologii». Almaty, 2009. 176-180 (in Russ.).

Мыңбаева Б. Н.

ҚАЛАЛЫҚ ТОПЫРАҚТАРДЫҢ КҮЙІНІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРІ ҮШІН
ТЕСТЕУДІ МУЛЬТИСУБСТРАТ ӘДІС

Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы

Алматы қала топырақтарының улағыштығының биологиялық зерттеулері мультисубстрат тестеуі (МСТ) әдістің көмегімен өткізуге болады. Алматы қала топырақтары ауыр металлдармен түбегейлі ластануы болды, өз кезегінде, **N** және урбаноземның метаболиялық белсенділігінің кішірейтуі тұтынылған субстраттардың баяулан саны бойынша анықтаған топырақ бактериялық бірлестіктерге езетін әсер болды: бактериялық бірлестік пайдаға асырылатын 47 түрлі органикалық субстраттар қолданған. Сонымен бірге **W**тың ортақ биомассасының көрсеткіштері, экосистема жүктемесі немесе **d**тың бұзылғандығын коэффициент урбаноземқа қарағанда топырақтың фон үлгілеріндегі субстраттарының меңгеруі ең жақсы көрсетті. Сайып келгенде, МСТ әдіс қалалық топырақтардың күйді биологиялық бақылаудың біртума әдісі сапада қолдануға болады.

Mynbayeva B. N.

METHOD OF MULTISUBSTRATE TESTING FOR
BIOLOGICAL STUDIES OF URBAN SOILS

Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty

The biological studies of Almaty city's soil state can be conducted by the method of multisubstrate testing (MST). Almaty city's soils had significant contamination by heavy metals, which, in its turn, exerted a depressing effect on the soil bacterial communities, which was determined by a reduced number of consumed substrates **N** and the decrease of metabolic activity in urban soils: were used 47 different organic substrates utilized by bacterial communities. Indexes of the total biomass **W**, the coefficient of ecosystem stress or disturbance **d** also showed a better absorption biosubstrates in background soil samples than in the urban soils. Thus, the method of MST can be used as the original method of biological control of the urban soils.

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 машинописных 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, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи; затем посередине строчными буквами – название организации(ий), в которой выполнена работа, и город. 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.

5. 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, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи; затем посередине строчными буквами – название организации (ий), в которой выполнена работа, и город. Затем следует аннотация 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, наименование организации, город, резюме). Далее в том же файле на отдельной странице представляются сведения об авторах.

Редакторы М.С. Ахметова, Ж.М. Нургожина
Верстка на компьютере А.М. Кульгинбаева

Подписано в печать 11.05.2012.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
5,25 п.л. Тираж 300. Заказ 2

Национальная академия наук Республики Казахстан
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28. Тел. 261-06-33, 272-13-19, 272-13-18

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75