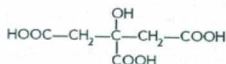




ҰЛТТЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ  
АҚПАРАТ ОРТАЛЫҒЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ИНФОРМАЦИИ



ЛИМОННАЯ КИСЛОТА

# ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ ЖАҢАЛЫҚТАРЫ

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

# НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3  
2015



Ұлттық ғылыми-техникалық ақпарат орталығы  
Национальный центр научно-технической информации

---

---

# **ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ ЖАҢАЛЫҚТАРЫ**

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

**№ 3 (125)**

# **НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**№ 3 (125)**

Алматы 2015

Научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» публикует статьи по следующим направлениям исследований: физико-математические, химические, биологические, геолого-минералогические, технические, сельскохозяйственные, экономические, географические науки, науки о Земле, пищевая и перерабатывающая промышленность, информатика.

**Журнал основан в 1989 г. и выходит 4 раза в год.**

Предназначен для профессорско-преподавательского состава вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

### **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

*Т. Ш. Кубиева*, к.б.н. (главный редактор)  
*Ю. Г. Кульевская*, к.х.н. (заместитель главного редактора)  
*Л. Н. Гребцова* (ответственный секретарь)

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

*Р. Г. Бияшев*, д.т.н.; *К. А. Исаков*, д.т.н.; *К. Д. Досумов*, д.х.н.;  
*С. Е. Соколов*, акад. МАИН, д.т.н.;  
*Б. Р. Ракишев*, акад. НАН РК, д.т.н.;  
*Ж. С. Алимкулов*, д.т.н.; *М. К. Сулейменов*, д.с.-х.н.;  
*Ю. А. Юлдашбаев*, д.с.-х.н. (Россия);  
*М. А. Рахматуллаев*, д.т.н. (Узбекистан);  
*М. А. Каменская*, д.б.н. (Россия);  
*А. Сладковски*, д.т.н. (Польша);  
*Д. Пажес* (Франция)

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,  
ул. Богенбай батыра, 221  
Тел./факс: +7 727 378-0539, 378-0552  
E-mail: [www.vestnik.nauka.kz](http://www.vestnik.nauka.kz), [www.nauka.kz](http://www.nauka.kz)  
[tamara.kubieva@mail.ru](mailto:tamara.kubieva@mail.ru), [grebtsova\\_I@inti.kz](mailto:grebtsova_I@inti.kz)

# СОДЕРЖАНИЕ

## АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

<i>Осмонова Р.Ч.</i> К построению динамической характеристики объекта управления .....	9
--	---

## НАУКОВЕДЕНИЕ

<i>Кваша Т.К., Задорожня Г.П., Паладченко Е.Ф., Новицкая А.В., Пищаль Э.И.</i> Наукометрический анализ диссертаций, выполненных в Украине по агроэкологии .....	23
---	----

## ГОРНОЕ ДЕЛО

<i>Билецкий М.Т., Касенов А.К., Ратов Б.Т., Жанабаев Т.А., Утепов З.Г.</i> Результаты исследований по совершенствованию рецептур ингибирующих буровых растворов .....	36
<i>Кайырбекова М.К., Долгоносоев В.Н.</i> Практическое применение стандарта организации по определению остатков объемов горной массы на предприятиях «Корпорация «Казахмыс» .....	52
<i>Мирный И.Я., Савин П.А., Бондаренко Т.Т., Долгоносоев В.Н., Старостина О.В.</i> Оценка устойчивости проектных контуров внутренних отвалов в замковой части разреза «Северный» .....	64

## ГЕОГРАФИЯ

<i>Копытина М.А.</i> Конфликты водопользования в пределах приграничной территории казахстанско-кыргызского сектора .....	75
--	----

## ХИМИЯ

<i>Козловский А.Л., Алешова Н.Е., Мейримова Т.Ю., Шлимас Д.И., Кадыржанов К.К.</i> Темплатный синтез Co/Fe нанотрубок .....	88
---	----

## БИОЛОГИЯ

<i>Рсалиев А.С., Амирханова Н.Т., Пахратдинова Ж.У., Ыскакова Г.Ш.</i> Морфолого-культуральные особенности роста гриба <i>Puccinia oгуzae</i> на агаризованных питательных средах .....	97
---	----

## Содержание

---

<i>Хасенова А.Х., Дауренбекова Ш., Заитова Т.Ш.</i> Подбор оптимальных условий биосинтеза новых природных антибиотиков.....	111
---	-----

### ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

<i>Кудасов К.К., Берстенёв С.В., Волков Д.В., Жамбакин К.Ж.</i> Лимонная кислота. Обзор.....	121
--	-----

### МАШИНОСТРОЕНИЕ

<i>Дудкин М.В., Пичугин С.Ю., Фадеев С.Н.</i> Методика взаимодействия рабочего органа дорожного катка с уплотняемым материалом.....	154
<i>Дудкин М.В., Фадеев С.Н., Пичугин С.Ю.</i> Методика разрушения ледяного покрытия на автомобильных дорогах рабочим органом ударного действия.....	177

### СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Першин Г.В., Кадыров А.С., Жунусбекова Ж.Ж.</i> Местные глины для строительства способом «стена в грунте».....	192
<i>Монтаев С.А., Жарылгапов С.М., Бисенов К.А., Монтаева А.С., Тауышев О.У.</i> Нефтешлам как энерговыделяемый и модифицирующий компонент в технологии строительной керамики.....	204

### СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Малмаков Н.И.</i> Результаты лапароскопического осеменения овец уменьшенными дозами замороженной спермы.....	219
---	-----

# МАЗМҰНЫ

## АВТОМАТИКА. ЕСЕПТЕУ ТЕХНИКАСЫ

<i>Осмонова Р.Ч.</i> Басқару нысанының динамикалық характеристикасын тұрғызуға .....	9
--	---

## ҒЫЛЫМТАНУ

<i>Кваша Т.К., Задорожня Г.П., Паладченко Е.Ф., Новицкая А.В., Пищаль Э.И.</i> Украинада орындалған агроэкология бойынша диссертацияларды ғылымиметрикалық талдау .....	23
---	----

## ТАУ–КЕН ІСІ

<i>Билецкий М.Т., Касенов А.К., Ратов Б.Т., Жанабаев Т.А., Утепов З.Г.</i> Ингибирленетін бұрғылау ерітінділерінің рецептураларын жетілдіру бойынша зерттеу нәтижелері .....	36
<i>Кайырбекова М.К., Долгоносое В.Н.</i> «Қазақмыс корпорациясы» жшс кәсіпорындарында тау-кен массасы қалдықтарының көлемін анықтау бойынша ұйым стандартын практикалық қолдану .....	52
<i>Мирный И.Я., Савин П.А., Бондаренко Т.Т., Долгоносое В.Н., Старостина О.В.</i> «Северный» кенішінің бекіністік бөлігінде ішкі үйінділерінің жобалық контурларының орнықтылығын бағалау.....	64

## ГЕОГРАФИЯ

<i>Копытина М.А.</i> Қазақстан-қырғызстан шекара маңы секторы аулағының су пайдалану кикілжіңдері.....	75
--	----

## ХИМИЯ

<i>Козловский А.Л., Алешова Н.Е., Мейримова Т.Ю., Шлимас Д.И., Кадыржанов К.К.</i> Со / Fe нанотүтіктерінің темплаттық синтезі .....	88
--	----

## БИОЛОГИЯ

<i>Рсалиев А.С., Амирханова Н.Т., Пахратдинова Ж.У., Ыскакова Г.Ш.</i> Агарлы қоректік орталарада <i>Ryricularia oryzae</i> саңырауқұлағының морфологиялық-культуралық өсу ерекшеліктері .....	97
--	----

<i>Хасенова А.Х., Дауренбекова Ш., Заитова Т.Ш.</i> Жаңа табиғи антибиотиктердің биосинтезі үшін оңтайлы жағдай таңдау .....	111
--	-----

### **ТАМАҚ ӨНЕРКӘСІБІ**

<i>Кудасов К.К., Берстенёв С.В., Волков Д.В., Жамбакин К.Ж.</i> Лимон қышқылы. Шолу .....	121
---	-----

### **МАШИНАЖАСАУ**

<i>Дудкин М.В., Пичугин С.Ю., Фадеев С.Н.</i> Тығыздағыш материалдардың көмегімен жолайдынында жұмыс органдарының әрекеттесу әдістемесі .....	154
<i>Дудкин М.В., Фадеев С.Н., Пичугин С.Ю.</i> Автомобиль жолдарында жұмыс органдарының соққы әсері арқылы мұз бетін бұзу әдістемесі .....	177

### **ҚҰРЫЛЫС**

<i>Першин Г.В., Кадыров А.С., Жунусбекова Ж.Ж.</i> «Топырақтағы қабырға» әдісімен құрылыс жүргізуге арналған жергілікті саздар....	192
<i>Монтаев С.А., Жарылгапов С.М., Бисенов К.А., Монтаева А.С., Тауышев О.У.</i> Құрылыс керамикасы технологиясында мұнай шламы қуат белгіш және модификациялаушы компонент ретінде .....	204

### **АУЫЛ ЖӘНЕ ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ**

<i>Малмаков Н.И.</i> Қойларды мұздатылған шәуеттің азайтылған дозаларымен лапароскопиялық ұрықтандыру нәтижелері .....	219
--	-----

# CONTENT

## AUTOMATICS AND COMPUTER ENGINEERING

<i>Osmonova R. Ch.</i> To creation of the dynamic characteristics object of management.....	9
---	---

## SCIENCE OF SCIENCE

<i>Kvasha T.K., Zadorozhnaya G.P., Paladchenko E.F., Novitskaya A.V., Pischal E.I.</i> Scientific research directions on the agro-ecological issues in Ukraine.....	23
---	----

## MINING

<i>Biletskiy M.T., Kasenov A.K., Ratov B.T., Zhanabayev T.A., Utepov Z.G.</i> Research results on the improvement of formulations of inhibiting drilling fluids.....	36
<i>Kaiyrbecova M.R., Dolgonosov V.N.</i> Practical application of organization standards to determine the residual volume of the rock mass at the enterprises of «Kazakhmys Corporation» LLP.....	52
<i>Mirnyy I.Y., Savin P.A., Bondarenko T.T., Dolgonosov V.N., Starostina O.V.</i> Evaluation of stability of the project contours of the internal dumps in castle part of «North» cut.....	64

## GEOGRAPHY

<i>Kopytina M.A.</i> The conflicts of water consumption of the border territory of kazakh-kyrgyz sector.....	75
--	----

## CHEMISTRY

<i>Kozlovskiy A.L., Aleshova N.E., Meirimova T.Y., Shlimas D.I., Kadyrzhanov K.K.</i> Template Synthesis of Co / Fe nanotubes.....	88
--	----

## BIOLOGY

<i>Rsaliev A.S., Amirkhanova N.T., Pakhratdinova Zh.U., Yskakova G.Sh.</i> The morphological and cultural characteristics of growth of <i>pyricularia oryzae</i> fungi on agar nutrient media.....	97
--	----



## Content

---

<i>Khasenova A.Kh., Daurenbekova Sh., Zaitova T.Sh.</i> Selection of optimal conditions for biosynthesis of new natural antibiotics .....	111
---	-----

### FOOD INDUSTRY

<i>Kudasov K.K., Bartenev S.V., Volkov D.V., Jambakin K.Zh.</i> Citric acid. Review .....	121
---	-----

### ENGINEERING

<i>Doudkin M.V., Pichugin S.Y., Fadeyev S.N.</i> The methodics of road roller working device interaction with compacting material .....	154
<i>Doudkin M.V., Fadeyev S.N., Pichugin S.Y.</i> Highways ice cover destruction methods using hammering device.....	177

### CONSTRUCTION

<i>Pershin G.V., Kadyrov A.S., Zhunusbekova Zh.Zh.</i> Local clays for construction by soil mix wall method .....	192
<i>Montaev S.A., Zharylgapov S.M., Bisenov K.A., Montaeva A.S., Tauyshev O.U.</i> Technology of producing wall ceramic based on standard clay, modified bentonites of Kazakhstan .....	204

### AGRICULTURE AND FOREST MANAGEMENT

<i>Malmakov N.I.</i> Results of laparoscopic insemination of sheep with reduced doses of frozen semen .....	219
---	-----

# АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

---

МРНТИ 50.47.02

*Р. Ч. Осмонова*

Национальная академия наук Кыргызской Республики,  
г. Бишкек, Кыргызстан

## К ПОСТРОЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

---

**Аннотация.** Рассматривается проблема идентификации импульсной переходной функции (ИПФ) стационарного объекта с использованием дискретных данных «вход – выход». Разработан алгоритм построения ИПФ, основанный на использовании концепции настраиваемой модели и некоторого математического условия, выполнение которого гарантированным образом обеспечивает цель идентификации. Исследования показали, что данное условие по существу является новым критерием для идентификации динамических систем. Предложенный алгоритм позволяет решать задачи идентификации моделей управляемых объектов, ориентированных на синтез регуляторов систем автоматического управления. В целях иллюстрации процедуры идентификации рассматривается пример параметрического синтеза ИПФ одномерного объекта управления, результаты которого показывают ее достаточную эффективность.

**Ключевые слова:** объект управления, математическая модель, импульсная переходная функция, переходный процесс, контур самонастройки параметров, алгоритм идентификации



**Түйіндеме.** «Кіру-шығу» дискреттік берілгендерін қолдана отырып стационарлы нысанның импульсті өтпелі функциясын (ИӨФ) идентификациялау проблемасы қарастырылады. Күйіне келтірілетін модел концепциясы мен елдебір математикалық шартты пайдалануға негізделген ИӨФ тұрғызу алгоритмі жасалған, оның орындалуы идентификациялау мақсатын кепілдікпен қамтамасыз етеді. Зерттеу нәтижелері бұл шарттың динамикалық жүйе-

лерді идентификациялау үшін жаңа критерий болып табылатындығын көрсетті. Ұсынылған алгоритм автоматты басқару жүйелерінің реттегіштерін синтездеуге бағытталған басқарылатын нысандардың моделдерін идентификациялау есептерін шешуге мүмкіндік береді. Идентификациялау процедурасын суреттеу мақсатында бір өлшемді басқару нысанының ИӨФ параметрлік синтезі мысалы қарастырылады, нәтижелер оның айтарлықтай тиімді екендігін көрсетеді.

**Түйінді сөздер:** басқару нысаны, математикалық модель, импульсті өтпелі функция, өтпелі процесс, параметрлерді өзіндік күйге келтірілетін контур, идентификациялау алгоритмі.



**Abstract.** It is considered the problem of impulse transitional function (ITF) of the stationary object with the use of discrete data «input-output». It is developed the algorithm for constructing the ITF, which is based on the use of concept of configurable model and some mathematical terms and some mathematical condition, which implementation guarantee the providing of the purpose of identification. The studies showed that this condition is essentially new criterion for the identification of dynamic systems. The proposed algorithm allows solving the problem of identification of models of controlled objects, focused on synthesis of regulators of autonomic control systems. In order to illustrate the procedure of identification it is considered the example of parametric synthesis of ITF of one-dimensional object of management, which results show its sufficient efficiency.

**Key words:** object of management, mathematical model, impulse transitional function, transition process, circuit of self-turning parameters, identification algorithm.

**Введение.** Идентификация динамических систем и процессов является составной частью математического моделирования. Ее результаты широко используются в различных областях науки, техники и экономики, в частности в системах автоматического управления (САУ) [1], обработки данных и фильтрации сигналов [2,3]. К настоящему времени в достаточной степени разработаны методы и алгоритмы параметрической идентификации, такие как классические методы [1,4], градиентные алгоритмы [4], стохастическая аппроксимация, метод максимального правдоподобия [2] и спектральные методы [5]. Современные исследования в рамках теории идентификации в основном направлены на развитие существующих методов параметрической идентификации [6-8], разработку новых подходов к структурно-

параметрической идентификации [9-11], совершенствование численных алгоритмов [12,13], в частности, нелинейной многомерной оптимизации [14]. При этом большое внимание уделяется также вопросам, связанным с поиском новых критериев идентификации [15] и адекватностью математических моделей [6-8,16], а также с обеспечением сходимости итерационных процедур [17,18] и выбором начальных условий [2,6]. Общим для всех указанных выше методов является то, что оценка качества идентификации осуществляется критериальными функциями, названными штрафными (метода наименьших квадратов, максимального правдоподобия и др.). Реализация процедур синтеза параметров искоемых моделей объектов осуществляется путем минимизации штрафных функций на основе различных численных методов. В общем случае решение задач идентификации моделей динамических объектов приводит к определенным трудностям, что связано с необходимостью установления условий сходимости итерационных процедур [17,18] и выбора начальных условий [6]. При использовании для идентификации методов оптимального управления [2], например, дискретного принципа максимума, возникают вычислительные сложности, обусловленные решением краевых задач [19].

**Цель работы** – краткое описание нового подхода к решению задач параметрической идентификации динамических систем на основе полученного авторами критериального условия [15], позволяющего в определенной степени преодолеть указанные выше трудности при практическом применении известных методов параметрической идентификации. Иллюстрация методики идентификации на основе этого подхода на примере синтеза импульсной переходной функции (ИПФ) одномерного объекта с использованием данных «вход – выход».

**Постановка задачи.** Рассмотрим одномерный объект, модель которого неизвестна. Пусть на его выходе в равноотстоящие моменты времени  $t_k = k\Delta t$  с шагом  $\Delta t$  получены значения переходного процесса  $y^*(t)$  на единичное ступенчатое входное воздействие  $u(t) = 1(t)$ :

$$y^*(t_k) = y_k^*, \quad k = \overline{0, N}, \quad (1)$$

где  $(N+1)$  – количество дискретных точек.

Требуется по данным (1) построить импульсную переходную функцию  $W_1(t)$  объекта. Модель неизвестного управляемого объекта представим в следующей параметрической форме:

$$y(t) = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i \varphi_i(t), \quad (2)$$

$$\text{где функции} \quad \varphi_i(t) = e^{\alpha_i t}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$c_i, \alpha_i$ , – неизвестные пока параметры, составляющие  $\mu = 2n$ -мерный вектор  $p = [p_1, p_2, \dots, p_\mu] = [c_1, c_2, \dots, c_n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n]$ ;  $c_0 = y^*(N\Delta t)$  – установившееся значение переходного процесса.

Задание модели объекта в параметрическом виде (2) позволяет определить выражение для импульсной переходной функции (ИПФ) в явной форме [4]:

$$w_1(t) = \dot{y}_1(t) = \sum_{i=1}^n k_i \varphi_i(t), \quad (4)$$

где  $k_i = c_i \alpha_i$ .

Проведем дискретизацию параметрической функции  $y(t)$ :

$$y_k = y(k\Delta t) = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i \varphi_i(k\Delta t), \quad k = \overline{0, N}, \quad (5)$$

где  $\varphi_i(k) = e^{a_i k \Delta t}$ .

Для краткости записи в дальнейшем шаг дискретизации  $\Delta t = const$  будем опускать. Введем  $(N+1)$ -мерные векторы:

$$\begin{aligned} \bar{y} &= [y_0, y_1, \dots, y_N]^T, \\ \bar{y}^* &= [y_0^*, y_1^*, \dots, y_N^*]^T, \end{aligned}$$

где  $T$  – знак транспонирования.

В каждый дискретный момент времени  $t=t_k$  между соответствующими значениями рядов (1) и (5) существуют невязки (ошибки идентификации):

$$e_k = e(k) = y_k - y_k^*, \quad k = \overline{0, N}. \quad (6)$$

Тогда вектор ошибки идентификации

$$e = \bar{y} - \bar{y}^* = [e_0, e_1, \dots, e_N]^T.$$

Меру близости процессов  $\bar{y}$  и  $\bar{y}^*$  можно оценить на основе штрафной функции:

$$E = \|e\|^2, \quad (7)$$

где  $\|e\|$  – некоторая норма вектора  $e$ .

Проблема параметрической идентификации объекта состоит в определении такого вектора-параметра  $p = p^* = [c_1^*, c_2^*, \dots, c_n^*, a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*]$ , обеспечивающего минимум штрафной функции  $E = E(p)$ :

$$\min_{p \in R^m} E(p) = E(p^*), \quad (8)$$

где  $R^m$  –  $m$ -мерное вещественное арифметическое пространство.

**Метод решения задачи.** Для решения сформулированной задачи идентификации будем использовать методику, разработанную в [15]. Ее суть кратко заключается в следующем. В процессе идентификации, т. е. поиска экстремума штрафной функции  $E(p)$  вектор-параметр  $p$  изменяется во времени  $t(p=p(t))$ , следовательно, варьируется и значение функции  $E(p)$ , т. е.  $E = E(t) = E[p(t)]$ .

В рассмотрение вводится функция

$$J_1(t) = \int_0^t E(\tau) d\tau. \quad (9)$$

При этом справедлива следующая теорема [15].

**Теорема.** Пусть  $E(t_0) \neq 0$ . Тогда, если для каждого  $t$  и  $t_0 < t$  выполняется соотношение

$$\int_{t_0}^t E(t)E^T(t) dt < 0, \quad (10)$$

то штрафная функция  $E(t)$  убывает во времени и

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E(t) = E(p^*). \quad (11)$$

Таким образом, соотношение (10) можно рассматривать как критериальное условие, гарантирующее сходимость итерационной процедуры при решении экстремальной задачи (8). В результате проблема идентификации сводится к задаче поддержания соотношения (10). При этом управление процессом идентификации можно осуществить по схеме настраиваемой модели (рис. 1).



Рис.1. Схема настраиваемой модели

Здесь обозначения имеют следующий смысл:  $\bar{y}^*, \bar{y}$  –  $(N+1)$ -мерные векторы:  $\bar{y}^* = [y_0^*, y_1^*, \dots, y_N^*]^T$ ,  $\bar{y} = [y_0, y_1, \dots, y_N]^T$ ,  $e = \bar{y} - \bar{y}^*$ ;  $\hat{E}\check{N}$  – контур самонастройки, который выполняет функцию под-

держания критериального соотношения (10), обеспечивая целенаправленное изменение элементов вектор – параметра  $p = [c_1, c_2, \dots, c_n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n]$  в желаемом направлении. Для оценки качества идентификации, в частности, можно использовать штрафную функцию

$$E = E(p) = \sum_{k=0}^N e_k^2, \quad (12)$$

которая определяет суммарную квадратическую ошибку.

**Основные результаты.** На основе критериального условия (10) получен алгоритм функционирования уравнения контура самонастройки (КС), описываемый следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{c}_i(t) &= \gamma_i \beta_i(t) E_1(t), \\ \dot{\alpha}_i(t) &= \xi_i s_i(t) E_1(t), \quad i = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $\gamma_i, \xi_i$  – отрицательные числа;

$\beta_i(t), s_i(t)$  – функции, определяемые по формулам:

$$\beta_i(t) = 2 \sum_{k=0}^N e_k(t) \varphi_i(k),$$

$$s_i(t) = 2 \sum_{k=0}^N e_k(t) d_i(k), \quad i = \overline{1, n}.$$

Нетрудно показать, что установившиеся решения  $c_i^*, \alpha_i^* (i = \overline{1, n})$  системы уравнений (13):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} c_i(t) = c_i^*, \quad (14)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \alpha_i(t) = \alpha_i^*, \quad i = \overline{1, n}$$

являются оценками искомым элементов вектор – параметра  $p^*$ , т. е.  $p = p^* = [c_1^*, c_2^*, \dots, c_n^*, \alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_n^*]$ .



Таким образом, в результате идентификации искомая импульсная переходная функция (ИПФ) объекта с учетом (4) имеет вид:

$$w_1(t) = \sum_{i=1}^n k_i^* \varphi_i(t), \quad (15)$$

где  $k_i^* = c_i^* \alpha_i^*$ .

В целях иллюстрации применения предложенной процедуры идентификации ИПФ рассмотрим следующий пример.

Пусть на выходе объекта с дискретным шагом  $\Delta t = 0,75$  с. получены экспериментальные данные переходного процесса  $y(t)$  при  $N=6$ , которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные переходного процесса

$k$	0	1	2	3	4	5	6
$k\Delta t, \text{с}$	0	0.75	1.5	2.25	3.0	3.75	4.5
$y_k^*(k)$	0	0.75	1.03	1.15	1.2	1.23	1.24

Непрерывная модель неизвестного объекта представляется в форме (2):

$$y(t) = c_0 + c_1 \varphi_1(t) + c_2 \varphi_2(t), \quad (16)$$

где  $n=2$ ;

$$c_0 = 1,25;$$

$$\varphi_i(t) = e^{\alpha_i t}, \quad i=1,2.$$

При этом вектор–параметр выбранной модели  $p = [p_1, p_2, p_3, p_4] = [c_1, c_2, \alpha_1, \alpha_2]$ .

Вначале выполним дискретизацию непрерывной функции  $y(t)$  в точках  $t_k = k\Delta t$ :

$$y_k = y(k) = \sum_{i=0}^2 c_i \varphi_i(k) - y_k^*, \quad k = \overline{0,6}, \quad (17)$$

где  $\varphi_i(k) = e^{\alpha_i k \Delta t}$ ,  $i = \overline{0,2}$ .

Далее определяем невязки:

$$e_k = y_k - y_k^* = \sum_{i=0}^2 c_i \varphi_i(k) - y_k^*, \quad k = \overline{0,6},$$

и штрафную функцию:

$$E_1(t) = \sum_{k=0}^6 e_k^2(t). \quad (18)$$

Функции  $\beta_i(t)$  и  $s_i(t)$  имеют вид:

$$\begin{aligned} \beta_i(t) &= 2 \sum_{k=0}^6 e_k(t) \varphi_i(k), \\ s_i(t) &= 2 \sum_{k=0}^6 e_k(t) d_i(k), \quad i = 1, 2 \end{aligned} \quad (19)$$

где  $\varphi_i(k) = e^{\alpha_i k \Delta t}$ ,  
 $d_i(k) = k \Delta t c_i \varphi_i(k)$ .

Уравнения контура самонастройки (КС) параметров модели запишутся в виде:

$$\begin{aligned} \dot{c}_1(t) &= \gamma_1 \beta_1 E_1(t), \\ \dot{c}_2(t) &= \gamma_2 \beta_2 E_1(t), \\ \dot{\alpha}_1(t) &= \xi_1 s_1 E_1(t), \\ \dot{\alpha}_2(t) &= \xi_2 s_2 E_1(t). \end{aligned} \quad (20)$$

Для решения системы (20) использован программный комплекс Matlab при следующих значениях параметров:

$$\gamma_1 = -150, \quad \gamma_2 = -200, \quad \xi_1 = -500, \quad \xi_2 = -800$$

и начальных условиях:

$$\begin{aligned} c_1(t_0) &= -0.8, \quad c_2(t_0) = -0.5, \\ \alpha_1(t_0) &= -0.8, \quad \alpha_2(t_0) = -1.7, \end{aligned}$$

где  $t_0 = 0$ .

Динамика самонастройки компонентов вектора  $p=[c_1, c_2, \alpha_1, \alpha_2]$  в процессе идентификации показана на рис. 2-5.

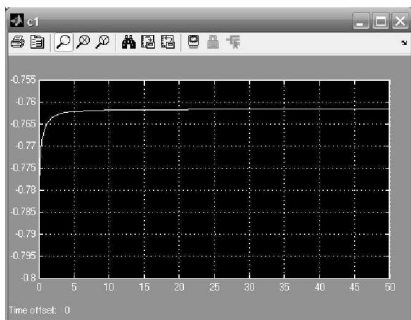


Рис. 2. Динамика параметра  $c_1$

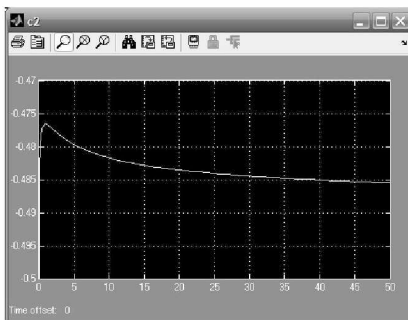


Рис. 3. Динамика параметра  $c_2$

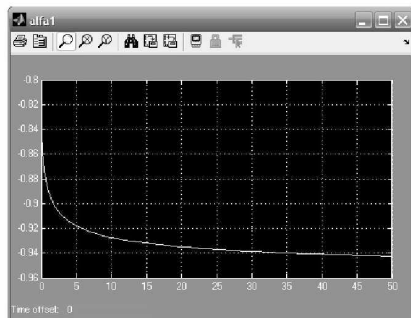


Рис. 4. Динамика параметра  $\alpha_1$

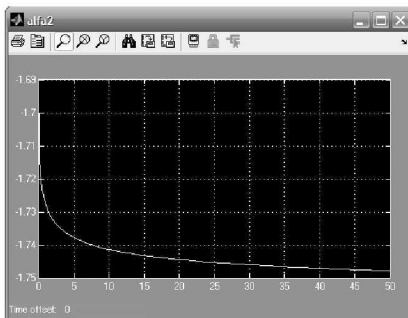


Рис. 5. Динамика параметра  $\alpha_2$

Как видно из графиков, установившиеся решения системы (13):

$$\begin{aligned} c_1^* &= -0.762, & c_2^* &= -0.487, \\ \alpha_1^* &= -0.949, & \alpha_2^* &= -1.748 \end{aligned}$$

составляют искомый вектор-параметр

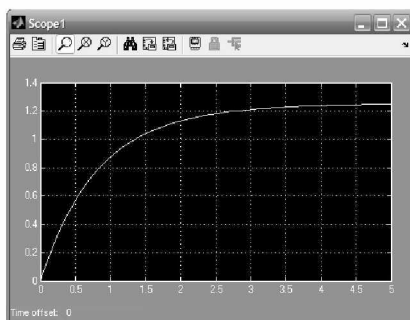
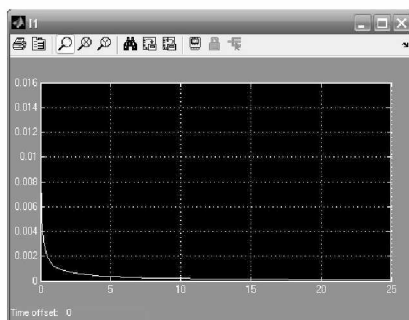
$$p^*=[c_1^*, c_2^*, \alpha_1^*, \alpha_2^*]=[-0.762, -0.487, -0.949, -1.748].$$

Для оценки качества идентификации в табл. 2 приведены исходные экспериментальные данные из табл.1 и результаты, полученные в конце процедуры построения модели объекта.

## Результаты построения модели объекта

$k$	0	1	2	3	4	5	6
$k\Delta t$ , с	0	0.75	1.5	2.25	3.0	3.75	4.5
$y_k^*$	0	0.75	1.03	1.15	1.2	1.23	1.24
$y_k$	0	0.745	1.032	1.151	1.202	1.227	1.239
$e_k$	0	-0.005	0.002	0.001	0.002	-0.003	-0.001

Переходный процесс  $y(t)$  на выходе объекта и динамика штрафной функции показаны соответственно на рис. 6 и 7.

Рис. 6. Переходный процесс  $y(t)$ Рис. 7. Динамика штрафной функции  $E_1(t)$ 

**Выводы.** Анализ полученных результатов показывает, что предложенный подход к параметрической идентификации динамических объектов на основе критериального условия (10) дает возможность выполнить достаточно эффективные процедуры построения моделей объектов, ориентированных для решения практических задач автоматизации технических объектов и технологических процессов в различных отраслях экономики (в промышленности, энергетике, водном хозяйстве и др.). Подход по-

зволяет выполнять обобщение случаев идентификации стационарных объектов, описываемых дифференциальными уравнениями и передаточными функциями, в том числе многомерных динамических систем.

### **Список литературы**

1 Методы классической и современной теории автоматического управления. В 5 томах. Т. 2: Статическая динамика и идентификация систем автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова, Н.Д.Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 646 с.

2 Сейдж Э.П., Мелс Дж.Л. Идентификация систем управления. – М.: Наука, 1974. – 248 с.

3 *Sierociuk D., Dzelinski A.* Fractional Kalman Filter algorithm for states, parameters and order of Fractional system estimation // International Journal of Applied Mathematics and Computer Science. – 2006. – Vol. 16. – P. 129-140.

4 Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления: учеб.пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 136 с.

5 Солодовников В.В., Дмитриев А.Н., Егупов Н.Д. Спектральные методы расчета и проектирования систем управления. – М.: Машиностроение, 1986. – 440 с.

6 Зотеев В.Е. Параметрическая идентификация диссипативных механических систем на основе разностных уравнений. – М.: Машиностроение, 2009. – 344 с.

7 Овсиенко А.С. Идентификация параметров процесса аномальной диффузии на основе разностных уравнений // Вычислительные технологии. – 2013. – Т. 18, № 1. – С. 65-73.

8 *Dzelinski A., Sierociuk D., Sarwas G. et al.* Identification of Fractional-Order Systems: A Frequency Domain Approach // Acta Montanistica Slovaca. – 2011. – Vol. Rocnik 16. – 1997. – No 1. – P. 26-33.

9 Гинсберг К.С. Концепция научного проектирования инженерного моделирования для слабо изученных объектов управ-

ления: новый подход к проблемам структурной идентификации: тр. IX Междунар. конф. // Идентификация систем и задачи управления SICPRO '12. – М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 802-828.

10 *Грачев А.Н., Понятский В.М., Во Конг Ту.* Структурная и параметрическая идентификация линейных динамических объектов корреляционными методами // ВСПУ: XII Всерос. совещ. по проблемам управления. – М.: 2014. С. 2926-2935.

11 *Nazarian P., Naeri M.* Identification of Fractional Order Model Structures Using Conversion of Infinite Terms of a Response to Finite Terms // ELECO 2011 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Bursa, Turkey, 2011. – P. 370-374.

12 *Шарый С.П.* Курс вычислительных методов. – Новосибирск: Ин-т. вычислит. технологий. СО РАН. – М., 2012. – 402 с.

13 *Петухов А.А., Ревизников Д.Н.* Алгоритмы численного решения дробно-дифференциальных уравнений // Вестник МАИ. – 2009. – Т. 16, № 6. – С. 228-234.

14 *Dorcak L., Gonzalez E.A., Terpak J. et al.* Identification of Fractional-Order Dynamical Systems Based on Nonlinear Function Optimization // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2013. – Vol. 89, No 2. – P. 225-250.

15 *Оморев Т.Т., Курманалиева Р.Н., Осмонова Р.Ч.* К проблеме идентификации модели управляемой системы по экспериментальным данным // URL: Universum: технические науки. – 2015. – № 6.

16 *Gonzalez E.A., Dorcak L., Valsa J. et al.* Modeling and Identification of Fractional-Order Dynamical System // Proceedings of the 11th International Multidisciplinary GeoConference at the Albena Resort in Bulgaria. – 2011. – Vol. 2. – P. 553-560.

17 *Зотеев В.Е., Романюк В.А.* Параметрическая идентификация математических моделей в форме дробно-рациональных зависимостей на основе разностных уравнений // Вестник Самар. гос.техн.ун-та. Физ.мат.науки. – 2012. – № 3 (28). – С. 102-113.

18 *Овсиенко А.С., Зотеев В.Е.* Достаточное условие сходимости итерационной процедуры среднеквадратичного оценива-

ния коэффициентов стохастического разностного уравнения // Актуальные проблемы современной науки: тр. 4-го Междунар. форума. Ч. 1-3. – Самара, 2008. – С. 114-120.

19 *Табак Д., Куо Б.* Оптимальное управление и математическое программирование. – М.: Наука, 1975. – 280 с.

**Осмонова Рима Чынарбековна**, научный сотрудник  
e-mail: r.osmonova@mail.ru

# НАУКОВЕДЕНИЕ

---

---

МРНТИ 12.01.73, 68.01.11

**Т.К. Кваша, Г.П.Задорожня, Е.Ф.Паладченко  
А.В.Новицкая, Э.И.Пищаль**

Украинский институт научно-технической  
и экономической информации,  
г. Киев, Украина

## **НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИССЕРТАЦИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ В УКРАИНЕ ПО АГРОЭКОЛОГИИ**

---

---

**Аннотация.** В статье обсуждаются вопросы результативности и финансирования научных исследований в Украине по одному из актуальных направлений инновационной деятельности "Технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса"(вопросы агроэкологии). Изучены направления научных исследований на основе анализа диссертационных работ за 2000-2012 гг., согласно Перечню научных специальностей, утвержденных приказом Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины от 14.09.2011 № 1057 "Об утверждении Перечня научных специальностей." Данные о финансировании научных исследований и распределения защищенных диссертаций в разрезе десяти среднесрочных приоритетных направлений, утвержденных постановлением Кабинета министров Украины от 12.03.2012 № 294 проведены по материалам распорядителей бюджетных средств. Наиболее финансируемые (76,8%) два направления: 4.1 "Разработка и внедрение технологий адаптивного почвосберегающего земледелия "(17032,46 тыс. грн.) и 4.2" Разработка и внедрение технологий производства, хранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции "(54517,51 тыс. грн.).

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, диссертации, среднесрочные приоритеты, агроэкология, органическое земледелие,



**Түйіндеме.** Мақала инновациялық қызмет "агроөнеркәсіптік кешенді технологиялық жаңарту және дамыту" (агроэкология мәселелері) маңызды бағыттарының бірі Украинада ғылыми зерттеулер нәтижелерін және қаржыландыру талқыланады. Оқытылатын бағыттары ғылыми-зерттеу "ғылы-



ми мамандықтар тізбесін бекіту туралы". Білім және ғылым министрлігі бекіткен ғылыми Украина Министрлер Кабинеті бекітеді ұлттық деңгейде инновациялық белсенділігін он орта мерзімді басымдықтарымыз ішіндегі тезистер, 12.03.2012 № 294 бюджеттік қ мамандықтар тізіміне сәйкес, 14.09.2011 Украинаның Жастар және спорт 1057, № жыл, 2000-2012 үшін диссертациялар талдау негізінде деректер қаржыландыру ғылыми-зерттеу және белу бөлімінде диссертациялар (76,8%), екі бағыттары: ( 17,032.46 мың грн) 4.1 "Даму және топырақ қорғау егін шаруашылығының адаптивті технологиясын жүзеге асыру" Ал 4.2 "даму және жоғары сапалы өсімдік шаруашылығы өнімдерін өндіру, сақтау және қайта өңдеу үшін технологияларды енгізу" (54,517.51 мың. грн.).

**Түйінді сөздер:** Ауыл шаруашылығы, диссертациялар, орта мерзімді приоритеттер, агроэкология және органикалық ауыл шаруашылығы



**Abstract.** The article discusses the effectiveness and financing the scientific research in the Ukraine in one of the important directions of innovation activity "Technological updating and the development of agro-industrial complex" (questions of agro-ecology). The directions of scientific researches on the basis of analysis of dissertational works for 2000-2012 years are studied, according to the list of scientific specialties, approved by the Ministry of education and science, youth and sports of Ukraine from 14.09.2011 № 1057 "On approval of the list of scientific specialties." The data about financing of the scientific researches and distribution of protected dissertations in the context of ten medium-term priority directions approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine, dated from 12.03.2012 № 239 made by the materials of budgetary funds. Most financed (76.8%) in two directions: 4.1 "The development and introduction of technologies of adaptive soil saving farming" (17032.46 thousand grivna) and 4.2 "The development and introduction of producing, storage and processing of high quality crop production" (54517.51 thousand grivna).

**Key words:** agriculture complex, dissertations, medium-term priorities, agro-ecology, organic farming.

**Введение.** Переход экономики Украины к модели устойчивого экономического развития на долгосрочных принципах требует не только повышения эффективности производственной деятельности, но и рационализации использования природных ресурсов, уменьшения вредного воздействия на окружающую среду. В последние годы большинство ученых (Шедей Л.А. [1] Кисель В. [2], Дударь А. [3]) подчеркивают необходимость перехода к ведению экологического сельского хозяйства, предусматри-

вающего отказ от использования химических удобрений в пользу органических удобрений и сидератов, биологических препаратов и т. п.

Сегодня на органику в Украине приходится только 1 % реализуемых продуктов, а контролируемым органическим земледелием занимаются 142 предприятия. В Украине при общей тенденции увеличения удельного веса органических земель на 11,7 % общий размер их в 3,8 раза, а по количеству хозяйств – в 28 раз меньше по сравнению, например, с Великобританией [4].

Общая площадь территории, где применяется органическое земледелие, в Украине составляет всего 270,2 тыс. га, или 8,3 %. В 2015 г. площади сельскохозяйственных угодий, сертифицированных в соответствии с органическими стандартами, увеличатся до 5 %, а доля органической продукции – до 7 % валовой продукции [1, 5, 6].

Учитывая важность аграрного сектора для экономики Украины, среди 7 стратегических приоритетов инновационной деятельности определено направление «Технологическое обновление аграрного сектора (Закон Украины «О приоритетных направлениях инновационной деятельности в Украине») [7], согласно которому предусмотрено обеспечение инновационной модели развития агропромышленного комплекса путем концентрации ресурсов государства на приоритетном направлении научно-технического обновления производства, разработке экологически безопасных систем земледелия, которые позволят выращивать экологически чистую продукцию растениеводства при прогрессирующем повышении почвенного плодородия и, как следствие, повысить конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынке.

Основными составляющими органического земледелия являются биологизация, почвозащитное земледелие и применение почвозащитных технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

**Цель данной работы** – изучение состояния научных исследований агроэкологических вопросов приоритетного направления «Технологическое обновление и развитие агропромыш-

ленного комплекса», а также их распределение по среднесрочным приоритетам инновационной деятельности общегосударственного уровня и финансирования за счет средств государственного бюджета.

**Материал и методика исследований.** В основу методики исследований положены мониторинг защищенных в 2000-2012 гг. диссертационных работ по направлениям «Сельскохозяйственные науки» и «Технические науки» (по группам специальностей «Технология пищевой и легкой промышленности» относительно технологий производства продуктов детского и диетического питания) согласно перечню специальностей, по которым проводится защита диссертаций на соискание ученых степеней кандидата наук и доктора наук, утвержденным приказом Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины от 14.09.2011 г. № 1057 «Об утверждении Перечня научных специальностей» [8]. Мониторинг защищенных в 2000-2012 гг. диссертационных работ по агроэкологии проведен на основе данных Автоматизированного информационного фонда НИОКР и защищенных диссертаций, который находится в Украинском институте научно-технической и экономической информации (УкрИНТЭИ). Финансирование вопросов агроэкологии проводили на основе мониторинга данных реализации среднесрочных направлений инновационной деятельности, предоставленных распорядителями бюджетных средств [9].

**Результаты и их обсуждение.** Учитывая важность данного вопроса, в Украине принят ряд нормативно-правовых актов внедрения инноваций в агропромышленное производство, которое отнесено к приоритетным отраслям экономики согласно Государственной программе активизации развития экономики на 2013-2014 гг., утвержденной постановлением Кабинета министров Украины от 27.02.2013 г. № 187 [9] и распоряжением КМУ от 14.08.2013 № 843 р. [10].

По приоритетному направлению «Технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса» утверждены 8 среднесрочных направлений инновационной деятельности общегосударственного уровня на 2012-2016 гг. [11].

4.1 «Разработка и внедрение технологий адаптивного поч-

возащитного земледелия».

4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, сохранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции».

4.3 «Разработка и внедрение технологий производства диагностикумов болезней растений».

4.4 «Разработка и внедрение технологий производства диагностикумов болезней животных и способов их защиты».

4.5 «Технологическое обновление производства продукции скотоводства и свиноводства».

4.6 «Разработка и внедрение технологий создания высокопродуктивных альтернативных источников для получения топлива».

4.7 «Разработка и внедрение новых биотехнологий в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии».

4.8 «Разработка и внедрение технологий производства продуктов детского и диетического питания».

По результатам проведенного мониторинга диссертационных работ по направлению «Агрономия» за 2000-2012 гг. в соответствии с определенными 14 специальностями защищены 1807 диссертаций, а именно:

- Агрочововедение и агрофизика – 89;
- Агрехимия – 70;
- Виноградарство – 48;
- Гербология – 27;
- Общее земледелие – 143;
- Кормопроизводство и луговодство – 63;
- Мелиорация – 121;
- Семеноводство – 45;
- Овощеводство – 53;
- Первичная обработка продуктов растениеводства – 15;
- Плодоводство – 66;
- Растениеводство – 370;
- Селекция растений – 497;
- Фитопатология – 200.

По специальностям наук, которые в той или иной форме имеют отношение к агроэкологическим проблемам, в сельском хозяйстве защищены 767 диссертаций, или 42,4 %. Больше всего защищено диссертаций по специальности Растениеводство (370, или 20,4 %). Вместе с тем следует отметить, что такая важная на сегодня для экономики Украины специальность, как Первичная переработка продуктов растениеводства, почти не охвачена научными исследованиями: по этой специальности защищено всего лишь 15 диссертаций, или 1,1 %, из которых больше всего защищено в 2003-2004 гг., тогда как в 2007-2012 гг. защита диссертаций не происходила.

В 2012 г. согласно постановлению Кабинета министров Украины от 12.03.2012 г. № 294 в УкрИНТЭИ впервые проведен мониторинг реализации среднесрочных направлений инновационной деятельности общегосударственного уровня и их финансирования. Основное внимание нами было уделено двум направлениям общегосударственного уровня 4.1 и 4.2, которые в своих исследованиях рассматривали вопрос органического земледелия. Большая часть диссертаций (57,1 %) защищены по направлению 4,2, по этому же направлению защищено больше кандидатских диссертаций – 52,3 % общего количества диссертаций, а докторских диссертаций – 5,6 % больше защищено по среднесрочному приоритету 4.1 (табл. 1).

Одновременно проведен мониторинг финансирования среднесрочных приоритетов за 2012-2013 гг. по данным, предоставленным главными распорядителями бюджетных средств.

Как свидетельствуют результаты мониторинга, в 2012-2013 гг. указанное стратегическое приоритетное направление получило наибольшую долю бюджетных средств: в 2012 г. 95382,9 тыс. грн., или 42,8 % общего объема за периодом финансирования стратегических приоритетов и в 2013 г. 86247,50 тыс. грн. (90,4 % по сравнению с 2012 г.), или 44,7 % общего объема финансирования стратегических приоритетов в Украине.

Результаты проведенного мониторинга свидетельствуют о том, что в 2012-2013 гг. финансирование осуществлялось по всем среднесрочным приоритетным направлениям и по направлению

Таблица 1

**Количество защищенных в Украине за 2000-2012 гг. диссертаций  
в разрезе среднесрочных приоритетных направлений  
общегосударственного уровня стратегического приоритета  
«Технологическое обновление и развитие агропромышленного  
комплекса»**

Среднесрочное приоритетное направление государственного уровня	Диссертации							
	всего	%	из которых					
			кандидатские	%		докторские	%	
				в общем количестве	среди докторских		в общем количестве	среди докторских
4.1 «Разработка и внедрение технологий адаптивного почвосберегаемого земледелия»	329	42,9	280	36,5	41,1	49	5,6	56,9
4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, сохранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции»	438	57,1	401	52,3	58,9	37	4,2	43,1
Всего	767	100	681	88,8	100	86	9,8	100

«другое» (направление, которое не включено в утвержденный перечень среднесрочных приоритетов (4.9 на рис. 1), но большую часть средств в 2013 г. (68523,37 тыс. грн., или 79,4 %) по двум нижеприведенным направлениям:

4.1 «Разработка и внедрение технологий адаптивного почвозащитного земледелия» (17032,46 тыс. грн. в 2012 г. и 37647,93 тыс. грн., или 43,7 % в 2013 г.).

4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, хранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции» (54517,51 тыс. грн. в 2012 г. и 30875,44 тыс. грн., или 35,8 % в 2013 г. (рис. 1).

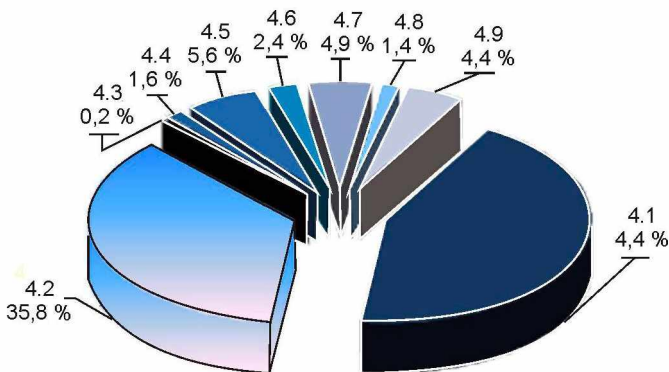


Рис. 1. Распределение расходов на среднесрочные приоритетные направления инновационной деятельности общегосударственного уровня по стратегическому приоритету «Технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса» в 2013 г.

Авторами исследования проведена попытка распределения зарегистрированных сельскохозяйственных технологий в разрезе среднесрочных приоритетных направлений инновационной деятельности общегосударственного уровня стратегического приоритета «Технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса».

Как свидетельствуют результаты распределения 135 зарегистрированных в УкрИНТЭИ сельскохозяйственных технологий в разрезе среднесрочных приоритетных направлений общегосударственного уровня вышеназванного стратегического приоритета, основную его часть (79 технологий, или 58,5 %) можно отнести к таким направлениям, как:

4.1 «Разработка и внедрение технологий адаптивного почвосберегаемого земледелия» (25 технологий, или 18,5 %).

4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, хранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции» (54 технологии, или 40,0 %) (табл.2).

Таблица 2

**Распределение переданных новых технологий и объема поступлений от передачи новых технологий по отраслевым приоритетам в 2012 г.**

Приоритет	Количество переданных новых технологий, ед.	Объем поступлений от передачи новых технологий, тыс. грн.
4.1 «Разработка и внедрение технологий адаптивного почвозащитного земледелия»	<b>146</b>	<b>2257,2</b>
4.1.1 «Технологическое обновление почвенной диагностики состояния почвы»	8	4,9
4.1.2 «Научно обоснованная система ведения земледелия, адаптированная к почвенно-климатическим условиям хозяйств разных форм собственности»	110	2252,3
4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, сохранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции»	<b>574</b>	<b>11956,5</b>
4.2.1 «Адаптивная энергосберегающая технология выращивания биотипов кукурузы разных групп спелости в Степи Украины»	58	4762,3
4.2.2 «Высокоэффективная технология производства сахарной свеклы»	15	8,5
4.2.3 «Технология производства семян пшеницы озимой мягкой в Правобережной лесостепи Украины»	388	6416,4
4.2.4 «Технология выращивания пшеницы озимой в севообороте с применением сидератов как предшественников»	114	769,3
Всего	1413	28427,4



По указанным направлениям количество переданных технологий в 2012 г. составило 1413 ед. на сумму 28427,4 грн. Более всего технологий (1149, или 81,3 %) передано по направлению 4.2 «Разработка и внедрение технологий получения высококачественной растениеводческой продукции». По направлению «4.1 Разработка и внедрение технологий адаптивного почвозащитного земледелия» передано 413, или 18,5 %.

**Обсуждение.** Для определения результативности научных исследований по стратегическому приоритету «Технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса» (вопросы агроэкологии) были использованы нетрадиционные методы исследований на основе анализа диссертационных работ за 2000-2012 гг. по специальностям, утвержденным ВАК Украины. Такой метод исследований использован впервые. Полученные данные позволяют выявить, по каким направлениям ведутся в Украине исследования, какие направления исследуются недостаточно. Параллельно с изучением состояния научных исследований по вопросам агроэкологии были сопоставлены итоги их финансирования за счет бюджетных средств. В таком разрезе обобщенные данные научных исследований по агроэкологическим проблемам в Украине в публикациях отсутствуют. Учитывая важность в настоящее время вопросов агроэкологии, полученные нами данные позволяют определить, в каком направлении концентрировать научные исследования и бюджетные средства для их финансирования.

Исследования проводились в рамках Комплексного плана научных работ Украинского института научно-технической и экономической информации на основе финансирования Государственного бюджета Украины. Распорядителем средств является Министерство образования и науки Украины.

**Выводы.** Учитывая мировой опыт развитых стран по вопросам перехода к агроэкологическому ведению хозяйства и объективную необходимость внедрения органического земледелия в Украине, предусматривается разработка экологически безопасных систем земледелия, которые позволяют выращивать чистую продукцию растениеводства при прогрессирующем повышении почвенного плодородия. Основные составляющие орга-

нического земледелия – биологизация, почвозащитное земледелие и применение почвозащитных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Для этого в стране предусмотрено создание организационно-экономических условий эффективного развития аграрного сектора и принят ряд нормативно-правовых актов по внедрению инноваций в развитие органического земледелия.

Мониторинг защищенных диссертаций по направлению «Сельскохозяйственные науки» за 2000-2012 гг. и в разрезе среднесрочных приоритетных направлений общегосударственного уровня свидетельствует, что за этот период в указанной области по агроэкологическим проблемам защищено 767 диссертаций, из которых 57,1 % по среднесрочному направлению 4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, хранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции». По результатам проведенного мониторинга, в 2012-2013 гг. стратегическое приоритетное направление «Технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса» получило наибольшую долю бюджетных средств: в 2012 95382,9 тыс. грн., или 42,8 % общего объема по периодам финансирования стратегических приоритетов и в 2013 г. 86247,50 тыс. грн. (90,4 % по сравнению с 2012 г.), или 44,7 % общего объема финансирования стратегических приоритетов в Украине. Причем большая часть средств (76,8 %) направлена по двум направлениям: 4.1 «Разработка и внедрение технологий адаптивного почвозащитного земледелия» (17032,46 тыс. грн.) и 4.2 «Разработка и внедрение технологий производства, хранения и переработки высококачественной растениеводческой продукции» (54517,51 тыс. грн.).

### **Список литературы**

1 *Шедей Л.А.* Тенденции развития органического сельского хозяйства в Украине – [Электронный ресурс]. / Режим доступа // [http://pleneta2012.com.ua/orgzemledelia/statji/65\\_tendecic](http://pleneta2012.com.ua/orgzemledelia/statji/65_tendecic).

2 Кисіль В.І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи. – Харків: «Штрих», 2000. – 162 с.

3 Дудар О.Г. Формування системи органічного землеробства // Економіка АПК. – 2011. – № 8. – С. 31-38.

4 Прутська О.О. Органічне сільське господарство в США: реалії та перспективи для України // Економіка АПК. – 2011. – № 12. – С. 142-151.

5 Якубів В.М. Розвиток органічного землеробства в Україні: екологічні та соціоекономічні ефекти // Економіка АПК. – 2013. – № 11 – С. 27-32.

6 Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року – [Електронний ресурс]. / Режим доступу://<http://agroua.net/docs/strateg.pdf>

7 Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» від 08.09.2011 р. № 3715-VI. Законодавство України: – [Електронний ресурс] / Режим доступу: / <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3715-17>

8 Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 14.09.2011 р. № 1057 «Про затвердження Переліку наукових спеціальностей». Законодавство України : – [Електронний ресурс]. / Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1133>.

9 Постанова Кабінету Міністрів України від від 27.02.2013 р. № 187 «Про затвердження Державної програми активізації розвитку економіки на 2013-2014 роки» Законодавство України : – [Електронний ресурс] / Режим доступу: // <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/187-2013-%D0%BF>

10 Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.08.2013 р. № 843-р «Про затвердження переліку пріоритетних галузей економіки». Законодавство України: – [Електронний ресурс]. / Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/843-2013> р.

11 Постанова Кабінету Міністрів України від 12.03.2012 р. № 294 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2012-2016 роки». Законодавство України : – [Електронний ресурс] / Режим доступу : / [zakon.rada.gov.ua/go/294-2012-p](http://zakon.rada.gov.ua/go/294-2012-p)

**Кваша Татьяна Константиновна**, *отдел прогнозирования научно-технологического развития*  
тел. (044) 521-00-26; e-mail: tkvasha@mail.ru, kvasha@uintei.kiev.ua

**Задорожня Галина Петровна**, *кандидат ветеринарных наук, отдел прогнозирования научно-технологического развития*  
тел. (044) 521-09-34; e-mail: zador@uintei.kiev.ua

**Паладченко Елена Федоровна**, *отдел прогнозирования научно-технологического развития*  
тел. 521-09-34; e-mail: paladchenko@uintei.kiev.ua

**Новицкая Анна Владимировна**, *отдел прогнозирования научно-технологического развития*  
тел. 521-09-34

**Пищаль Элина Иосифовна**, *автоматизированный информационный фонд НИОКР и защищенных диссертаций*  
тел. 521-09-45; e-mail: nddkr@uintei.kiev.ua

# ГОРНОЕ ДЕЛО

---

МРНТИ 52.31.61

**М. Т. Билецкий**, к.т.н., **А. К. Касенов**, к.т.н.,  
**Б. Т. Ратов**, д.т.н., **Т. А. Жанабаев**, **З. Г. Утепов**

Казахский национальный технический университет,  
г. Алматы, Казахстан

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РЕЦЕПТУР ИНГИБИРУЮЩИХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

---

**Аннотация.** Во многих регионах, расположенных по всей территории Казахстана, встречаются мощные пласты легкодиспергируемых глин. При бурении, в прискважинной зоне под действием водного фильтрата буровых растворов такие глины набухают, вызывая сужение стенок скважин, с последующим кавернообразованием. Эти осложнения приводят к значительным потерям времени и средств на буровых работах. Эффективным методом борьбы с набуханием глин является применение ингибирующих буровых растворов. В их состав, кроме прочих компонентов, входят ингибиторы, снижающие диспергируемость глин прискважинной зоны, и стабилизаторы, предотвращающие коагуляцию самого бурового раствора под действием переносимого им ингибитора. Представлены результаты лабораторных и производственных исследований по количественному и качественному воздействию реагентов на рабочие параметры ингибирующего раствора. Борьбы с набуханием глин успешно решена, что подтверждено кавернограммами пробуренных скважин и актами производственных испытаний. Сделан существенный шаг вперед в решении проблемы бурения по легкодиспергируемым глинистым породам Казахстана.

**Ключевые слова:** бурение, скважина, пучащиеся глины, буровые растворы, ингибирующие растворы, рецептуры растворов, реагенты-стабилизаторы.



**Түйіндеме.** Қазақстан кен орнындарының көбінің тілмесі қалың, тез ерігіш саз жыныстарынан тұрады. Осындай саз қабаттарын бұрғылау кезінде, жуу сұйығының құрамындағы сұйық фаза саз жыныстарын ісіндіріп, ұңғы

қабырғасының тарылуына, кей жағдайларда опырылып құлауына әкеліп соқтырады. Осының әсерінің геофизикалық құрылғылардың керекті тереңдікке жетпей қалуы, бұрғылау құбырларының ұсталып қалуы, ұңғының берілген бағытынан ауытқуының әсерінен, ұңғыны жарамсыз деп тану сияқты келеңсіз жағдайлар болып жатады. Бұндай жағдайлармен күресудің тиімді тәсілі, ұңғы оқпаны маңындағы саздардың тез ісінуін болдырмайтын ингибиленген (тұрақтандырылған) бұрғылау сұйықтарын пайдалану болып табылады. Мақалада біз осындай бұрғылау сұйықтарының сапалық және сандық зерттеулер нәтижесін ұсынып отырмыз. Жұмыстың мақсаты тез ісінгіш саз жыныстарының тұрақтылығын арттыратын бұрғылау сұйығының құрамын дайындаумен қатар, оның өзіндік құнын төмендету болып табылады. Алғашқы өндірістік сынақтар «Волковгеология» ААҚ-да уранға бұрғылау кезінде сәтті өткізілген болатын. Бұрғылау сұйығының өзіндік құнын төмендету, әр түрлі арзан реогенттерді аралас пайдалану арқылы зертханалық зерттеулер нәтижесінде жүзеге асырылды. Осындай зерттеу жұмыстарының арқасында Қазақстан кен орындарындағы тұрақсыз саз жыныстарын бұрғылау кезінде туындайтын қиындықтар мәселесін шешуде алға бір қадам жасалды деп ойлаймыз.

**Түйінді сөздер:** бұрғылау, ұңғы, ісінуге бейім саздар, тұрақтандырғыш сұйықтар, ерітінді құрамы, тұрақтандырғыш сұйықтар.



**Abstract.** In many geological provinces all over Kazakhstan thick beds of highly dispersible clays are to be met. While penetrated by wells, coming in contact with drilling mud filtrate, such clays are bulging, causing restriction of the well bore, followed by caving. Those phenomena are originating such problems, as preventing geophysical logging tools from reaching the assigned depth, need for multiple re-drillings the bulging clays intervals, freezing drilling tools in the wellbore and culling the wells on account of inadmissible deviation of their paths from the assigned coordinates. An effective method of combating the bulging clays consists in application of inhibiting drilling muds, reducing dispersion of clays of the well bore zone. The paper contains outputs of research on quantitative and qualitative composition of such muds. The objective of the work is to find an optimum combination of reagents according to dual criterion: preventing the bulging of clays, and minimum cost of the inhibiting mud. The first problem was successfully solved in the course of industrial research while drilling wells on uranium in Volkovgeologia joint stock company. Methods of the mud cost reducing by way of application of less expensive reagents were found in the course of laboratory research. As a result of the research a substantial step in solution of drilling through Kazakhstan's highly dispersible clays was effected.

**Key words:** drilling, well, swelling clays, drilling muds, inhibitor muds, mud formulas, reagents-defloculants.

## **Введение**

На территории Республики Казахстан широкое распространение получили толщи глинистых пластов Чеганской свиты. Мощность этих пород достигает нескольких десятков, а нередко и сотен метров. Характерной особенностью этих глин является их высокая диспергируемость в водном фильтрате буровых глинистых растворов и связанные с этим осложнения в процессе проводки скважин [3]. При вскрытии бурением глины набухают, что проявляется в сужении сечения ствола скважин. Это явление вызывает затяжки при подъеме бурильной колонны и посадке при ее спуске. Затяжки содержат риск таких тяжелых аварий, как прихваты бурового снаряда в скважине. В то время как посадки требуют дополнительных работ по проработке ее ствола и могут иметь последствием забуривание нового ствола с потерей старого. Вследствие концентрации напряжений на границе набухшего слоя с остальным «сухим» массивом через определенное число часов на месте сужений происходят обвалы стенок скважины с образованием каверн. В кавернах из-за уменьшения скорости восходящего потока промывочной возникают скопления шлама. Образующиеся из шлама сальниковые пробки затрудняют работу бурового насоса, так как многократно повышают необходимое для осуществления циркуляции давление. Часто они приводят к недопуску каротажных зондов до забоя, вызывая необходимость проведения дополнительных проработок ствола и повторных каротажей. Кроме того, расширенные участки ствола скважины способствуют увеличению интенсивности искривлений. Все описанные явления приводят к большим потерям времени и средств на многократные проработки ствола скважины, проведение повторных каротажей, ликвидацию аварий и даже на перебуривание забракованных скважин.

Как известно [4], снижению набухания глин и кавернообразования могут способствовать следующие мероприятия:

- Доведение до минимума водоотдачи бурового раствора для снижения поглощения его фильтрата стенками скважины и соответственно уменьшения набухания прискважиного слоя глин.

- Поддержание плотности раствора, достаточной для того, чтобы гидростатическое давление способствовало предотвращению обвалов.

- Возможное уменьшение интенсивности динамических составляющих скважинного давления [5].

- Введение в раствор положительных ионов металлов для нейтрализации отрицательного заряда элементарных пластин глины и сведения к минимуму их поверхностной энергии, а значит, и толщины их гидратных оболочек, вызывающих набухание глин. Последний метод признан особенно эффективным; буровые растворы ему удовлетворяющие, носят название ингибирующих.

Основными составляющими ингибирующего раствора являются [6]:

- Реагент-ингибитор, т. е. поставщик положительных ионов.
- Реагент-стабилизатор, снижающий водоотдачу несущего ингибитор глинистого раствора и предотвращающий его коагуляцию и распад.

- Регулятор pH раствора, необходимый для создания оптимальных условий работы реагента стабилизатора.

**Цель работы** – найти оптимальный состав ингибирующего раствора для условий бурения скважин в условиях урановых месторождений Южного Казахстана по критериям как эффективности предотвращения набухания глинистых пород, так и минимума себестоимости самого раствора.

#### **Методы исследований**

С целью предотвращения набухания легкодиспергируемых глин и связанных с этим осложнений при бурении скважин на уран на базе ОАО «Волковгеология» сотрудниками КазНТУ им. К. И. Сатпаева был проведен комплекс лабораторных и производственных исследований. За основу принята рецептура хлоркалиевого ингибирующего раствора, разработанная в Волгоград НИПИ нефти, и внедренная в объединении «Нижневожск-нефть» [7], где такие растворы были признаны «наиболее перспективными буровыми растворами на водной основе для бурения в неустойчивых глинах» (табл. 1). Главной отличительной чер-



Таблица 1

**Исходная рецептура хлоркалиевого раствора**

Наименование реагента	%	Среднее содержание, кг/м <sup>3</sup>	Цена, тенге/кг	Стоимость, 1 м <sup>3</sup> , тенге
КМЦ	0.3-0.5	4	600	2400
КОН	0.2-0.3	2.5	570	1425
КССБ4	3-7	50	650	32500
Пеногаситель	1-1.5	12.5	1440	18000
КСИ 5-7	60	240	14400	
Общая масса		129		68725

той этой рецептуры было использование в качестве ингибитора ионов калия (в составе реагента KCL). Ранее эту роль обычно играли ионы кальция, но калий был признан более эффективным по ингибирующему воздействию и, кроме того, способствовал резкому увеличению скорости бурения. Соответственно в качестве регулятора pH использовался не NaOH, как обычно, а КОН.

С внедрением вышеуказанной рецептуры возникли проблемы. Их главная причина в значительном отличии технологии нефтяного бурения [8] (включая технологию применения буровых растворов) от той, которая применяется при бурении на уран. В последнем случае [9] средний диаметр скважин в 2-3 раза меньше, их глубина не превышает 600-800 м. Время бурения одной скважины в нормальных условиях занимает 3-5 суток, тогда как для нефтяных скважин оно исчисляется месяцами. Стоимость 1 м<sup>3</sup> бурения на уран в среднем составляет 10-15 тыс. тенге, что во много раз меньше, чем на нефтяном бурении. Поэтому, если на нефтяном бурении приготовление, очистка и корректировка качества бурового раствора, как правило, проводятся на каждой скважине отдельно, что связано с установкой здесь целого ряда сложных устройств, то в условиях ОАО «Волковгеология» такая технология нецелесообразна, так как резко повысила бы затраты [10].

В частности, на нефтяном бурении растворы готовят путем постепенного (за заданное число циклов промывки) добавления необходимых реагентов из специальных дозаторов в протекающий по желобу поток раствора, что принципиально невозможно из-за отсутствия желобной системы. Поэтому как приготовление, так и дальнейшее регулирование свойств раствора в ходе его применения оказалось возможным только централизованно, на центральной глиностанции.

В ходе производственных испытаний выяснилась необходимость значительного корректирования указанного в табл. 1 содержания реагентов (в основном в сторону снижения). Серьезные проблемы возникли в связи с использованием реагента КССБ, вызывавшим сильное пенообразование уже в процессе приготовления раствора. При этом пенообразование удалось предупреждать добавлением в раствор пеногасителя (наиболее дорогостоящей составляющей рецептуры). Однако уже в ходе бурения вследствие контакта раствора с воздухом пенообразование возобновлялось. Вследствие отсутствия системы дозаторов, которые позволяли бы вводить пеногаситель в любой необходимый момент, борьба с этим явлением оказалась весьма затруднительной.

В связи с изложенным пришлось разрабатывать специальную, соответствующую условиям бурения на уран, методику работы с раствором, которая включала следующие моменты:

— Приготовление ингибирующего раствора велось централизованно на глиностанции.

— В качестве основы для добавления реагентов был принят очищенный от шлама, наработанный на других скважинах раствор из местных глин. По сравнению со случаем использования бентонитовых порошков это удешевляет стоимость раствора и, кроме того, позволяет без применения утяжелителей добиваться любой требуемой плотности в пределах 1,1-1,25 г/см.

— В процессе использования раствора через заданные периоды времени измерялись важнейшие параметры раствора – плотность, условная вязкость, водоотдача и pH.

— При выходе параметров раствора за допустимые пределы (плотность 1,1-1,18 г/см, вязкость 30-45 с, водоотдача 5-9 см за 30 мин., рН 8-10), его откачивали из отстойников и отвозили на глиностанцию для очистки от шлама и возвращения этих параметров к норме. Освободившийся отстойник заполняли готовым раствором, параметры которого (кроме рН) находились у минимума указанных интервалов. Значение рН было максимальным, так как в отличие от остальных 3-х параметров в ходе бурения оно уменьшалось.

— Количество реагентов, требуемых для восстановления качественных параметров раствора, составляло 20-30 % от требуемых при первичном замесе.

— Реагенты-стабилизаторы раствора КМЦ и КССБ были заменены на реагент PACULV [11], что позволило также отказаться и от пеногасителя

В результате проведенных исследований был выбран вариант рецептуры ингибирующего глинистого раствора, приведенный в табл. 2. Для оценки эффективности применения раствора был принят метод сравнения кавернограмм, снятых по скважинам, пробуренным на минимальном (50 м) расстоянии друг от друга в аналогичных геологических условиях. Одна из скважин бурилась с использованием разработанного ингибирующего раствора, а на другой (контрольной) применялась традиционная технология.

Таблица 2

**Окончательный вариант рецептуры раствора [12]**

Компонент	Цена, тенге/кг	Содержание кг/м <sup>3</sup>	Время приготовления, ч	Стоимость 1 м <sup>3</sup> раствора, тенге
PACULV	1100	5.6	0.33	6183
КОН	570	3.3	0.17	1900
KCL	240	8.6	0.17	2067
Итого		17.5	0.67	10150

Несмотря на то, что стоимость разработанного раствора по сравнению с исходной была резко снижена, вопрос о дальнейшем снижении стоимости продолжал оставаться актуальным. В этой связи по желанию заказчика была прове-

дена серия лабораторных исследований при следующих исходных условиях:

— Опыты проводились над растворами, приготовленными на бентонитовом порошке ввиду его доступности и удобства использования при лабораторных работах. Содержание бентонита было равно 20 %, что обеспечивало попадание в требуемый интервал плотности 1,1-1,18 г/см.

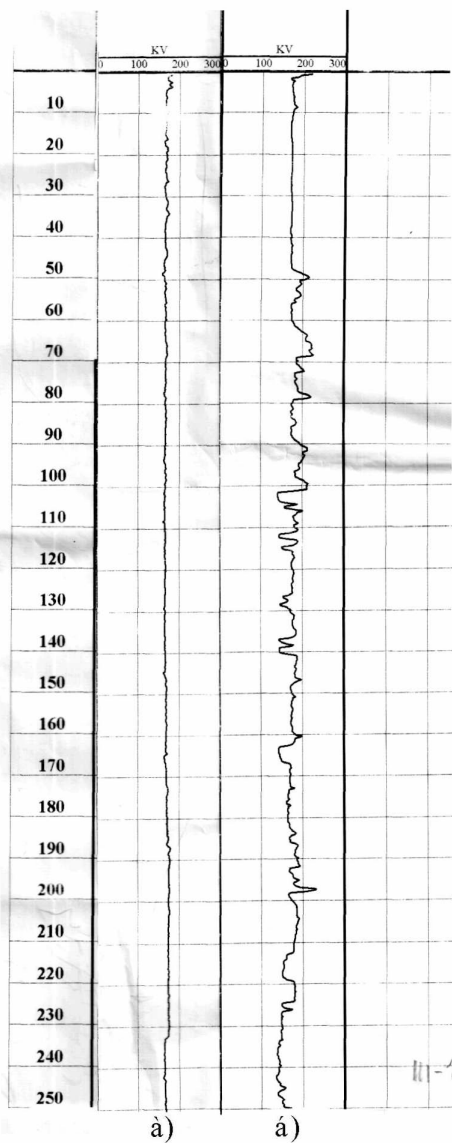
— В качестве ингибитора по-прежнему использовался хлористый калий, а в качестве регулятора водородного показателя – едкий калий.

— Основной упор делался на возможность замены дорогостоящего зарубежного реагента-стабилизатора на более дешевый.

Для проверки возможности замены PACULV были проведены лабораторные испытания ингибирующих растворов 3-х видов реагентов-стабилизаторов: КССБ 4, реолон и КМЦ 600.

**Обсуждение результатов исследований.** На кавернограммах (рисунок) по двум соседним скважинам (а) отображает применение разработанного ингибирующего раствора, (б) – традиционную технологию. На обеих скважинах бурение по глинам началось с глубины 50 м. Хотя диаметр долота в обоих случаях составлял 161 мм, на кавернограмме (а) наблюдается разброс диаметров от 160 до 170 мм (всего 10 мм), (б) – от 140 до 240 мм (100 мм, или в 10 раз больше). При этом на (а) диаграмме каверны как таковые отсутствуют, а рост диаметров является следствием так называемой «разработки» скважины в мягких породах под действием вращающейся бурильной колонны (что считается нормальным). На (а) диаграмме отчетливо видны как каверны (расширенные участки), так и места сужения, связанные с набуханием глин. Сравнение диаграмм убедительно свидетельствует об эффективности разработанного ингибирующего раствора.

Стоимость ингибирующего раствора (см. табл. 2) по сравнению с исходной (см. табл. 1) была снижена в 6,8 раза. В несколько



Сравнение кавернограмм  
по двум соседним скважинам

раз уменьшилось время приготовления раствора и восстановления его качества по причине истощения содержания реагентов в ходе бурения.

В табл. 3 приведена полученная зависимость параметров раствора от содержания КССБ (конденсированная сульфит спиртовая барда). Стоимость 1 т этого реагента 650 тенге, или 59 % от стоимости PACULV.

Таблица 3

**Влияние КССБ, на параметры раствора с содержанием глины 200 кг/м<sup>3</sup> (20 %)**

КССБ, кг/м <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup> (%)	Вязкость, с (%)	Водоотдача, см <sup>3</sup> (%)	pH	Корка, мм (%)	СНС1, Па (%)	СНС10, Па (%)
0	1,13 (100)	46 (100)	13 (100)	6 (100)	4 (100)	10 (100)	20 (100)
5	1,12 (99)	57 (124)	11 (85)	6 (100)	3 (75)	1 (10)	4.15 (21)
10	1,06 (94)	140 (304)	6 (46)	6 (100)	1 (25)	1 (10)	4.15 (21)

По сравнению с бентонитовым раствором, в котором отсутствуют реагенты, в растворе с 0,5 % КССБ уже заметно некоторое (на 1 %) снижение плотности, вследствие пенообразования заметна повышающая вязкость. Эти явления резко усилились при удвоении содержания КССБ и, как следствие, достигнуто снижение водоотдачи на 54 %. Кроме того, наблюдалось многократное падение статического напряжения сдвига (СНС1 и СНС 10).

В табл. 4 использовался раствор с содержанием 10 % глины. Совместно с КССБ применялся регулятор pH.

На добавление КССБ 20- и 10 %-ные глинистые растворы реагировали существенно различно. Так, у 10 %-ного раствора:

— плотность при содержании 0,5 % КССБ еще не уменьшилась, тогда как при 1 % уменьшилась сразу на 8 %, и стала ниже плотности воды;

— скорость возрастания вязкости и СНС была резко повышенной, так что конечные (при 1 % КССБ) значения этих

Таблица 4

## Влияние на параметры раствора с содержанием глины 100 кг/м (10 %) реагента КССБ, совместно с КОН

КССБ, кг/м <sup>3</sup>	КОН, кг/м <sup>3</sup>	Плотость, г/см <sup>3</sup> (%)	Вязкость, с (%)	Водоотдача, см <sup>3</sup> (%)	рН	Корка, мм (%)	СНС1 Па, (%)	СНС10 Па, (%)
0	0	1.06 (100)	18 (100)	18 (100)	6 (100)	2.5 (100)	1 (100)	5 (100)
5	1	1.06 (100)	29 (161)	8 (44)	10 (167)	1.5 (60)	1.7 (170)	2.5 (50)
10	2	0.98 (92)	244 (1355)	7 (39)	11 (183)	1.5 (60)	8 (800)	16 (320)

параметров оказались значительно выше, чем у 20 %-ного раствора;

— водоотдача при 0,5 % КССБ стала ниже, чем у 20 %-ного раствора, а при 1 % КССБ снизилась дополнительно лишь незначительно.

Причиной отмеченных отличий может быть только добавление щелочи КОН. Выше указано, что рН самой водопроводной воды равнялось 6 %, т. е. имела место кислая реакция, которая у 20 %-ного раствора сохранялась и при введении КССБ. У 10 %-ного раствора введение 0,1 % КОН сразу увеличило рН с 6 до 10 % и тем обеспечило устойчивую щелочную реакцию, что и объясняет указанные несоответствия.

Таким образом, в данных условиях КССБ можно использовать при его содержании не выше 1 %. Причем его эффективность как понизителя водоотдачи возрастает при увеличении рН до 10 %.

В табл. 5 приведены результаты опытов по разработанному Санкт-Петербургской компанией ООО «Оргполимерсинтез» новому реагенту-стабилизатору с фирменным названием реолон.

Приведенные данные характеризуют реолон как эффективное средство снижения водоотдачи. Однако уже при внесении 3 % реагента раствор перестает вытекать из воронки Марша (НТ «не течет»). Был при-

Таблица 5

**Зависимость параметров глинистого раствора  
от содержания реагента-стабилизатора реолон**

Раствор глино- порошка с содержанием глины, %	Внесение реолон, %	Плот- ность, г/см <sup>3</sup>	Вяз- кость, с	Водо- отда- ча, см <sup>3</sup>	рН	Кор- ка, мм	СНС1, Па	СНС10, Па
20	0	1,13	27	13	6	4	10	20
То же	1	1,13	21	8	7	4		
25	1,5	1,15	29	6	7	2		44
То же	2	1,15	34	5	8	1.5	11	66
То же	3	1,15	НТ					
15	2	1,7	19	6	7	2		
То же	2	1,7	32	40	6	6		110

KCL, 2

готовлен более жидкий раствор (15 % глины). При внесении 2 % реолон водоотдача была весьма низкой – 6 см за 30 мин. Однако при введении 2 % ингибитора KCL качественные параметры раствора резко изменились. Подскочили вязкость и СНС, а водоотдача достигла 40 см за 30 мин., что неприемлемо. В ходе всех вышеописанных опытов показатель рН вырос с 6 (у безреагентного раствора) до 7-8 %. Очевидно, что реагент реолон сам по себе вызывает щелочную реакцию. Однако с добавлением KCL щелочная реакция сменилась на кислую. В связи с этим была сделана попытка обеспечить сохранение щелочной реакции и после введения ингибитора.

Данные табл. 6 показывают, что добавление 0,01 % КОН параметры безреагентного раствора не изменило. Однако последующий ввод 3 % реолон не вызвал резкого возрастания вязкости, но способствовал падению водоотдачи до 7. Добавление 0,1 % КОН изменило ситуацию в сторону повышения вязкости и СНС. Однако ввод в этот раствор 1 % KCL довел вязкость до состояния « не течет», повысил СНС1 и СНС10 в 15 и 7 раз соответственно, и увеличил водоотдачу почти в 2 раза.



Таблица 6

**Влияние на реолон КОН (содержание глины 20 %)**

Добавлено реагентов, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Вязкость, с	Водоотдача, см <sup>3</sup>	pH	Корка, мм	СНС1, Па	СНС10, град/Па
КОН 0,01	1,13	27	13	6	4		
То же и реолон, 3	1,13	29	7	7	2	3,2	19,4
То же и КОН 0,1	1,13	35	8	7	3,5	13,5	31,6
То же плюс KCL, 1	1,13	НТ	15	6	6	199,8	210,9

Таблица 7

**Зависимость параметров раствора, содержащего реагент-стабилизатор КМЦ 600, от содержания КОН и KCL**

Основа	Добавлено реагентов, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Вязкость, с	Водоотдача, см <sup>3</sup>	pH	Корка, мм	СНС1, Па	СНС10, Па
20 %-ный глинистый раствор	0	1,12	46	13	6	4	10	20
То же	КМЦ, 0,5	1,11	33	6	6	1	1	5
То же	То же плюс КОН, 0,2		НТ	9	11			
Раствор по п. 1	КМЦ, 0,5 КОН 0,03	1,11	34	7	9,5	1	4	25
Глины 350 г	КМЦ, 1,5 КОН 0,2 KCL 4	1,18	33	10	9	0,5	1,6	1,6

Из табл. 7 следует, что по сравнению с безреагентным раствором введение 0,5 % КМЦ 600 привело к уменьшению вязкости (в 1,4 раза) водоотдачи (в 2,2 раза) и СНС1 и СНС10 (в 10 и 4 раза соответственно) при этом pH осталось неизменным.

Добавление в этот раствор 0,2 % щелочи и доведение рН до 11 % вызвало резкое возрастание вязкости – до состояния «не течет» и росту водоотдачи в 1,5 раза. По-видимому, для 20 %-ного глинистого раствора содержание КОН оказалось слишком большим. Раствор был приготовлен заново, но содержание щелочи было уменьшено до 0,03 % (строка 4). рН стало существенно ниже, а водоотдача и вязкость оказались почти теми же, что и в строке 2. Однако СНС1 и СНС10, выросли в 4-5 раз.

Для приготовления ингибирующего раствора в 35 %-ный глинистый раствор было добавлено 1,5 % КМЦ 600 и 0,2 % щелочи. В итоге после введения 4 % KCL было достигнуто рН=9 при водоотдаче 10 см. В целом такой результат можно считать удовлетворительным. Однако опасения внушают и весьма низкие значения СНС в ингибирующем растворе.

### **Выводы**

1. В ходе производственных исследований для условий бурения скважин на уран были разработаны рецептура хлоркалийевого ингибирующего раствора, а также методика его применения.

2. При бурении скважин рецептура доказала свою эффективность.

3. Стоимость раствора снижена в 5-6 раз по сравнению с исходным вариантом.

4. Для дальнейшего снижения стоимости ингибирующего раствора проведены лабораторные работы с целью замены дорогостоящего реагента-стабилизатора PACULV на более дешевый. При этом установлено, что:

— реагент-стабилизатор КССБ хорошо снижает водоотдачу и хорошо сочетается с ингибитором KCL, а также другими стабилизаторами. Однако при содержании свыше 0,5-1 % он вызывает пенообразование.

— Реагент-стабилизатор реолон хорошо снижает водоотдачу глинистых растворов, но не выдерживает контакта с ингибитором KCL, и для приготовления ингибирующих хлоркалийевых растворов непригоден;

— реагент-стабилизатор КМЦ 600 хорошо снижает водоотдачу и хорошо сочетается с ингибитором KCL, а также с КССБ.

Недостатки: слабая растворимость в воде и снижение СНС ингибирующего раствора;

— реагент-стабилизатор PACULV превосходит все выше-рассмотренные реагенты-стабилизаторы. Недостаток – высокая цена.

5. Снижения стоимости ингибирующего раствора можно достичь заменой стабилизатора PACULV на комбинацию КССБ (с содержанием не более 0,5-1 %) и КМЦ, цена которых не превышает 600 тенге за 1 кг, т. е. ниже PACULV почти в 2 раза.

### Список литературы

1 *Грей Дж.* Состав и свойства буровых агентов. – М.: Недра, 1985. – С. 65-86.

2 *Городнов В.Д.* Физико-химические методы предупреждения осложнений в бурении. – М.: Недра, 1984. – 175 с.

3 *Zhang, Xin-chun; Wang, Xing-zhi; Chen, Gang et al.* Synthesis of a Biglucoside and Its Application as Montmorillonite Hydration Inhibitor // *Journal of chemistry.* – 2014. – Vol. 15, Iss. 5. – P. 285-296.

4 *Пустовойтенко И.П.* Предупреждение и ликвидация аварий в бурении. – М.: Недра, 1977. – 245 с.

5 *Hayati-Ashtiani, Majid; Jazayeri, Seyed-Hamid; Ghannadi, Mohammad; et al.* Experimental Characterizations and Swelling Studies of Natural and Activated Bentonites with Their Commercial Applications // *Journal of chemical engineering of japan.* – 2011. – Vol. 44, Iss. 2. – P. 135-155.

6 *Ивачев Л.М.* Промывка и тампонирувание геологоразведочных скважин. – М.: Недра, 1989. – 305 с.

7 *Рязанов Я.А.* Справочник по буровым растворам. – М.: Недра, 1979. – 215 с.

8 *Бассарыгин Ю.М.* и др. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: «Недра-Бизнес-центр», 2002. – 125 с.

9 *Сушко С.М.* и др. Технология и техника сооружения геотехнологических скважин при подземном выщелачивании урана. – Алматы, 2007. – 365 с.

10 *Билецкий М.Т.* и др. Патент РК № 29616 E21B33100. Ингибирующий буровой раствор для бурения скважин на урановых месторождениях Казахстана и способы его применение // Бюл. № 3 от 16.03.2015.

11 *Steliga T. Uliasz M.* Spent drilling muds management and natural environment protection // *Gospodarka surowcami mineralnymi-mineral resources management.* – 2014. – Vol. 30, Iss. 2. – P. 135-155.

12. *Biletski M.T., Kasenov A.K., Sushko C.M.* Mechanism of caving while drilling through highly dispersible clays // *J. News of Kazakhstan's science.* – 2013. – № 2. – P. 69-83.

***Билецкий Марк Теодорович***, кандидат технических наук, доцент  
тел. +7 7017728420; e-mail: titbs@mail.ru

***Касенов Алмабек Касенович***, кандидат технических наук, профессор  
тел. +7 7772485006; e-mail: Kassenov\_a @inbox

***Ратов Боранбай Товбасарович***, доктор технических наук, профессор  
тел. +7 7013757720; e-mail: ratov69@mail.ru

***Жанабаев Темирхан Алпамысович***, старший преподаватель  
тел. +7 7078308254; e-mail: Timur\_kainazar@mail.ru

***Утепов Заманбек Габитович***, заведующий лабораторией кафедры  
тел. +7 7473376928; e-mail: uzamanbek@mail.ru

**М. К. Кайырбекова<sup>1</sup>, В. Н. Долгоносов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Корпорация «Казахмыс»

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Казахстан

---

---

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТА  
ОРГАНИЗАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТКОВ  
ОБЪЕМОВ ГОРНОЙ МАССЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
ТОО «КОРПОРАЦИЯ «КАЗАХМЫС»**

---

---

**Аннотация.** Применение новой техники и технологий требует разработки принципиально новой нормативно-технической базы, регламентирующей методику производства маркшейдерских работ на горнодобывающих предприятиях. В этих условиях создание и внедрение стандарта организации, который позволил бы в полной мере использовать возможности и преимущества современного оборудования для повышения эффективности маркшейдерского обеспечения горных работ является весьма актуальным вопросом. Разработка и применение указанного стандарта организации ТОО «Корпорация «Казахмыс» является одним из первых значимых шагов в данном направлении. Стандарт организации устанавливает порядок производства маркшейдерских работ по определению объемов горной массы и остатков минерального сырья на горнодобывающих, обогатительных и перерабатывающих предприятиях с применением лазерного и электронно-оптического оборудования. Требования стандарта являются обязательными для исполнения всеми структурными подразделениями корпорации.

**Ключевые слова:** нормативная база, маркшейдерские работы, горнодобывающее предприятие, стандарт организации, горные работы.



**Түйіндеме.** Жаңа техника мен технологияларды қолдану тау-кен кәсіпорындарының жұмыстарын маркшейдерлік өндірістік әдісті реттейтін түбегейлі жаңа нормативтік-техникалық базаны әзірлеуді талап етеді. Тау-кен жұмыстары қазіргі заман талабына сай жабдықтардың мүмкіндіктері мен артықшылықтарын толық пайдалануға және осы кәсіпорын жұмыстарын құру, оны жүзеге асыру жағдайларын бағдарламалық қамтамасыз ету бо-

лып табылады. «Қазақмыс» ЖШС корпорация кәсіпорыны осы стандартты әзірлеу және қолданудың бірден-бір алға басар жолы болып отыр. Лазерлі және электр-оптикалық жабдықтарды тау-кен көлемін және минералды шикізатты кен орындарында байыту және қайта әзірлеу өндірістерінде қолдану маркшейдерлік жұмыстарын анықтау бағыттарының алғашқы маңызды қадамдары. Стандарттың талабы корпорацияның барлық бөлімшелері үшін міндетті болып табылады.

**Түйінді сөздер.** нормативтік база, әдістеме, маркшейдерлік жұмыстар, тау-кен қазушы кәсіпорын, ұйым стандарты, тау-кен жұмыстары.



**Abstract.** Application of new techniques and technologies require development of fundamentally new normative and technical base that regulates the production of mine surveying work at the mining enterprises. In this conditions the creation and introduction of organization standard, which would allow full use of the possibilities and advantages of modern equipment to improve the efficiency of surveying and advantages of modern equipment to improve the efficiency of surveying work is highly topical issue. The development and application of this standard of organization «Kazakhmys» Corporation LLP is one of the first significant steps in this direction. Standard of organization establishes the order of production of mine surveying work for determining of the volume of mine mass and remains of the mineral raw materials on mining, concentrating and processing enterprises with the application of laser and electro-optical equipment. Standard requirements are obligatory for all the subdivisions of the corporation.

**Key words:** normative base, surveying works, mining enterprises, organization standard, mining works.

**Введение.** В настоящее время одним из важнейших направлений развития системы маркшейдерского обеспечения горных работ являются разработка и внедрение нормативно-технической базы, создание стандарта организации, который позволил бы в полной мере использовать возможности современных маркшейдерско-геодезических приборов и оборудования для повышения эффективности учета и маркшейдерского контроля.

Стандарт организации [1] устанавливает порядок производства маркшейдерских работ по определению объемов горной массы и остатков минерального сырья на горнодобывающих, обогатительных и перерабатывающих предприятиях ТОО «Корпорация «Қазақмыс» и его требования являются обязательными для исполнения всеми подразделениями корпорации. При-

менение современных маркшейдерско-геодезических приборов и оборудования при производстве замеров существенно улучшает точность и объективность измерений, практически полностью автоматизирует маркшейдерские работы при выполнении замеров. Технология лазерного сканирования исключает нахождение людей в опасных зонах, что положительно сказывается на безопасности работ.

**Методы исследований.** В соответствии со стандартом [1] объемы отбитой горной массы определяются на основании маркшейдерского замера, выполненного за отчетный период в соответствии с утвержденными проектами (паспортами) и планом развития горных работ. Перед каждым замером начальник участка должен подготовить горные выработки для приемки и привести их в безопасное состояние. Замер выполненных за месяц (отчетный период) горных работ производится маркшейдером в предпоследний день отчетного периода. Все работы производятся в сопровождении ИТР участка.

Порядок производства замеров по определению объемов отбитой горной массы при подземном способе разработки следующий:

1. **Замер объемов горнопроходческих работ.** За 1-2 дня до замера маркшейдер участка обязан выполнить дополнительные трехмерные съемки выработок, как правило, одновременно с развитием и подвиганием съемочной сети. Съемка геометрических параметров выработки производится выполнением тахеометрической съемки электронными приборами. Длина криволинейных участков выработки определяется по оси пройденной выработки. При определении общей длины пройденной выработки дифференцированно выделяются участки с различными характеристиками (по сечению, креплению, уклону и др.). Замер сечения подземных выработок в проходке и на свету производится через 5 м с учетом сложности его конфигурации и характерных мест (не менее 8 пикетов на одно поперечное сечение, рис. 1). Площадь сечения канавки и объем ее выемки не включаются в площадь сечения выработки и записываются отдельной строкой.

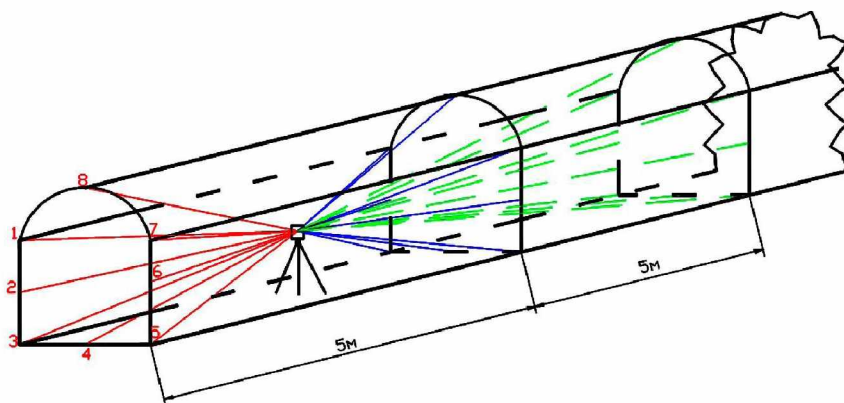


Рис. 1. Схема замера сечения подземных выработок

Съемка геометрических параметров вертикальных и крутопадающих выработок (стволы, восстающие, гезенки, уклоны, рудоспуски и др.) производится не реже чем через 3-5 м по высоте и в характерных местах (негабаритные участки, резкие переходы в сечениях). При сплошном креплении сечения в проходке измеряются до установки крепления согласно «Инструкции по производству маркшейдерских замеров, контролю и приемке горных работ на предприятиях МЦМ СССР», утвержденной МЦМ СССР от 30 июня 1978 г. [2]. При проходке наклонных восстающих по заданному направлению, кроме замера сечений (в горизонтальной и вертикальной плоскостях), производится замер стенок восстающего по нормали к оси направления (влево, вправо, вверх и вниз).

При замере стволов шахт сечения ствола замеряются от проходческих отвесов. Одновременно с сечениями стволов шахт замеряются «выемки» под опорные башмаки (при бетонном креплении), под крепежные рамы (при деревянном креплении) и все другие элементы, необходимые для составления журнала проходки шахтного ствола.

По результатам съемки при помощи программного обеспечения «Surpac» выполняется построение трехмерного изобра-



жения заснятых горных выработок с определением объема отбитой горной массы.

В случае невозможности обработки данных маркшейдерских съемок по техническим причинам с применением специализированного программного обеспечения объем отбитой горной массы  $V_{гм}$  определяется как произведение подвигания забоя  $L$ , на фактическую площадь поперечного сечения  $S_{п/сеч}$ :

$$V_{гм} = L \cdot S_{п/сеч} \quad (1)$$

**2. Замер объемов очистных работ.** Определение объемов очистных работ при системах разработки с открытым выработанным пространством (потолкоуступная с распорной крепью, с регулярными и нерегулярными целиками, камерно-столбовая, с магазинированием, с закладкой, слоевое обрушение) производится на основе инструментальных маркшейдерских съемок. Контурные точки забоя определяются со среднеквадратической ошибкой в пределах  $\pm 0,15$  м –  $\pm 0,25$  м. Положение очистных забоев определяется тахеометрической съемкой или рулеточным замером от пунктов съемочной сети. При потолкоуступной системе выемки положение очистного забоя определяется рулеточным замером с измерением элементов уступов. Съемка сечения выработок (камер) производится аналогично съемке сечений горнопроходческих выработок (см. рис.1). По результатам съемки при помощи программного обеспечения «Surpac» выполняется построение трехмерного изображения горных выработок с определением объема отбитой горной массы.

В случае невозможности обработки данных маркшейдерских съемок по техническим причинам с применением специализированного программного обеспечения объем отбитой горной массы  $V_{гм}$  определяется как произведение подвигания забоя  $L$  на фактическое поперечное сечение  $S_{п/сеч}$  по формуле (1) или как произведение площади в границах выработанной части блока (камеры)  $S$  на среднее значение высоты отработки  $h$ :

$$V_{гм} = S \cdot h \quad (2)$$

При системах разработки с открытым выработанным пространством (системы разработки подэтажными штреками или ортами, открытыми камерами с последующей закладкой) съёмка открытых камер и контроль за размерами межкамерных целиков производятся специальными приборами с применением технологии лазерного сканирования без захода людей в отработанное пространство. Принцип действия системы лазерного сканирования основан на использовании лазерного сканирующего дальномера, который вводится в полость и вращается в ней на  $360^\circ$ , обеспечивая непрерывный сбор данных об углах и расстояниях. По результатам сканирования составляется трёхмерная модель, конвертируемая в CAD и ГИС-приложения. С использованием такой модели, выполняется создание любых сечений, моделей отдельно взятых элементов и измерение любых геометрических параметров, а также составление планов и разрезов горных работ (рис. 2).

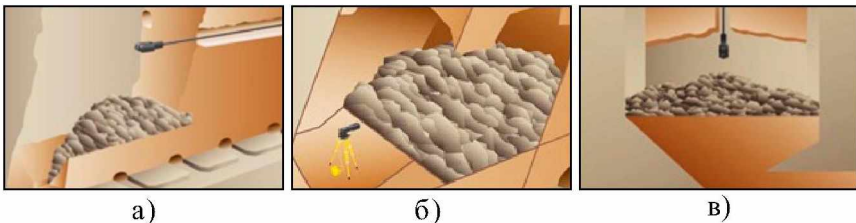


Рис. 2. Способы съёмки лазерным сканированием: а) горизонтальный ввод системы в полость на штанге; б) съёмка со стандартного геодезического штатива; в) вертикальный ввод системы в полость с использованием комплекта для вертикальной съёмки (VIP)

Положение очистного забоя (контура камеры) при системе разработки подэтажными выработками определяется рулеточным замером от пунктов, расположенных в подэтажных выработках. Положение очистного забоя при крутом падении с выемкой полезного ископаемого по простиранию определяется путем измерения расстояний от забоя до пунктов, расположенных в штреках верхнего и нижнего горизонта. При разработке круто-

падающих залежей с выемкой полезного ископаемого по восставанию положение очистного забоя допускается снимать при помощи шнура и висячего полукруга [3]. Расхождение в высотах пунктов в конце хода допускается не более 1:200 его длины.

При системах разработки с отбойкой руды скважинами (подэтажное и этажное обрушение), где непосредственные замеры выработанного пространства невозможны, объемы отбитой руды определяются косвенным способом. Границы отработанных участков блоков устанавливаются на основании контуров взрывных скважин по результатам их съемки (угол наклона, глубина). Съемка устьев взрывных скважин выполняется от пунктов съемочной сети. Углы наклона скважин определяются при помощи угломера, а глубина скважин измеряется электронной акустической аппаратурой. Ошибка в определении угла наклона оси скважины не должна превышать  $1^\circ$ . Допустимо глубину скважины измерять с ошибкой, не превышающей  $\pm 0,2$  м. Объем отбитой горной массы  $V_{\text{гм}}$  определяется как произведение подвигания забоя  $L$  на площадь поперечного сечения  $S_{\text{пл/сеч}}$  по формуле (1).

**3. Определение положения рудного тела.** Параллельно с выполнением инструментальной съемки геометрических параметров горных выработок производится тахеометрическая съемка характерных точек положения рудного тела. Точки положения рудного тела перед съемкой отмечаются геологической службой нанесением яркой краски на поверхность целика горной выработки. Расположение точек положения рудного тела, определенное по результатам обработки выполненной съемки, выносится на трехмерной модели соответствующей выработки. Трехмерная модель, построенная при помощи программного обеспечения «Surpac», передается в геологическую службу для корректировки и определения объемов отбитой балансовой или забалансовой руды и породы.

**4. Замер остатков отбитой горной массы в забоях, отвалах, складах.** Объем остатков отбитой горной массы в забоях (при открытом выработанном пространстве), в подземных и поверхностных породных отвалах и на рудных складах устанавливается путем рулеточного обмера или по результатам тахеометрической съемки. Тахеометрическую съемку выполняют для определения объемов отвалов, складов со сложными поверхностями. При производстве тахеометрической съемки пикеты выбирают в характерных точках. Причем расстояние между пикетами не должно превышать 10 м. Поверхность отвала, склада изображают числовыми отметками или горизонталями с сечением рельефа через 0,50 м. Рулеточным замером измеряют объемы отвалов (рудного склада) сравнительно правильной геометрической формы. Абрисы отвалов с указанием высоты, длины, ширины и других размеров заносят в журнал замеров. Объемы подсчитывают по формулам объемов геометрически правильных тел. Подсчет объемов горной массы на складе, в отвале и построение их трехмерного изображения производятся при помощи специального программного обеспечения «Surpac». В случае выполнения контрольной съемки отвала, склада разность основного и контрольного определений объема не должна превышать значений, приведенных ниже в таблицах.

Допустимые погрешности определения объема и плотности полезного ископаемого в отвале и допустимые разности двух независимых определений объема отвала не должны превышать значений, указанных в табл. 1.

Таблица 1

**Допустимые погрешности определения объема и плотности, %**

Объем отвала, тыс. м <sup>3</sup>	<20	20-50	50-200	>200
Допустимая относительная погрешность объема отвала и плотности	8 5	5 5	3 4	2 2
Допустимая разность двух независимых определений объема	12	8	4	3

За истинное значение объема отвала принимаются данные маркшейдерского замера  $X$ , а за абсолютную погрешность – разница  $\Delta X$  между книжным остатком и маркшейдерским замером. При допустимой относительной погрешности не более 8 % за окончательные данные берутся результаты маркшейдерского замера. В случае, если относительная погрешность более 8 %, производится повторный независимый замер остатков и, если разница составляет не более 12 %, учитывается среднее значение. В противном случае выясняются причины расхождений: достоверность определения плотности, весового учета и прочих факторов.

Расхождения между объемом, принятым к учету за год, и объемом по контрольному подсчету не должны превышать значений, приведенных в табл. 2. При допустимой разности двух независимых определений объема отвала к учету принимают его среднее значение.

Таблица 2

**Расхождения между объемом, принятым к учету за год,  
и объемом по контрольному подсчету, %**

Объем вынутых пород, тыс. м <sup>3</sup>	до 20	20-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2000	>2000
Допустимая относительная разность объемов вынутых пород при контрольном подсчете	15	12	9	6	4	3	2	1,5

При системе разработки с магазинированием руды для определения остатков горной массы производится тахеометрическая съемка положения отбитой руды в магазине. При системах с закладкой определяется положение закладки, а также проверяется зачистка каждого слоя перед выполнением закладочных работ.

При системах разработки с отбойкой руды скважинами (подэтажное и этажное обрушение) объемы остатков отбитой горной массы определяются косвенным способом. Значение количества остатка горной массы в камере (блоке) принимается как разница между количеством отбитой и количеством отгруженной горной массы. Количество отбитой горной массы определяется произведением объема на значение объемного веса отбитой горной массы. Значение объемного веса указывается геологической службой. Количество отгруженной горной массы определяется согласно данным оперативного учета, документируемым производственной службой предприятия.

5. **Замер остатков в рудоспусках, бункерах** выполняется параллельно замеру выполненных объемов горных работ за месяц (отчетный период). На все действующие рудоспуски, бункеры дробленой руды (подземные и поверхностные) должен быть паспорт, составленный технической службой предприятия с указанием его геометрических параметров и других технических характеристик, включая максимальную вместимость. Паспорт составляется на основании результатов инструментальной съемки геометрических параметров пустых рудоспусков, бункеров. Съемка должна быть выполнена с применением технологии лазерного сканирования методом вертикального ввода системы в полость рудоспуска с использованием комплекта для вертикальной съёмки (см. рис. 2). Программное обеспечение «Surpac» позволяет составить трёхмерную модель, с помощью которой выполняется построение графического материала заснятых выработок и составляется таблица по калибровке для определения объема горной массы в зависимости от незаполненной части рудоспуска или бункера. Инструментальная съемка пустых рудоспусков должна выполняться не реже одного раза в полугодие. В случае изменения их параметров таблица по калибровке пересоставляется, о чем главным маркшейдером предприятия делается соответствующая запись в паспорте данного рудоспуска. Для производства замера рудоспусков, бункеров руководством предприятия должны быть оборудованы места, с которых удобно и безопасно выполнять измерения. Места для измере-

ний оборудуются согласно типовому проекту, разработанному головным проектным институтом.

**Выводы.** Стандарт организации разработан с целью приведения внутренней нормативной документации, необходимой для обеспечения производственной деятельности всех предприятий ТОО «Корпорация «Казахмыс», в соответствии с требованиями действующего законодательства Республики Казахстан [4, 5], нормативно-правовыми документами, регламентирующими деятельность горнодобывающих предприятий и их маркшейдерских служб [6-8].

Стандарты, определяющие использование возможностей современных маркшейдерско-геодезических приборов и оборудования используются повсеместно при оценке горной массы и остатков минерального сырья [9,10]. Это позволяет устанавливать оптимальный порядок работы и сохранять эффективность учета и маркшейдерского контроля.

### Список литературы

1 Производство маркшейдерских работ по определению объемов горной массы и остатков минерального сырья на горнодобывающих, обогатительных и перерабатывающих предприятиях ТОО «Корпорация «Казахмыс»: Стандарт организации. – г. Караганда, 2013.

2 Инструкция по производству маркшейдерских замеров, контролю и приемке горных работ на предприятиях МЦМ СССР (утверждена МЦМ СССР от 30 июня 1978 г.).

3 *Оглоблин Д.Н., Герасименко Г.И., Акимов А.Г.* и др. Маркшейдерское дело: учебник для вузов. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

4 Закон РК "О недрах и недропользовании". № 291-IV от 24.06.2010 г.

5 Закон РК "Об обеспечении единства измерений" № 53-II от 7.06.2000 г.

6 Единые правила охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых, нефти, газа и подземных вод в РК,

утвержденные Постановлением Правительства РК № 1019 от 21.07.1999 г.

7 Правила промышленной безопасности при ведении работ подземным способом, утвержденные приказом министра по ЧС РК № 132 от 25.07.2008 г.

8 СТ РК 17.0.0.06-2002 Охрана недр. Маркшейдерское обеспечение горных работ.

9 *Hoek E., Diederichs M.* Empirical estimation of rock mass modulus. Int. // J Rock Mech. Min. Sci., 2005. – 43. – 14 p.

10 *Hoek E.T.* Practical rock Engineering. – [Электронный ресурс]: [http://railwayengineering.in/wp-content/uploads/2013/05/small\\_Practical\\_Rock\\_Engineering.pdf](http://railwayengineering.in/wp-content/uploads/2013/05/small_Practical_Rock_Engineering.pdf), 2006. – 237 p.

***Кайырбекова Майя Кайырбекқызы***, ведущий специалист  
(по мониторингу и анализу ведения горных работ)

***Долгоносое Виктор Николаевич***, доктор технических наук,  
тел./факс 8-(7212)-56-26-27  
e-mail: [vdolgonosov@hotmail.ru](mailto:vdolgonosov@hotmail.ru)



**И. Я. Мирный<sup>1</sup>, П. А. Савин<sup>1</sup>, Т. Т. Бондаренко<sup>1</sup>  
В. Н. Долгоносов<sup>2</sup>, О. В. Старостина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Карагандагипрошахт и К<sup>0</sup>

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Казахстан

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЕКТНЫХ КОНТУРОВ ВНУТРЕННИХ ОТВАЛОВ В ЗАМКОВОЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА «СЕВЕРНЫЙ»**

---

**Аннотация.** Использование выработанного пространства для размещения отвалов вскрышных пород представляет собой прогрессивное технологическое решение, которое позволяет значительно снизить себестоимость добычи угля за счет сокращения транспортировки вскрыши во внешние отвалы. Устойчивость внутренних отвалов представляет собой достаточно новое и малоизученное направление геомеханики открытых горных работ. Основная проблема заключается в неопределенности прочностных параметров техногенного контакта «стационарный борт – отвал». В статье дана оценка проектных параметров внутреннего отвала на угольном разрезе «Северный». Расчеты выполнены с учетом конкретных горно-геологических и горно-технологических условий месторождения. Расчетами определена невозможность формирования внутреннего отвала в замковой части разреза «Северный» в связи с высоким риском его обрушения.

**Ключевые слова:** отвалы пород, устойчивость отвалов, угольный разрез, добыча угля.



**Түйіндеме.** Аршылған жыныс үйінділерін орналастыру үшін қазылған кеңістікті қолдану озық технологиялық шешім болып табылады, бұл аршылған кенді сыртқы үйінділерге тасымалдауды қысқарту арқасында көмірді алудың өзіндік құнын едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Ішкі үйінділердің тұрақтылығы ашық тау-кен жұмыстары геомеханикасының айтарлықтай жаңа және зерттелінбеген бағыты болып табылады. «Стационарлы жағдай – үйінді» техногенді байланысының мықтылық параметрлерінің белгісіздігі – бұл негізгі мәселе. Мақалада «Северный» көмір кені-

шіндегі ішкі үйіндінің жобалық параметрлеріне баға берілген. Есептеулер кен орнының нақты тау-кен технологиялық және тау-кен геологиялық шарттарын ескере отырып жасалынған. «Северный» кенішінің бекіністік бөлігінде ішкі үйіндінің құлау қаупі жоғары болғандықтан оны қалыптастырудың мүмкін болмауы есептеулермен анықталған.

**Түйінді сөздер:** тау жыныстарының қадалар, қоқыстардың тұрақтылығы, көмір кеніші, көмір өндіру



**Abstract.** Using of the developed space for overburden rock is the advanced technological solution that can significantly reduce the cost price of the coal mining by reducing the transportation of overburden to the external dumps. Stability of internal dumps is a relatively new and little-studied area of geomechanics of open cast mining work. The main problem is uncertainty of the strength parameters of technogenic contact «stationary board – dump». The article assesses the project parameters of the internal dump on the coal cut «Northern». The calculations are made taking into account the specific mining and geological, mining and technological conditions of the deposit. With the help calculations it was determined the impossibility of formation of the internal dump in the castle part of the cut «Northern» due to its high risk of collapse.  
**Key words:** waste dump, stability of dump, coal cut, coal mining.

**Введение.** Внешние породные отвалы являются источниками экологической опасности, так как при их эксплуатации в атмосферу выбрасывается большой объем породной пыли, а наличие во вскрыше углесодержащих пород приводит к образованию эндогенных пожаров и, как следствие, выбросу в атмосферу окиси углерода и азота. Единственная альтернатива сложившейся ситуации – формирование внутренних породных отвалов, которое позволяет исключить целый ряд негативных явлений: исключается изъятие земель под внешние породные отвалы. За счет расположения ниже уровня земной поверхности значительно снижаются выбросы пыли в атмосферу при эксплуатации внутренних отвалов. Меньшая по сравнению с внешними отвалами площадь открытых поверхностей при одинаковых объемах складирования позволяет значительно уменьшить вероятность эндогенных пожаров. При этом существенно снижается себестоимость добываемой продукции вследствие сокращения пути транспортирования вскрышных пород и улучшается экологическая ситуация в районе разрабатываемых месторож-

дений, а технологический процесс отвалообразования фактически совмещается с этапом технической рекультивации. Сокращению вредных выбросов породной пыли и устойчивости внутренних отвалов посвящены фундаментальные работы зарубежных авторов [1,2]. Причем отечественные и зарубежные общие принципы расчетов, основанные на гипотезе предельного равновесия в целом, различий в решении данной задачи не имеют. Однако предлагаемая методика, представляется достаточно прогрессивным решением для условий замковой части разреза "Северный", поскольку предполагается использование выработанного пространства для размещения внутренних вскрышных пород.

**Методы исследования.** Проектом «Реконструкция разреза «Северный» (участки 1, 2, 3, 4) с увеличением мощности с 10 до 18 млн. т в год», разработанным ТОО «Карагандагипрошахт и К» [3], было предусмотрено начиная с 2013 г. формирование постоянного внутреннего отвала в северной замковой части разреза на границе участков 1 и 4. В случае наклонного залегания пласта (а в замковой части разреза «Северный» на верхних горизонтах углы падения пласта достигают 30-35) возникает проблема обеспечения устойчивости внутренних отвалов, которые формируются на слабом наклонном основании – почве отработанного угольного пласта. Устойчивость внутренних отвалов представляет собой достаточно новое и малоизученное направление геомеханики открытых горных работ. Основная проблема в неопределенности прочностных параметров формируемого при отсыпке вскрыши техногенного контакта «стационарный борт – отвал», который имеет следующие особенности:

– Основанием отвала является почва отработанного угольного пласта, представленного выветрелыми и окисленными углеродсодержащими породами, мощностью от 3-5 до 15-20 м.

– Сопротивление сдвигу по контакту существенным образом зависит от влажности. В период увеличения влажности (сезон дождей, таяние снегов) общее сопротивление сдвигу по контакту может снижаться в 2-3 раза, поэтому при расчетах и проектировании необходимо учитывать сезонную обводненность основания.

– Высокая прочность наклонных участков борта (основания) может отрицательно влиять на устойчивость формируемого отвала, не позволяя сформировать структурные связи между основанием и отвальным массивом.

– Следует учитывать, что расчетная прочность контакта не может превысить собственную прочность отвального массива.

– Прочность углесодержащих пород в результате процессов окисления существенно снижается во времени, что требует проведения дополнительных исследований.

Расчеты устойчивости отвалов на наклонном основании должны производиться с введением коэффициентов запаса, учитывающих сейсмические воздействия от ведения в карьере БВР.

Ввиду мульдообразного залегания пласта наиболее сложными участками являются верхние горизонты в районе выходов пластов под наносы, где резко увеличивается угол падения пласта (до 30-35). Обеспечение устойчивости формируемого внутреннего отвала на верхних горизонтах невозможно без создания призмы упора на нижележащих горизонтах.

Средние прочностные характеристики пород в отвалах и по контакту угольного пласта 3 определены Казахским филиалом ВНИМИ [4,5] и имеют следующие значения:

1) в отвале: объемный вес  $\gamma = 1,66 \text{ т/м}^3$ ; угол внутреннего трения  $\rho = 31^\circ$ ; сцепление  $k = 35,0 \text{ т/м}^2$  при естественной влажности  $W = 14,8 \%$ .

2) по почве угольного пласта 3: объемный вес  $\gamma = 2,09 \text{ т/м}^3$ ;

— при естественной влажности  $\rho = 18^\circ$ ;  $k = 20,0 \text{ т/м}^2$ ;

— при повышенной влажности  $\rho = 12^\circ$ ;  $k = 10,0 \text{ т/м}^2$ ;

Нормативные прочностные характеристики пород:

— отвала  $\gamma = 1,66 \text{ т/м}^3$ ;  $k = 3,5 \text{ т/м}^2$ ;  $\rho = 31^\circ$ ,  $\text{tg} \rho = 0,601$ ;

— основания:  $\gamma' = 2,09 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho' = 18^\circ$ ,  $\text{tg} \rho' = 0,325$ ;

$k' = 2,0 \text{ т/м}^2$  (естественная влажность);  $\rho' = 12^\circ$ ,  $\text{tg} \rho' = 0,213$ ;

$k' = 1,0 \text{ т/м}^2$  (повышенная влажность).

С учетом длительного срока службы отвалов, в соответствии с «Правилами обеспечения устойчивости бортов на угольных разрезах» [4], в нормативные характеристики вводим коэффициент запаса  $n_c = 1,3$ . Тогда расчетные прочностные характеристики пород будут следующими:

- отвала  $\rho_\delta = 24,8^\circ$ ;  $\text{tg}\rho_\delta = 0,462$ ;  $k_\delta = 2,7 \delta / i^2$ ;
- основания  $\rho'_\delta = 14,1^\circ$ ;  $\text{tg}\rho'_\delta = 0,250$ ;  $k' = 1,54 \delta / i^2$ ;
- увлажненного основания  $\rho'_\delta = 9,3^\circ$ ;  $\text{tg}\rho'_\delta = 0,164$ ;  
 $k' = 0,77 \delta / i^2$ .

По данным исследований, выполненных на месторождениях Казахстана [5], сцепление полускальных пород в теле отвала изменяется в достаточно широких пределах: от 10-12 до 35-40 кПа.

**1. Расчет предельной высоты откоса отвала.** Расчеты предельной высоты откоса на слабом наклонном основании при переменных углах наклона контакта от  $0^\circ$  до  $12^\circ$  (приведены в табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

**Расчеты предельной высоты яруса**

Угол наклона контакта $\delta$ , град.	Предельная высота яруса Н, м	
	естествен- ная влажность	повышен- ная влажность
0	27,5	17,0
2	26,8	16,2
4	26,1	15,3
6	25,3	14,2
8	24,7	13,3
10	23,9	12,4
12	23,2	11,5

Предельная высота откоса при промежуточных значениях влажности может быть определена линейной интерполяцией. При углах наклона слабого обводненного основания до  $12^\circ$  высоту устойчивого яруса можно принимать равной 10-12 м, а при сухом основании и складировании в нижний ярус более прочных пород глубоких горизонтов она может быть увеличена до 25 м. Для вы-

шележащих ярусов, основанием которых служат устоявшиеся породы нижнего яруса, высота устойчивого яруса, слагаемого достаточно прочными породами, должна приниматься с учетом технологических соображений равной 15-20 м. В любом случае при складировании в ярус отвала глинистых пород его высота не должна превышать 10 м.

**2. Оценка устойчивости проектного контура внутреннего отвала.** Главной проблемой при формировании внутренних отвалов на разрезе является наличие слабого наклонного основа-

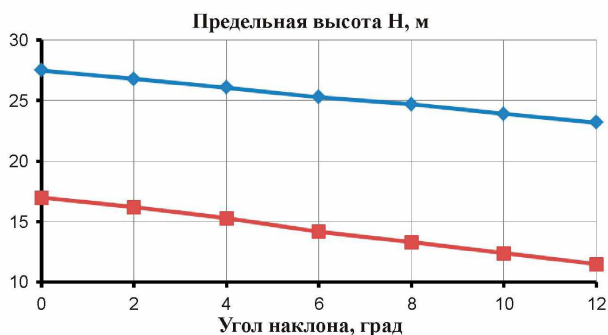


Рис. 1. Зависимость предельной высоты нижнего яруса отвала от угла наклона слабого контакта

ния (почвы угольного пласта), на который производится отсыпка вскрышных пород. Ввиду мульдообразного залегания пласта в замковой части разреза «Северный» резко увеличивается его угол падения. В проектном контуре стационарного борта разреза в замковой части имеются достаточно крутые углы наклона (табл. 2, рис. 2).

От земной поверхности до горизонта +80 м углы наклона стационарного борта на всем протяжении замковой части составляют 30-35°. Формирование внутреннего отвала на верхних горизонтах невозможно.

Таблица 2

**Углы наклона проектного контура стационарного борта разреза «Северный» в замковой части**

Профильная линия	Горизонты	Отношение (h/d)	Угол откоса, град.
Ось складки (граница участков I и IV)			
VIII	+170±+80	90 / 140	33,0
VIII	+80±0	80 / 320	13,8
VIII	+60±-60	120 / 530	13,0
VIII	0±-100	100 / 480	11,7
VIII	-60±-140	80 / 460	10,0
VIII	-100±-200	100 / 700	8,2
VIII	-140±-200	60 / 460	7,5
Участок I			
6	+190±0	190 / 400	25,5
6	+130±0	130 / 225	30,0
6	0±-100	100 / 360	15,2
4	+170±0	170 / 290	30,3
4	0±-100	100 / 390	14,5
Участок IV			
II	+100±0	100 / 150	33,8
II	0±-60	60 / 85	35,2
II	-100±-200	100 / 630	9,1
III	+100±-80	180 / 285	32,3
III	-80±-200	120 / 670	10,3

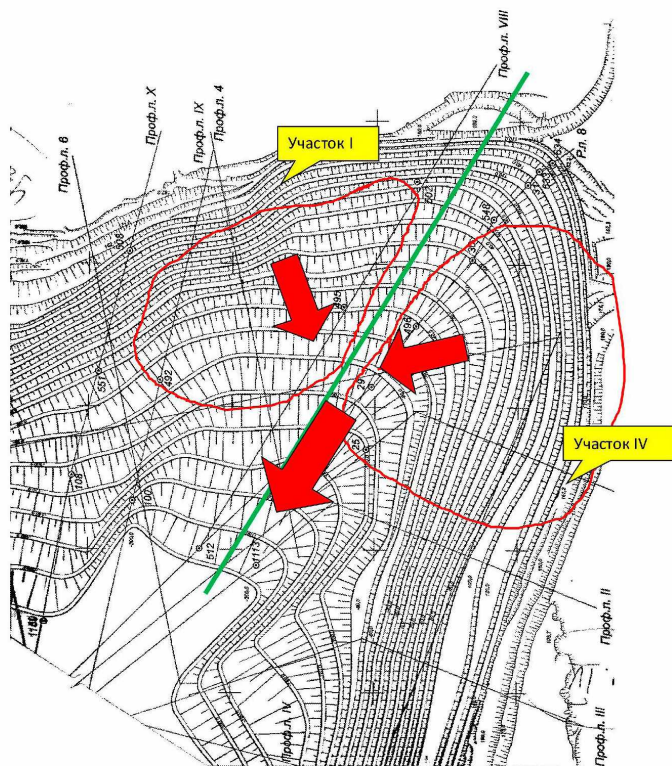


Рис. 2. План стационарного борта в замковой части разреза «Северный»

Ниже гор. +80 м до гор. 0 м по оси складки (профильная линия VIII) борт выполаживается до  $14^{\circ}$ . По краям складки на участках I и IV на горизонтах  $+80 \pm 0$  м сохраняются углы наклона порядка  $30-35^{\circ}$ . С учетом низких прочностных параметров углистых пород в почве пласта обеспечение устойчивости проектируемого внутреннего отвала на указанных горизонтах является весьма сложной задачей.

Породы, слагающие стационарный борт, по прочности относятся к группе пород средней крепости. Внутренний отвал по характеристикам складываемых пород может быть отнесен к

отвалам пород средней прочности на наклонном основании.

Первые ярусы внутреннего отвала предполагается отсыпать в 2014 г. с гор. 0 м высотой яруса 20 м и с гор. +40 м высотой яруса 40 м (рис. 3).

Результаты оценки устойчивости проектируемых уступов представлены в

табл. 3. Уступ высотой 40 м не может быть сформирован на наклонном основании, так как предельная высота откоса при наклоне основания  $7,5^\circ$  составляет 25 м.

Уступ высотой 20 м соответствует предельному состоянию откоса (см. рис. 1) при сухом основании. Малейшее увлажнение основания приведет к снижению его несущей способности и обрушению откоса.

**3. Оценка устойчивости предельного контура внутреннего отвала.** Предельное значение генерального угла откоса, отстроеного с гор.  $-100$  м, составляет  $\alpha_{i\partial\partial\partial} = 16^\circ$ , а с гор.  $-200$  м  $\alpha_{i\partial\partial\partial} = 15^\circ$  (рис. 4, табл. 4). Учитывая большую неопределенность прочностных параметров основания и возможность их существенного уменьшения при попадании влаги, вероятность обрушения



Рис. 3. Проектный профиль уступа внутреннего отвала (гор. 0)

Таблица 3

**Расчет устойчивости проектных контуров уступов профильной линии VIII**

Высота яруса, м	Угол наклона основания, град.	Коэффициент запаса
<b>Гор. +40 ... 0</b>		
40	13	0,82
20	13	1,05
<b>Гор. -60 ... -100</b>		
40	10	0,86
20	10	1,10
<b>Гор. -160 ... -200</b>		
40	7,5	0,88
20	7,5	1,12



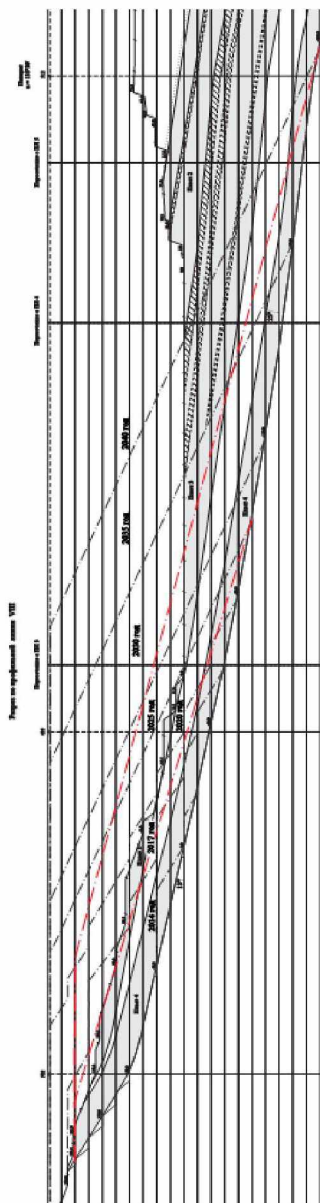


Рис. 4. Контуры предельных откосов с гор.  $-100$  и  $-200$  м (разрез по профильной линии VIII)

Таблица 4

**Расчет предельных контуров  
внутреннего отвала по профильной  
линии VIII**

Высота отвала, м	Угол наклона предельного контура, град.	Коэффициент запаса
<b>Гор. +160 ... -100</b>		
260	16	1,03
<b>Гор. +160 ... -200</b>		
360	15	1,05

составляет порядка 50 %. Также необходимо учитывать сдвигающие нагрузки от объемов, расположенных на участках I и IV, которые имеют более крутые углы наклона стационарного борта до  $30-35^{\circ}$  (см. табл. 1). Например, профильная линия 4 участка I, горизонты  $+170 \pm 0$ , угол откоса борта равен  $30^{\circ}$ . Расчеты показывают, что при отсыпке отвала на такое основание под углом естественного откоса  $35^{\circ}$  сдвигающие силы, отнесенные к единице объема, почти в 2 раза превышают максимально возможные удерживающие силы (см. рис. 2). Естественно, что сдвигающие нагрузки от действия данных призм приведут к обрушению отвала. Основным требованием, предъявляемым к выполненным расчетам и проведенному анализу в соответствии с "Правилами обеспечения устойчи-

ности на угольных разрезах", является обеспечение безопасных условий ведения горных работ с учетом действующих нормативных документов использования методики ВНИМИ [6,7].

### **Выводы**

1. Устойчивость внутреннего отвала будет зависеть главным образом от сопротивления сдвигу по техногенному контакту «борт - отвал», который обладает следующими особенностями:

— основание отвала представляет собой почву отработанного угольного пласта, представленного углесодержащими породами мощностью от 3-5 до 15-20 м;

— сопротивление сдвигу по контакту существенно зависит от влажности и может снижаться в 2-3 раза. Прочность углесодержащих пород в результате процессов окисления существенно снижается во времени;

— высокая прочность наклонных участков борта не обеспечивает прочности контакта и не позволяет сформировать структурные связи между основанием и отвальным массивом;

— расчетная прочность техногенного контакта не может превысить собственную прочность отвального массива, поэтому подготовка основания при помощи поперечных канав и траншей неэффективна.

2. Предельная высота яруса отвала на наклонном основании изменяется в широких пределах и зависит от угла наклона основания и прочности контакта «борт - отвал». При обводненном основании высоту устойчивого яруса можно принимать равной 10-15 м, а при сухом основании и складировании в нижний ярус более прочных пород глубоких горизонтов высота устойчивого яруса может быть увеличена до 25-30 м.

3. На основании выполненных расчетов предельной высоты устойчивого многоярусного отвала для значений генеральных углов откоса от 15 до 30° и углов наклона основания от 0 до 10°. Установлено предельное значение генерального угла откоса при достижении отвалом проектной высоты, которое не должно превышать 15°.

4. Выполнено построение предельных контуров отвала по профильной линии VIII. Расчетами определена невозможность

формирования внутреннего отвала в замковой части разреза «Северный» в связи с высоким риском его обрушения.

### Список литературы

1 *Hoek E.T.* Practical rock Engineering. – [Электронный ресурс]: [http://railwayengineering.in/wp-content/uploads/2013/05/small\\_Practical\\_Rock\\_Engineering.pdf](http://railwayengineering.in/wp-content/uploads/2013/05/small_Practical_Rock_Engineering.pdf), [www.rockscience.com](http://www.rockscience.com). – 2006. – 237 p.

2 *Hudson J.A., Harrison J.P.* Engineering rock mechanics // An introduction to the principles, 2000. – 456 p.

3 Технический проект. Разработка горно-транспортной части по добыче и вскрыше на период до 2025 г. с переходом на автомобильно-конвейерную технологию с усреднением угля на разрезе "Богатырь" / ТОО "Карагандагипрошахт и К". – Караганда, 2005.

4 Разработка рекомендаций по параметрам устойчивых бортов Северного и Южного вскрышных разрезов ПО "Экибастузоль" / ВНИМИ, Казахский филиал. – Караганда, 1975.

5 Разработка практических рекомендации по параметрам устойчивых бортов и внешних отвалов разреза "Богатырь" ПО "Экибастузоль" / ВНИМИ, Казахский филиал. – Караганда, 1977.

6 Правила обеспечения устойчивости на угольных разрезах. – СПб., ВНИМИ, 1998. – 208 с.

7 *Попов И.И., Шпаков П.С., Поклад Г.Г.* Устойчивость породных отвалов. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 224 с.

**Мирный Иван Яковлевич**, кандидат технических наук

**Савин Павел Александрович**, заместитель директора

**Бондаренко Татьяна Тихоновна**, главный инженер  
тел./факс 8-(7212)-41-17-82; e-mail: kargipro@mail.ru

**Долгоносков Виктор Николаевич**, доктор технических наук  
тел./факс 8-(7212)-56-26-27; e-mail: vdolgonosov@hotmail.ru

**Старостина Ольга Васильевна**, кандидат технических наук

# ГЕОГРАФИЯ

---

---

МРНТИ 39.01.75, 70.01.17

*М. А. Копытина*

Институт географии,  
г. Алматы, Казахстан

## **КОНФЛИКТЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНСКО-КЫРГЫЗСКОГО СЕКТОРА**

---

---

**Аннотация.** Проанализированы основные причины возникновения конфликтов водопользования в пределах приграничной территории казахстанско-кыргызского сектора. Рассмотрена проблема о чрезмерных потерях в водопользовании, вызванных большей частью устаревшей системой земледелия. Исследованы 4 типа конфликтов в водопользовании (на территории Кыргызстана), которые возникают в связи с использованием поливной воды. Предложены разные пути решения данных конфликтов: выработка стратегии в плане совместного водопользования, меры правового характера, предшествующие переориентации водной политики на приграничных территориях Республики Казахстан и Кыргызской Республики, реформирование системы государственного управления и организации устойчивого водопользования и др. Представлены возможности управления совместным использованием водных и гидроэнергетических ресурсов для достижения устойчивого природопользования, к которым в первую очередь относятся: проведение водосберегающей политики, усиление координации действий национальных органов управления водными ресурсами в трансграничных бассейнах, сохранение качества воды в створах трансграничного водораздела и др.

**Ключевые слова:** водопользование, гидроэнергетические ресурсы, устойчивое природопользование, конфликты природопользования, приграничная территория, казахстанско-кыргызский сектор.



**Түйіндеме.** Қазақстан-Қырғызстан шекара маңы секторы аралығындағы суды пайдалану кикілжіңдерінің шығу тегінің негізгі себептері талданылған. Егін шаруашылығындағы ескірген жүйелердің салдарынан су пайдаланудың шектен тыс шығындарының мәселелері қарастырылған. Сауарма суларды пайдалану негізінде су пайдалану жүйесінде (Қырғызстан аумағында) төрт кикілжің типтері зерттелген. Аталған кикілжіңдерді шешуге әртүрлі жолдар ұсынылды: суды бірлесіп пайдалану жоспарында стратегия құру, Қазақстан Республикасы және Қырғызстан Республикасы шекара маңы аумағындағы су саясатын қайта бағдарлауға алып келетін құқықтық шара сипаттары, мемлекеттік басқару жүйелерін реформалау және суды тұрақты пайдалануды ұйымдастыру және т. б. Тұрақты табиғат пайдалану мақсатында су және гидроэнергетикалық ресурстарды бірлесіп пайдалануды басқару мүмкіндіктері көрсетілген, оларға ең алдымен мыналар жатады: суды сақтау саясатын өткізу, ұлттық басқару органдарымен трансшекаралық бассейндерде су ресурстарын басқарудың координациялық шараларын нығайту, трансшекаралық су бөлімі жармасында су сапалығын сақтау. **Түйінді сөздер:** суды пайдалану, су және гидроэнергетикалық ресурстар, тұрақты табиғат пайдалану, табиғатты пайдалану шиеленістері, шекара маңы аумағы, қазақстан-қырғызстан секторы.



**Abstract.** Have examined the main reasons of the conflict of water consumption of the border Kazakh-Kyrgyz sector. Have analyzed the problem of excessive losses in water consumption, that mostly caused by an outdated system of agriculture. Have revealed four types of conflicts in water consumption (in Kyrgyzstan) which arise in connection with the use of irrigation water. Have offered different solutions to these conflicts: strategy of the joint water consumption, legal measures that previous to the reorientation of water policy in the border areas of the Republic of Kazakhstan and the Kyrgyz Republic, the reform of the public administration and establish sustainable water consumption and others. Have analyzed the possibility of combined management of water and hydropower resources to achieve sustainable nature management, which primarily include: water saving Policies, strengthening coordination of National water resources management in transboundary basins, the conservation of water quality in the river sections of transboundary territories, and others.

**Key words:** water consumption, water and hydropower resources, sustainable nature management, conflicts of nature management, border territory, the Kazakh-Kyrgyz sector.

**Введение.** Экологическая безопасность и экономика стран Центральной Азии и Казахстана тесно связаны с характером

использования водных ресурсов и согласованных действий по совместному управлению трансграничными реками. Заметное снижение их водоресурсного потенциала в результате нарастания конкуренции за воду, загрязнение водных источников рассматриваются серьезными препятствиями для устойчивого развития региона. Неравномерность распределения водных ресурсов в регионе обуславливает конфликт интересов ключевых поставщиков воды (Таджикистана и Кыргызстана) и ее основных потребителей (Узбекистана, Казахстана и Туркменистана).

Содержание и эксплуатация межгосударственных гидроэнергетических узлов, построенных на приграничной территории Кыргызстана, становятся для республики очень дорогими, а содержать их необходимо в интересах всего центральноазиатского региона. Конфликт заключается в том, что после распада Советского Союза исчезла централизованная финансовая поддержка, т. е., несмотря на достигнутые соглашения, по мнению представителей Кыргызской Республики Казахстан, не компенсирует затрачиваемые средства на содержание и эксплуатацию этих сооружений. Для предотвращения конфликтов были достигнуты согласованные действия по сотрудничеству в сфере использования водных ресурсов региона. Это позволило снизить остроту имеющихся конфликтов, но не устранило их. С 1997 г. сотрудничество на приграничной территории казахстанско-кыргызского сектора по вопросам эксплуатации водохозяйственных объектов межгосударственного использования в бассейне рек Шу и Талас ведется на межведомственном уровне. Ежегодно принимаются протоколы, в которых обсуждается долевое участие РК в эксплуатации оговоренных протоколом сооружений. В апреле 2001 г. Кыргызстан и весной 2002 г. Казахстан ратифицировали рамочное Межправительственное соглашение «Об использовании водохозяйственных сооружений межгосударственного пользования на реках Шу и Талас», где были регламентированы основные положения о трансграничности данных рек и о компенсации расходов на содержание и эксплуатацию водохозяйственных сооружений, о долевом участии в возмещении затрат. Существуют претензии кыргызской стороны по поводу не-

полной выплаты казахстанской стороной своей части долевого возмещения затрат в период с 1997 по 2003 г., а соответственно ответные претензии казахстанской стороны к кыргызской относительно непредставления полной информации по фактическим затратам и мерам по рациональному использованию водных ресурсов в бассейнах рек Шу и Талас и др. [1].

Проблема конфликтов водопользования существует на многих приграничных территориях в мире, в частности, на приграничной территории России и Китая, где основным направлением устойчивого природопользования является решение проблем водопользования в трансграничной бассейновой геосистеме р. Амур как в связи с ухудшением качества воды в трансграничных водотоках, так и с растущими потребностями в воде в приграничных районах России и Китая. Одним из основных конфликтов является непредставление китайской стороной информации о загрязнении приграничных вод Амура, в частности бассейна р. Сунгари: о защите водозаборов и очистке сточных вод в крупных городах, проведении мониторинга качества воды, нормировании крупных источников техногенного загрязнения и др. Данный конфликт удалось отчасти предотвратить путем межгосударственного сотрудничества, которое осуществляется в этом регионе с 1994 г. Также конфликтным моментом является то, что доля КНР в общем сбросе сточных вод в р. Амур на участке от устья р. Аргунь до устья р. Сунгари составляет 75 %; на участке от устья р. Сунгари до устья р. Уссури – 98 %; в р. Уссури – 97 %. Это обусловлено и тем, что действующие в Китае ПДК в 2 раза и более ниже, чем в России. Степень очистки промышленных и бытовых стоков также еще низкая, хотя в последние годы наметился значительный прогресс. В сентябре 2006 г. в г. Москве состоялось первое заседание Подкомиссии по сотрудничеству в области охраны окружающей среды Комиссии по подготовке регулярных встреч глав правительств России и Китая. В ходе заседания состоялся обмен информацией о состоянии и перспективах развития российско-китайского сотрудничества и его нормативно-правовой базы.

В настоящее время остается открытым вопрос о необходимости заключения международного правового акта о рацио-

нальном использовании стока р. Иртыш. В КНР в Синьцзян-Уйгурском автономном районе с 1997 г. начаты работы по переброске части стока р. Черный Иртыш в безводные районы Китая. Это приведет к безвозвратному изъятию стока реки в объеме 20 % и затронет интересы приграничных районов не только России, но и Казахстана [2, 3].

Следует отметить, что для каждой приграничной территории в мире, где существуют конфликты водопользования, всегда отмечается своя специфика их возникновения и путей решения.

Региональные проблемы приграничного казахстанско-кыргызского сектора являются не только результатом экологической нарушенности природно-хозяйственных систем при воздействии антропогенных факторов, но и четко обособившихся межгосударственных противоречий, опосредованных геополитической ситуацией. На наш взгляд, совместное использование водных и гидроэнергетических ресурсов Казахстана и Кыргызстана может быть решено лишь при соответствующих условиях и предпосылках экономической интеграции. Для перехода к устойчивому водопользованию нужна объективная оценка складывающихся форм межгосударственного сотрудничества. К неотложным задачам относится выработка согласованных решений в гидроэнергетическом, водохозяйственном комплексе и агропромышленном секторе: так как нерешенность водной проблемы может привести к усилению конфликтов различного уровня между двумя сопредельными государствами. В такой ситуации каждое из государств может пытаться реализовать свои интересы без учета интересов другой страны. Необходима координация усилий стран приграничного региона по предотвращению экологической дестабилизации, связанной с дефицитом воды.

**Результаты исследования.** Приграничная территория казахстанско-кыргызского сектора находится в аридной зоне, в которой без орошения возделывать сельскохозяйственные культуры и получать устойчивые урожаи невозможно, требуется огромный объем водных ресурсов (рис. 1). Кроме того, приграничная территория Казахстана, с точки зрения водопользования, находится в очень невыгодном положении, все крупные реки



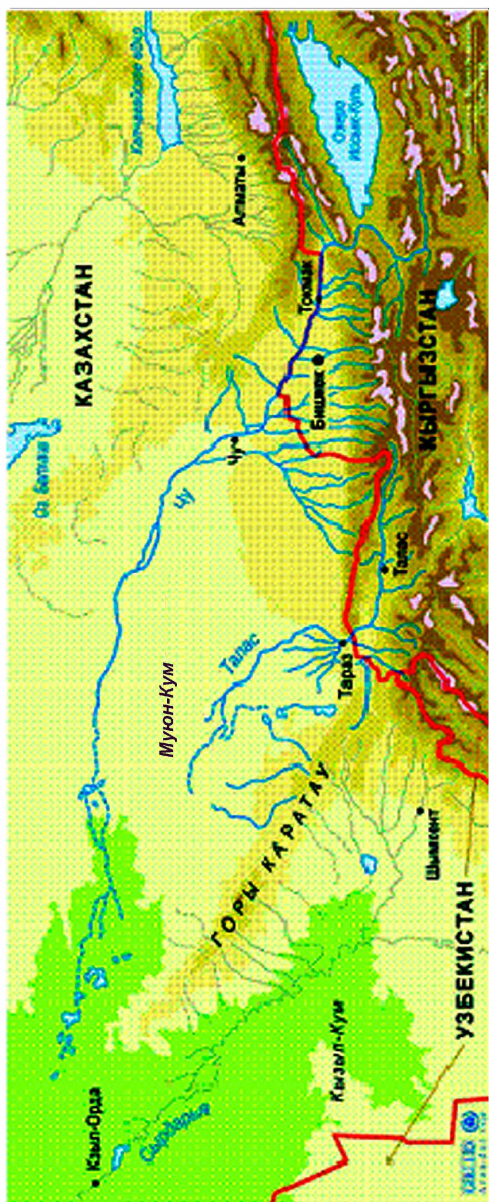


Рис. 1. Приграничная территория казахстанско-киргизского сектора

берут начало на сопредельных территориях других стран: в Китае берут начало р. Иле и Ерчис, в Кыргызстане – р. Сырдарья и Шу, в России – р. Урал (р. Жайык).

Следует отметить, что с 1992 г. между Казахстаном и Кыргызстаном существует интеграционное сотрудничество: в области восстановления и развития энергетических связей, совместного использования водных ресурсов и решения экологических проблем. Однако развитие интеграционных процессов не достигло желаемых результатов [4, 5]. Основная причина заключается в том, что органами государств своевременно не были выработаны в полном объеме конкретные механизмы реализации принимаемых решений. Если сравнить с по-

добными исследованиями в приграничной территории России и КНР, то данные исследования могут проводиться в течение длительного периода – до 8-10 лет (Проект Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Китайской Народной Республики о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных вод обсуждался с 1997 г. Этот длительный процесс завершился подписанием в январе 2008 г. соответствующего межправительственного Соглашения о сотрудничестве в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов. Остальные вопросы, связанные с природопользованием в трансграничных районах, остаются предметом дальнейших согласований. На основании такого исследования в КНР функционировала программа контроля загрязнения р. Сунгари. Эта программа была включена в число приоритетов природоохранной деятельности КНР на 11-ю пятилетку (2006-2010 гг.). На ее реализацию выделено около 2 млрд. дол. США. В результате были созданы рабочие группы, в том числе по мониторингу качества вод трансграничных водных объектов и их охране [2, 3].

Следующим этапом данного исследования должна стать разработка подробных рекомендаций для приграничной территории казахстанско-кыргызского сектора по разрешению и предотвращению возникновения конфликтов водопользования, так как очевидна недостаточность существующей договорной базы для урегулирования вопросов, связанных с трансграничным загрязнением. К данным рекомендациям по устойчивому водопользованию в трансграничных бассейнах рек Шу и Талас необходимо отнести:

- межведомственные долговременные правительственные договоры по вопросам устойчивого водопользования;
- формирование межгосударственной комиссии по устойчивому развитию бассейна рек Шу и Талас;
- выполнение межгосударственных исследовательских программ по устойчивому водопользованию в бассейне рек Шу и Талас: разработка основных нормативов и ограничений в водополь-

зовании в пределах бассейна и в водопользовании по отдельным участкам реки. Возможность по предусмотрению действий сторон как в обычных, так и в экстремальных, аварийных условиях;

- разработка межгосударственной программы по устойчивому развитию бассейна рек Шу и Талас;
- формирование межгосударственной сети экологического мониторинга (совместный отбор проб в фоновых створах и др.);
- образование межгосударственных финансовых и страховых инструментов устойчивого водопользования.

Также установлено, что чрезмерные потери в водопользовании являются еще одной проблемой трансграничного региона. Данная проблема вызвана большей частью устаревшей системой земледелия, где расход воды на орошения в 3, а иногда и в 10 раз превосходит мировые показатели. Страны Центральной Азии и Казахстан ежегодно из-за неэффективного управления водными ресурсами теряют около \$1,7 млрд. [6]. По расчетам специалистов, занимающихся вопросами водопользования, переход на рациональное водопользование позволит экономить в год до половины стока трансграничных рек в данном регионе. Однако модернизация сельского хозяйства требует колоссальных внутренних средств и внешних инвестиций [7].

На приграничной территории Казахстана для выхода из данной ситуации в маловодные годы приоритетом становится водообеспечение хозяйственно-питьевого водоснабжения и экологических попусков для сельского хозяйства и промышленности. Бассейновый принцип управления водными ресурсами на данной территории позволяет обеспечить рациональное регулирование и устранять конфликтные ситуации между отраслями. Самой серьезной проблемой для приграничного региона является перевод Токтогульской ГЭС КР в зимний режим попусков, приводящий к значительному дефициту воды в летний период и к зимним затоплениям прибрежных населенных пунктов со стороны Казахстана.

Существуют разногласия в приграничных регионах из-за несовпадения позиций государств по вопросам распределения водных ресурсов и неэффективных механизмов их решения, а

также вследствие стремления сопредельных государств использовать свое географическое положение для максимального извлечения экономических и политических выгод.

На приграничной территории казахстанско-кыргызского сектора (на территории Кыргызстана) выявлено 4 типа конфликтов в водопользовании, которые возникают с использованием поливной воды [7]:

- между районными управлениями водного хозяйства и ассоциациями водопользователей;
- конфликты мурабов с влиятельными лицами сообществ; руководителей ассоциации водопользователей с местными водопользователями;
- между представителями сообществ (конфликты между селами, которые находятся вверху по течению и внизу по течению рек, а также между селами, расположенными вдоль государственной границы).

Одним из путей решения проблемы конфликтов водопользования на приграничной территории, с позиций обеспечения устойчивого природопользования, на этапе планирования и управления является:

- признание хозяйствующими субъектами наличия конфликта;
- совместный поиск возможных вариантов решения спорных вопросов с учетом действующего законодательства и достижения взаимных выгод;
- принятие решения об использовании конфликтных территорий для хозяйственной деятельности с учетом приоритетных направлений социально-экономического развития [1].

Особое значение для приграничной территории имеет выработка стратегии в плане совместного водопользования. Нельзя игнорировать исключительную роль водных ресурсов в экономике сопредельных стран в связи с общими природно-климатическими особенностями и большой уязвимостью трансграничных ландшафтно-бассейновых систем. Переориентации по водной политике должны предшествовать соответствующие меры правового характера, после чего можно решать вопрос о реформировании системы государственного управления и организации устойчивого водопользования. Это свидетельствует о том, что проблема устойчивого использования водно-энергетических ресурсов

Основные направления совместной деятельности в приграничном казахстанско-кыргызском секторе в укреплении сотрудничества в целях устойчивого природопользования водно-энергетическими ресурсами	
Координация совместной деятельности водохозяйственных и топливно-энергетических ведомств приграничных территорий в области рационального использования водно-энергетических ресурсов в пределах представленных учредителями полномочий	Проведение инвестиционной политики, направленной на строительство новых и реконструкцию, модернизацию действующих мощностей
Создание условий для обеспечения эффективной работы энергетических систем, установленного режима работы водохранилищ, а также межгосударственных поставок и перетоков электроэнергии в объемах, определенных соглашениями	Взаимодействие с межгосударственными органами и государственными организациями, хозяйствующими субъектами приграничных территорий в области электроэнергетики и водного хозяйства
Участие в разработке и реализации долгосрочных программ по дальнейшему взаимовыгодному эффективному использованию водно-энергетических ресурсов региона	Обеспечение функционирования согласованного механизма взаиморасчетов и оплаты межгосударственных перетоков электроэнергии и поставок топливно-энергетических ресурсов
Подготовка предложений по сближению законодательств, совершенствованию правовых основ в области рационального использования водно-энергетических ресурсов	Участие в подготовке межгосударственных и межправительственных соглашений по развитию сотрудничества в области электроэнергетики и водного хозяйства

Рис. 2. Основные направления совместной деятельности в укреплении трансграничного сотрудничества в целях устойчивого водопользования

является составной частью общерегиональной проблемы, включающей как экономические, так и политические аспекты, которые

должны решаться в контексте ее приоритетов с учетом интересов соседствующих стран (рис. 2).

В первую очередь необходимо осуществление межгосударственного сотрудничества в направлениях совершенствования основ правовой базы и принципов совместного использования водных ресурсов, а также выработке принципов механизма экономических взаимоотношений между соседними государствами с учетом приоритетов рыночной экономики и геополитической ситуации.

Основным источником финансирования данного исследования стали средства государственного бюджета по программе «Разработать схему организации устойчивого природопользования приграничной территории Казахстана в контексте трансграничного сотрудничества», руководитель темы д.г.н., доцент И. Б. Скоринцева.

**Выводы.** Установлено, что основными источниками возникновения конфликтной ситуации по водопользованию на приграничной территории казахстанско-кыргызского сектора являются: дефицит водных ресурсов, отсутствие механизмов их совместного использования, загрязнение водных ресурсов и др. От решения вопросов вододеления трансграничных рек зависят перспективы и направленность развития приграничного региона. Анализ действующих систем регулирования водных отношений свидетельствует, что они направлены не на комплексное управление водными ресурсами, а скорее, на управление водохозяйственными сооружениями. С целью обеспечения интегрированного управления водопользованием трансграничных рек Шу и Талас в первую очередь необходимо:

— проведение водосберегающей политики для обеспечения экологических и санитарных попусков воды и условий достигнутых межгосударственных соглашений;

— предусмотрение в межгосударственных соглашениях по совместному использованию водных ресурсов правовых действий и ответственности сторон в случае погодно-климатических изменений (многоводность и маловодность), а также чрезвычайных ситуаций (прорыв Кировского водохранилища и др.);

— усиление координации действий национальных органов управления водными ресурсами в трансграничных бассейнах, которая возможна на базе совместных бассейновых управлений, водных или водно-энергетических консорциумов или двусторонней водохозяйственной комиссии и др. [1];

— сохранение качества воды в створах трансграничного водodelения в соответствии с требованиями международных стандартов;

— обоснование ежегодных объемов водозабора, предотвращающих дальнейшую деградацию окружающей среды, и ухудшение социально-экономических условий проживания населения.

Результаты данного исследования могут быть использованы административными органами разного уровня приграничных территорий казахстанско-кыргызского сектора в качестве рекомендаций по разрешению конфликтов водопользования.

### Список литературы

1 *Касымова В.М.* Энергоэффективность и устойчивое развитие Кыргызской Республики. – Бишкек, 2005. – 268 с.

2 *Бакланов П.Я., Ганзей С.С.* Трансграничные территории: проблемы устойчивого природопользования. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 216 с.

3 Приграничные и трансграничные территории Азиатской России и сопредельных стран (проблемы и предпосылки устойчивого развития) / Отв. ред. П.Я.Бакланов, А.К.Тулохонов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Байкальский ин-т природопользования [и др.]. (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 23). – Новосибирск: СО РАН, 2010. – 610 с.

4 Создание Комиссии Республики Казахстан и Кыргызской Республики по использованию водохозяйственных сооружений межгосударственного использования на реках Шу и Талас // Организация Объединённых Наций и Европейская экономическая комиссия. – Бишкек, 2005. – 42 с.

5 Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности за 2013 год Шу-Таласского департамента экологии. – Шымкент, 2014. – 173 с.

6 *Кирсанов И.* Битва за воду в Центральной Азии // Независимый обозреватель стран Содружества. – 2006. – № 12 [Электронный ресурс] Информационно-аналитический портал: <http://www.fundeh.org/publications/articles/48/> (Дата обращения: 21.07.2015).

7 Новости Кыргызстана [Электронный ресурс] Информационно-аналитический портал: <http://kant.kg/2014-01-22/v-bishkeke-obsudili-svyazannyie-s-polivnoy-vodoy-konfliktyi-na-yuge/> (Дата обращения: 25.04.2015).

***Копытина Марина Александровна, PhD, младший научный сотрудник***  
e-mail: [germironame@gmail.com](mailto:germironame@gmail.com)



# ХИМИЯ

---

МРНТИ 31.17.15, 31.15.33

**А. Л. Козловский, Н. Е. Алешова, Т. Ю. Мейримова,  
Д. И. Шлимас, К. К. Кадыржанов**

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева,  
г. Астана, Казахстан

## ТЕМПЛАТНЫЙ СИНТЕЗ Co/Fe НАНОТРУБОК\*

---

**Аннотация.** Металлические наноструктуры представляют огромный интерес, так как обладают необычными оптическими, электронными, магнитными и химическими свойствами, которые можно использовать для создания средств записи и хранения информации высокой плотности, высокочувствительной сенсорной техники, наноэмиттеров. В данной работе рассмотрено получение Fe/Co нанотрубок методом темплатного синтеза диаметром 110 нм и высотой 12 мкм. Проведен расчет объемной скорости осаждения, результаты которого позволили контролировать рост нанотрубок. Исследование показало, что с увеличением скорости роста нанотрубок толщина стенки нанотрубок уменьшается по закону  $y = 0,0148x^{-0,2411}$ . С уменьшением толщины стенки нанотрубок структура магнитных доменов становится более упорядоченной.

**Ключевые слова:** нанотрубки, электрохимическое осаждение, нанотехнологии, темплатный синтез.



**Түйіндеме.** Металдық наноқұрылымдар қазіргі таңда айтарлықтай қызығушылық танытуда, өйткені өдеттен тыс оптикалық, электрондық, магниттік және химиялық қасиеттеріне ие. Мақалада диаметрі 110 нм және биіктігі 12 мкм Fe/Co нанотүтіктерін темплаттық синтез әдісімен алу үдерісі қарастырылған. Темплат ретінде ПЭТФ негізіндегі қустықтар тығыздығы  $1,0E+09$  тректік мембраналары қолданылған. ПЭТФ пленкасы DC-60 үдеткішінде энергиясы 1,75 МэВ/нуклон криптон иондарымен сәулелендірілген. Шаблонды матрицаның тректеріне темплаттық синтез кернеудің 1,3В-тан 2,0 В

---

\*Данная работа выполнена в рамках проекта, финансируемого Министерством образования и науки Республики Казахстан, № 45 от 12.02.2015 г.

дейінгі мәндері аралығында потенциостатикалық режимінде өтті. Көлемдік тұну жылдамдығын есептеу, нәтижесінде нанотүтіктердің өсуін бақылауға мүмкіндік берді. Зерттеу нанотүтіктердің өсу қарқынының артуы, нанотүтікшелердің қабырға қалыңдығы  $y = 0,0148x^{-0,2411}$  заңына сәйкес азаятынын көрсетті. Магниттік домендер құрылымы нанотүтіктердің қабырғасының қалыңдығын қысқарту арқасында реттеледі. Қуыстықтардың геометриясын және наноқұрылымдардың элементік құрамын бақып берілген параметрлермен нанотүтіктерді сажауға болады, содан кейін оларды наноэммиттердің базалық элемент ретінде пайдалануға болады.

**Түйінді сөздер:** нанотүтіктер, электрохимиялық тұндыру, нанотехнологиялар, темплаттық синтез.



**Abstract.** Metallic nanostructures are of great interest, because they have unusual optic, electronic, magnetic and chemical properties that can be used to create the means of recording and storing the high-density information, highly sensitive sensor technology, nano-emitters. In this work we consider getting Fe/Co nanotubes by the method of template synthesis with a diameter of 110 nm and height of 12 mkm. It is carried out the calculation of the volume rate of deposition, which results allowed controlling the growth of nanotubes. The study showed, that while speed of growth of nanotubes is increasing, the wall thickness of nanotubes is reducing according to the law:  $y = 0,0148x^{-0,2411}$ . With the reduction of wall thickness of nanotubes, magnetic domain structure becomes more ordered.

**Key words:** nanotubes, electrochemical deposition, nanotechnology, template synthesis.

**Введение.** В современном мире возрастает интерес к искусственным магнитным наноструктурам, обусловленный не только желанием понять фундаментальные свойства этих материалов, но и разнообразием их возможных применений. Наноразмерные магнитные массивы являются привлекательными для хранения информации с сверхвысокой плотностью записи информации [1-3]. Плотность обычной продольной магнитной записи, как правило, меньше 50 Гбит/дюйм<sup>2</sup>, а также ограничена термической нестабильностью. Массивы магнитных наноструктур имеют потенциал для проведения записи до 100 раз больше, чем на существующие запоминающие устройства. Другое перспективное применение магнитных наноструктур – биоманетизм; манипулируя магниточувствительными нанопроволоками с помощью магнитных взаимодействий можно проводить раз-

личные исследования. Датчики на основе наноструктур имеют лучшее разрешение и чувствительность, высокую эффективность улавливания и быстрое время отклика из-за их большой поверхности для адсорбции и малого времени диффузии.

Среди различных исследованных материалов наноструктуры на основе Fe/Co являются наиболее привлекательными из-за их магнитных свойств, так как обладают высоким уровнем намагниченности [4-6].

В данной работе рассмотрен процесс получения Fe/Co нанотрубок диаметром 110 нм методом темплатного синтеза. В качестве темплатов использовались трековые мембраны на основе полиэтилентерефталата плотностью пор  $1,0E+09$ . Рассчитаны объемные скорости осаждения нанотрубок, которые позволяют контролировать геометрию наноструктур (высоту, толщину стенки). Контролируя геометрию пор и элементный состав наноструктур, можно получать нанотрубки с заданными параметрами, которые в дальнейшем можно применять в качестве базовых элементов нанозмиттеров.

**Экспериментальная часть.** Для темплатного синтеза Fe/Co нанотрубок из растворов электролитов использовались трековые мембраны на основе ПЭТФ типа Hostaphan® производства фирмы «Mitsubishi Polyester Film» (Германия). Облучение ПЭТФ пленки производилось на ускорителе DC-60 ионами криптона с энергией 1,75 МэВ/нуклон. Темплатный синтез в треки шаблонной матрицы проводился при напряжении 1,3-2,0 В в потенциостатическом режиме. Осуществление контроля в ходе эксперимента проходило при помощи мультиметра Agilent 34410A методом хроноамперометрии.

Исследование структуры и размерности полученных нанокатодов проводилось с использованием растрового электронного микроскопа Hitachi TM3030 с системой микроанализа Bruker XFlash MIN SVE при ускоряющем напряжении 15 кВ.

**Результаты и обсуждения.** Электрохимическое осаждение в треки шаблонных матриц проводилось при напряжении 1,3-2,0 В в потенциостатическом режиме. В таблице представлены условия осаждения и раствор электролита, используемый для

**Экспериментальные условия электрохимического осаднения нанотрубок**

№	Шаблонная матрица	Электролит	Условия осаднения	
1	Плотность пор –	$\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (110 г/л)	1,3 В	915 с
2	$1,0\text{E}+09$ пор/см <sup>2</sup>	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (110 г/л)	1,5 В	650 с
3	Диаметр пор –	$\text{H}_3\text{BO}_3$ (25 г/л)	1,7 В	495 с
4	$110 \pm 5$ нм	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (3 г/л)	2,0 В	260 с

осаднения наноструктур. Как видно, с увеличением разности потенциалов, время осаднения наноструктур снижается. Контроль за процессом электрохимического осаднения осуществлялся с помощью хроноамперограмм, так как их анализ позволяет контролировать динамику процесса роста. На экспериментальных токовых кривых выделяют 2 стадии роста наноструктур: начало заполнения темплатной матрицы; рост наноструктур внутри матрицы.

На рис. 1 показаны экспериментальные кривые изменения силы тока в процессе осаднения железа и кобальта.

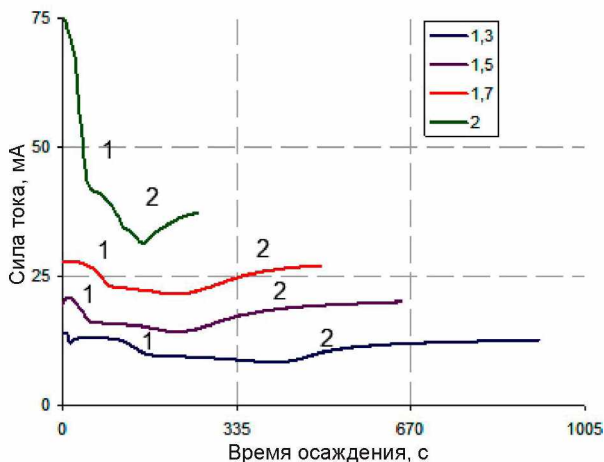


Рис. 1. Хроноамперограммы процесса электрохимического осаднения

Согласно полученным хроноамперограммам, была рассчитана объемная скорость осаждения. Результат расчетов приведен на рис. 2. С увеличением разности прикладываемых потенциалов объемная скорость осаждения возрастает по экспоненте. Зная константу объемной скорости для каждой разности потенциалов, можно контролировать высоту роста наноструктур в шаблонной матрице.

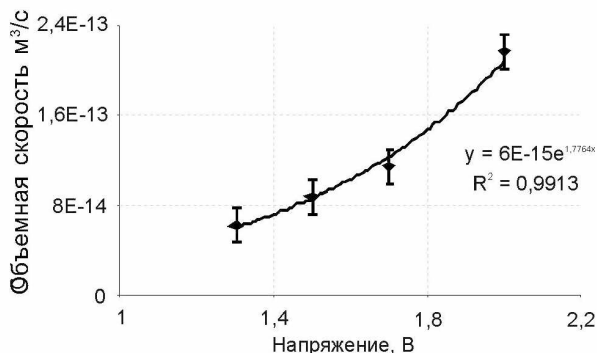


Рис. 2. Зависимость изменения объемной скорости осаждения от разности потенциалов

Анализ РЭМ-снимков полученных нанотрубок показал, что высота нанотрубок равна толщине шаблона 12 мкм, и диаметр  $110 \pm 5$  нм. Внешний диаметр нанотрубок измерялся при помощи растрового электронного микроскопа. Внутренний диаметр нанотрубок оценивался методом газопроницаемости по уравнению:

$$Q = \frac{4\pi r^3}{3l} \sqrt{\frac{2\pi}{RTM}} \Delta p, \quad (1)$$

где  $Q$  – объем пройденного газа;  
 $R$  – универсальная газовая постоянная;  
 $M$  – молекулярная масса;  
 $l$  – толщина мембраны;  
 $\Delta p$  – приложенное давление.

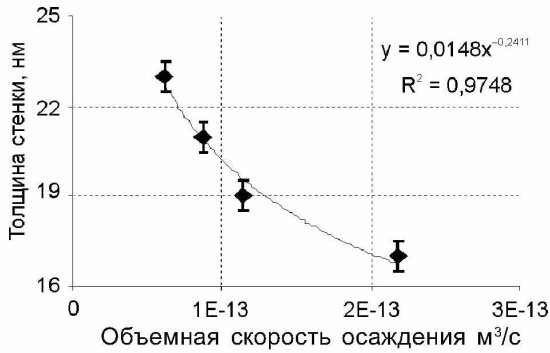
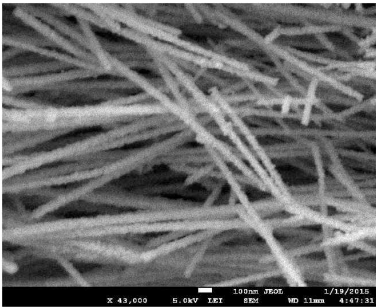
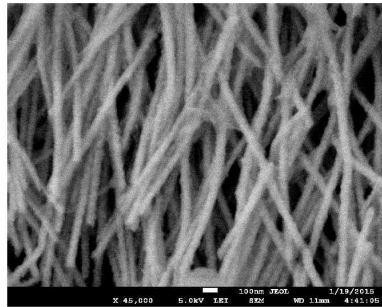


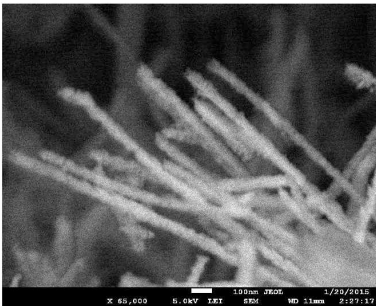
Рис. 3. График зависимости изменения толщины стенок от объемной скорости осаждения



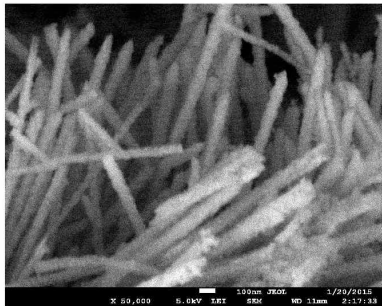
1,3 В



1,5 В



1,7 В



2,0 В

Рис. 4. РЭМ-изображения *Fe/Co* нанотрубок

График изменения толщины стенки от объемной скорости осаждения (рис. 3) показывает, что с увеличением скорости роста нанотрубок, толщина стенок уменьшается по закону  $y = 0,0148x^{-0,2411}$ . На рис. 4 представлены РЭМ-изображения полученных *Co/Fe* нанотрубок.

Для определения влияния разности потенциалов на фазовый состав осажденных нанотрубок был проведен энергодисперсионный анализ полученных наноструктур. На рис. 5 приведена диаграмма изменения фазового состава *Fe/Co* нанотрубок в зависимости от прикладываемой разности потенциалов.

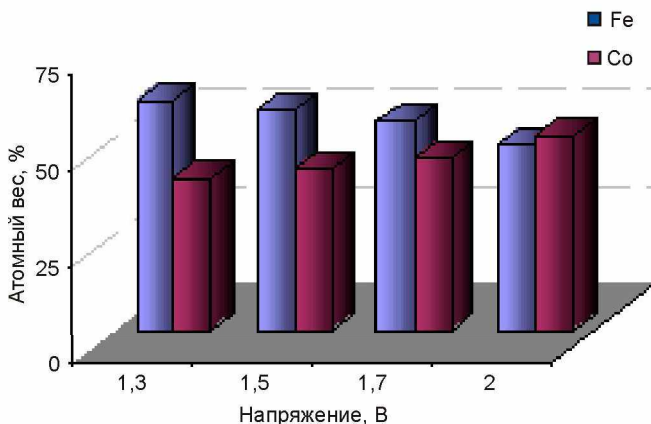


Рис. 5. Диаграмма изменения фазового состава от разности потенциалов

Основываясь на полученных результатах, можно сделать следующий вывод: с увеличением разности потенциалов атомное соотношение металлов в полученных нанотрубках смещается в пользу кобальта.

Форма проводящей электрический ток поверхности особенно важна, так как оказывает влияние на свойства дисперсии после покрытия. В отношении формы возможны многочисленные варианты. В данной работе исследовалась проводящая поверхность в форме массива идентичных цилиндров.

Удельная проводимость массивов нанотрубок рассчитывалась по формуле:

$$\sigma = \frac{dI}{dU} \frac{l}{A}, \quad (2)$$

где  $l$  – длина нанотрубок;

$A$  – площадь;

$dI/dU$  – тангенс угла наклона  $I-U$ .

Результаты изменения проводимости представлены на рис. 6.

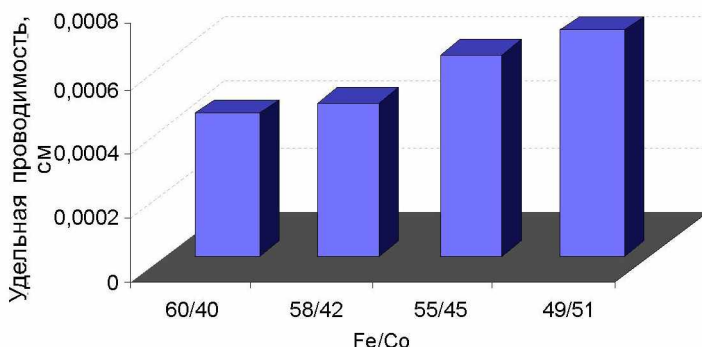


Рис. 6. Диаграмма зависимости изменения удельной проводимости от атомного соотношения металлов в нанотрубках

С увеличением  $Co$  содержания в нанотрубках удельная проводимость увеличивается.

**Закключение.** В данной работе рассмотрено получение  $Fe/Co$  нанотрубок методом темплатного синтеза. В качестве темплатов использовались трековые мембраны на основе ПЭТФ с плотностью пор  $1,0E+09$  и толщиной 12 мкм. Проведен расчет объемной скорости осаждения. Зная константу для каждой разности потенциалов, можно контролировать высоту роста наноструктур в шаблонной матрице. С увеличением скорости роста нанотрубок толщина стенок уменьшается по закону  $y = 0,0148x^{-0,2411}$ , что приво-



дит к изменению проводящей поверхности нанотрубок. ЭДА показал, что с увеличением разности потенциалов атомное соотношение металлов в полученных нанотрубках смещается в пользу кобальта. Изменение атомного соотношения металлов в наноструктурах напрямую влияет на проводящие свойства нанотрубок. Контролируя геометрию пор и элементный состав наноструктур, можно получать нанотрубки с заданными параметрами, которые в дальнейшем могут применяться в качестве базовых элементов нанозмиттеров.

### Список литературы

1 *Amandeep Kaur, Chauhan R.P.* J. Mater Sci: Mater Electron. – 2013. – Vol. 24. – P. 4302-4310.

2 *Gehlawat D., Chauhan R.P.* Materials Research Bulletin. – 2014. – Vol. 49. – P. 454-461.

3 *Duan J. et al.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2009. – Vol. 267. – P. 2567-2570.

4 *Nasirpouri F. et al.* Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2007. – Vol. 308. – P. 35-39.

5 *Azarian A. et al.* Thin Solid Films. – 2009. – Vol. 517. – P. 1736-1739.

6 *Baranova L.A. et al.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2010. – Vol. 268. – P. 1686-1688.

**Кадыржанов Кайрат Камалович**, профессор, доктор физико-математических наук; e-mail: kadyrzhanov1945@gmail.com

**Козловский Артем Леонидович**, магистр по специальности Ядерная физика  
e-mail: artem88sddt@mail.ru

**Алешова Назгуль Ерлановна**, бакалавр по специальности Ядерная физика  
e-mail: Aleshova.nazgul@maqil.ru

# БИОЛОГИЯ

---

МРНТИ 34.27.19

**А. С. Рсалиев, Н. Т. Амирханова, Ж. У. Пахратдинова,  
Г. Ш. Ыскакова**

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,

п. Гвардейский, Жамбылская область,  
Казахстан

## **МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА ГРИБА *RYRICULARIA ORYZAE* НА АГАРИЗОВАННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ\***

---

**Аннотация** В последние годы в рисосеющих регионах Казахстана стала распространяться самая опасная и вредоносная болезнь риса – пирикулярриоз. Патоген поражает все надземные органы растения, что приводит к потере урожая на 30-60 %, а в годы эпифитотий – на 80-100 %. Показаны результаты изучения морфолого-культуральных свойств возбудителя *Ryricularia oryzae*. Отмечено, что состав питательной среды оказывал влияние на морфотип колонии гриба, скорость роста и интенсивность спорообразования. Установлено, что оптимальной средой для культивирования пирикулярриоза риса является картофельно-декстрозный и овсяной агар. По морфолого-культуральным свойствам в казахстанской популяции *R.oryzae* преобладают колонии типа «А» и «Б».

**Ключевые слова:** рис, пирикулярриоз, морфотип, питательная среда, скорость роста, спороношение.



**Түйіндеме.** Соңғы уақыттары Қазақстанда пирикулярриоз күріш өсіретін аймақтарда кеңінен таралған, аса қауіпті және зиянды ауру болып табылады. Патоген өсімдіктің вегетативті мүшелерін толық зақымдайды, соның

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках программы грантового финансирования Республики Казахстан на 2013-2015 гг. (грант № 2495/ГФЗ).

салдарынан өнім шығыны 30-60 %, ал эпифитотия болған жылдары – 80-100 % дейін төмендейді. Мақалада *Pyricularia oryzae* қоздырғышының морфологиялық және культуралық қасиеттерін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Саңырауқұлақ колонияларының морфологиялық типіне, өсу жылдамдығына және споралану қарқынына қоректік ортаның әсер ететіні анықталған. Күріш пирикулярриозын өсіру үшін картопты-декстрозды және сұлы агарлары ең қолайлы қоректік орта болып саналады. Қазақстанның *P.oryzae* популяциясында морфологиялық және культуралық қасиеттері бойынша «А» және «Б» типті колониялар басымдылық танытады.

**Түйінді сөздер:** күріш, пирикулярриоз, морфотип, қоректік орта, өсу жылдамдығы, споралану.



**Abstract.** Last years, in rice sowing regions of Kazakhstan it is started to spread the most dangerous and harmful disease of rice – *pyriculariaoryzae*. The pathogen attacks all the overground plant organs, which leads to the loss of yield by 30-60 %, and in the years of epiphytotics – 80-100 %. This article shows the result of study of morphological and cultural properties of the pathogen *pyriculariaoryzae*. It is noted that the composition of the nutrient medium influenced the colony morphotype of fungus, growth rate and intensity of sporulation. It is found that the optimal medium for the cultivation of *pyriculariaoryzae* are potato dextrose and oatmeal agar. According to the morphological and cultural properties in the Kazakhstan population it is dominated the colony of «A» and «B» type.

**Key words:** rice, *pyriculariaoryzae*, morphotype, nutrient medium, growth rate, sporulation.

**Введение.** Пирикулярриоз – одно из наиболее вредоносных заболеваний риса. Возбудитель болезни – несовершенный гриб *Pyricularia oryzae* Br. et Cav. из порядка *Hyphomycetales* – образует бесцветную многоклеточную грибницу, располагающуюся по межклетникам тканей растений. Во время вегетации растений гриб распространяется конидиями, сохраняется в форме грибницы на стерне и соломе риса, а также на семенах. Вредоносность пирикулярриоза заключается в снижении всхожести семян, гибели всходов, выпадении отдельных растений во время вегетации, меньшем образовании зерна в колосках, а также в формировании недоразвитых или щуплых семян. Патоген поражает все надземные органы растения, что приводит к потере урожая на 30-60 %, а в годы эпифитотий – на 80-100 % [1, 2].

В Казахстане основной ареал распространения и вредоносности болезни находится в Кызылординской области. При этом пирикулярриоз риса впервые в условиях Кызылординской области был зафиксирован в 1950-е гг. [3]. Затем до середины 1990-х гг. это заболевание здесь не отмечалось. Эпифитотии болезни в Сырдарьинском, Жалагашском, Жанакорганском районах наблюдались в 1998 г. и были обусловлены благоприятными погодными условиями. По мнению фитопатолога М. Койшыбаева [4], возбудитель пирикулярриоза здесь присутствовал постоянно, но из-за отсутствия благоприятных погодных условий заболевание проявлялось в слабой степени и не замечалось. В 2005 г. рис был поражен в отдельных хозяйствах, где были нарушены технологии применения минеральных удобрений, в 2006 г. вновь зафиксирована вспышка этой болезни [5]. В 2012 г. очаги пирикулярриоза обнаружены на рисовых чеках в Кармакшинском, Сырдарьинском, Шиелийском районах, где потери зерна доходили до 25 % [6].

В 2013-2014 гг. авторами был проведен фитосанитарный мониторинг на производственных посевах в Казалинском, Кармакшинском, Жанакорганском, Сырдарьинском и Шиелийском районах Кызылординской области. В конце июля – начале августа повсеместно были отмечены очаги пирикулярриоза, заболевание выражено в листовой и метельчатой формах. На обследованных полях риса распространение пирикулярриоза колебалось в пределах 4,8-16,4 %, а развитие болезни – 6,9-13,8 % соответственно.

По данным рисоводов и ученых Казахского НИИ рисоводства им. Ы. Жакаева, в последнее время крупные хозяйства стали заблаговременно обрабатывать посевы риса фунгицидами, хотя это требует немалых финансовых средств, особенно при возделывании неустойчивых сортов к пирикулярриозу. Стоимость обработки 1 га посева обходится сельхозтоваропроизводителю в 4000-4500 тенге. По подсчетам, ежегодный урон, т. е. потери продукции рисоводства от пирикулярриоза составляют 3-4 ц/га, в целом по Кызылординской области это около 20 тыс. т, или же в денежном выражении более 1 млрд. тенге.

Именно поэтому требуется проведение экстренных мероприятий по исследованию данного патогена на территории Республики Казахстан. В целях создания инфекционных фондов, необходимых для интенсивной селекции растений на устойчивость к болезни, требуется большое количество инокулюма. Нарботка инокулюма в лабораторных условиях невозможна без знания морфолого-культуральных особенностей возбудителя, а также подбора оптимального субстрата для роста и спороношения гриба. В настоящее время для получения чистых культур пирикулярриоза риса, поддержания их жизнеспособности в целях дальнейшего изучения применяют различные агаризованные питательные среды. Однако их влияние на основные морфолого-культуральные свойства возбудителя *P. oryzae* до настоящего времени полностью не изучено. Кроме того, не определена эффективность различных агаризованных питательных сред для культивирования гриба. Как следствие, в республике коллекция изолятов возбудителя пирикулярриоза не собрана и отсутствует генофонд семян болезнеустойчивых сортов риса.

**Материалы и методы исследования.** В работе использованы отрезки листьев риса (сорт маржан, дата сбора 17.07.2014 г.), пораженных пирикулярриозом в условиях Кызылординской области. Первоначально выделение изолятов гриба проводили на картофельно-сахарозном агаре. Готовые питательные среды разливали по 20-30 мл в чашки Петри в стерильных условиях. Пораженный образец тщательно промывали сначала в проточной воде и стерилизовали этиловым спиртом в течение 3 мин., а затем многократно в стерильной воде и подсушивали стерильной фильтровальной бумагой [7].

С помощью микроскопа на пораженной ткани находили участок с конидиями и производили посев на питательную среду в чашку Петри. Пораженные листья (5×5 мм) переносили непосредственно на питательную среду, затем засеянные чашки Петри выдерживали 2 сут. в термостате при температуре 25 °С. После этого культуры переносили в ламинарный бокс с интенсивностью освещения не менее 10 лк, при этом температура на их поверхности составляла 18-24 °С [7].

Через 7-10 дней на поверхности агара появлялись небольшие белые или серые колонии гриба, которые со временем начинали темнеть. Полученные таким образом изоляты гриба пересевали на поверхность агаризованных питательных сред различного состава. Повторность опыта 3-кратная.

Оценку морфолого-культуральных признаков колоний грибов проводили по цвету и топографии воздушного и субстратного мицелия, спорулирующей активности на 15-й день роста колоний пирикулярриоза, а также по пигментации питательной среды и интенсивности строения гриба. Основные морфологические типы колоний *P. oryzae* представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Культурально-морфологическая характеристика колоний возбудителя *P. oryzae***

Тип колонии	Мицелий	
	воздушный	субстратный
А	Грязно-серый, приземистая колония, порошкообразная. На этом фоне отмечается в большем или меньшем количестве пучки более светлого мицелия культурального типа. Колонии от серого до темно-коричневого цвета	Желтовато-серая окраска всей площади колонии. Грязно-белый с желтовато-коричневым оттенком
Б	Серовато-оливковый цвет, с яркой оливковой каймой. Мицелий грубый, рыхлый	Грязно-беловатый с желтым оттенком
С	Грязно-сероватый плотный комковатый	Интенсивно черно-коричневый с розоватым оттенком
Р	От светло-серого до розового цвета, более или менее рыхлый, средней плотности	С коричневатой-черной каймой
Ш	Светло-серого цвета, средней плотности, серовато до желтого коричнево-черного цвета	Розовато-желтоватый, с коричнево-черной каймой
Е	Серый плотный розовато-беловатый, плотный	С коричневатой-темноватой каймой

Количество спор в суспензии (на 1 см<sup>2</sup> площади колонии) определяли с помощью камеры Горяева по формуле:

$$N = \frac{M \times 2500 \times V \times 100}{S},$$

где  $N$  – количество спор на 1 мм<sup>2</sup> площади колонии;

$M$  – число спор в 10 больших квадратах камеры Горяева;

$V$  – объем воды, мл;

$S$  – площадь колонии, мм<sup>2</sup>;

2500 – экспериментально вычисленный коэффициент для пересчета на 1 мл.

Отдельные морфологические признаки определены с помощью цифрового микроскопа (МС 300TS, Австрия). Анализ микроскопических изображений проведен по компьютерной программе Motic Images 2000-1.3. Статистическую обработку данных проводили с помощью пакетов программы GraphPad Prism 6 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA). Различия считали статистически достоверными при  $P < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Изначально на основе анализа литературных данных были подобраны разные питательные среды для культивирования возбудителя *P. oryzae*: картофельно-сахарозный агар (КСА), картофельно-глюкозный агар (КГА) [8], картофельно-декстрозный агар (КДА), овсяной агар (ОА) [9-11], рисовый агар (РА), мальтозно-экстрактный агар (МЭА) [12]. Состав питательных сред показан в табл. 2.

Таблица 2

**Состав питательных сред для культивирования возбудителя *P. oryzae***

Питательная среда	Состав среды	Режим стерилизации
1	2	3

КГА Картофельно-глюкозный агар – 40 г, нистатин – 200 мг, дистиллированная вода – 1000 мл

1 атм в течение 15 мин.

Окончание табл. 2

1	2	3
КСА	Картофель (отвар) – 200 г, сахароза – 20 г, агар – 20 г, нистатин – 200 мг, дистилли­рованная вода – 1000 мл	1 атм в течение 30 мин.
ҚДА	Картофельно-декстрозный агар – 40 г, нистатин – 200 мг, дистиллированная во­да – 1000 мл	1 атм в течение 15 мин.
ОА	Овсяные хлопья – 125 г, агар – 24 г, нистатин – 200 мг, дистиллированная вода – 1000 мл	1 атм в течение 30 мин.
РА	Рис – 15 г, агар – 20 г, нистатин – 200 мг, дистиллированная вода – 1000 мл	1 атм в течение 15 мин.
МЭА	Мальтоза – 12,75 г, декстрин – 2,75 г, пеп­тон – 0,78 г, глицерол – 2,35 г, агар – 15 г, нистатин – 200 мг, дистиллированная вода – 1000 мл	1 атм в течение 15 мин.

Результаты эксперимента показали, что гриб *P. oryzae* легко культивируется в условиях *in vitro*, но его морфолого-культу­ральные особенности зависят от состава питательной среды. При этом *P. oryzae* является диморфным организмом и в типич­ном случае, при посеве на питательную среду они начинают формировать дрожжеподобные колонии, состоящие из почкующихся клеток. Далее колонии становятся мицелиальными, там же формируются, и развиваются конидии гриба. При этом кони­диеносцы прямые, неразветвленные, тонкие, оливковые или дымчатые, в основании более темные, с 2-4 поперечными пере­городками, 80-180×4-6 мкм, конидии на вершине конидиеносца расположены одиночно или по нескольку на коротких ножках. Конидии (споры) грушевидные или яйцевидные, светло-оливко­вые, с 2-3 поперечными перегородками, обычно 19-25×8-10 мкм, иногда 40×18 мкм (рис. 1).



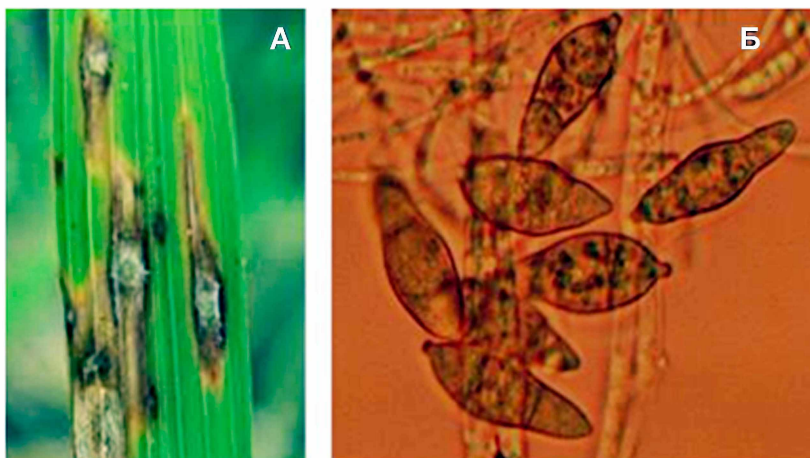


Рис. 1. Листовая форма пирикуляриоза риса (А) и конидий *P. oryzae* (Б), ув. 100 $\times$ 1,25

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что в составе казахстанской популяции *P. oryzae* в основном встречаются колонии типа «А» и «Б». Колонии типа «А» были отмечены при использовании КДА, КГА, ОА, а колонии типа «Б» – КСА, РА и МЭА соответственно. Состав питательной среды оказывал влияние на морфотип колонии гриба. При этом на КГА образовались колонии от серовато-черного до серого цвета с шерстистым и неровным мицелием, с желтоватым оттенком.

На КСА колонии обладали серовато оливковым цветом, с оливковой каймой, мицелий гриба более рыхлый, а субстрат – приобретали грязно-беловатый и желтоватый оттенок. На РА мицелий гриба развивался в слабой степени, с серовато-оливковым оттенком. На МЭА мицелий возбудителя слабо развитый, с серовато-оливковым цветом и грязно-беловатым с желтоватым оттенком. Вариабельность культуры *P. oryzae* по отмеченным признакам наглядно демонстрирует генетическую изменчивость в природных популяциях возбудителя пирикуляриоза.

О пригодности той или иной среды для роста гриба судят по скорости его роста на агаризованных средах. В связи с этим при

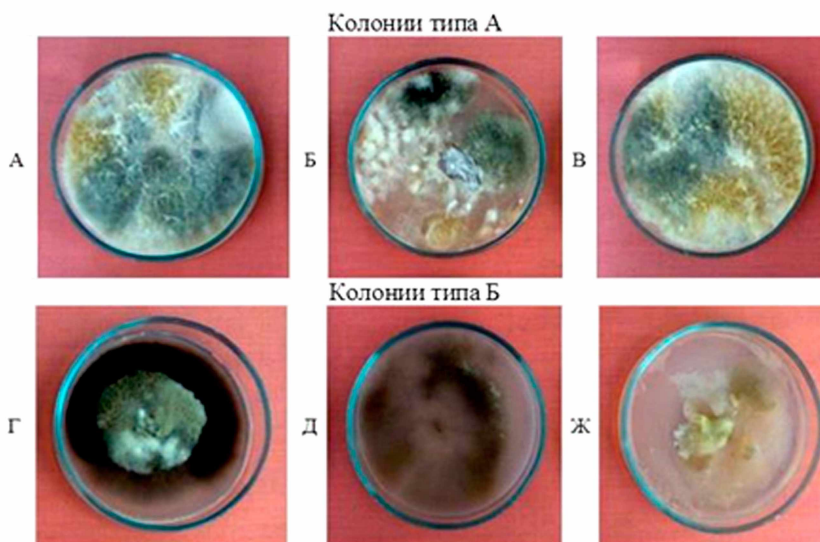


Рис. 2. Рост культуры *P. oryzae* в агаризованных питательных средах: А – КДА; Б – КГА; В – ОА; Г – КСА; Д – РА; Ж – МЭА

проведении исследований одной из задач было определение скорости роста колоний и спороношения гриба на разных агаризованных средах. Колонии возбудителя *P. oryzae* на ОА и КДА обладали высокой скоростью роста, и диаметр колоний через 15 сут. достигал до 86,0-86,7 мм, но при этом не имели между собой достоверной ( $P>0,05$ ) разницы. На КГА, КСА и РА диаметр колоний была в пределах 78,3-80,0 мм, а на МЭА – 50,1 мм и значительно отличался от остальных. Следует отметить, что на всех средах развитие и рост колоний гриба прекратились после 15 сут. культивирования, дальше произошло уменьшение конидиального спороношения гриба. Статистическая оценка значимости различий между отмеченными выборками показала, что состав питательной среды влияет на скорость роста колоний гриба ( $P<0,05$ ). В результате проведенных исследований установлено, что среди агаризованных питательных сред наиболее благоприятными для

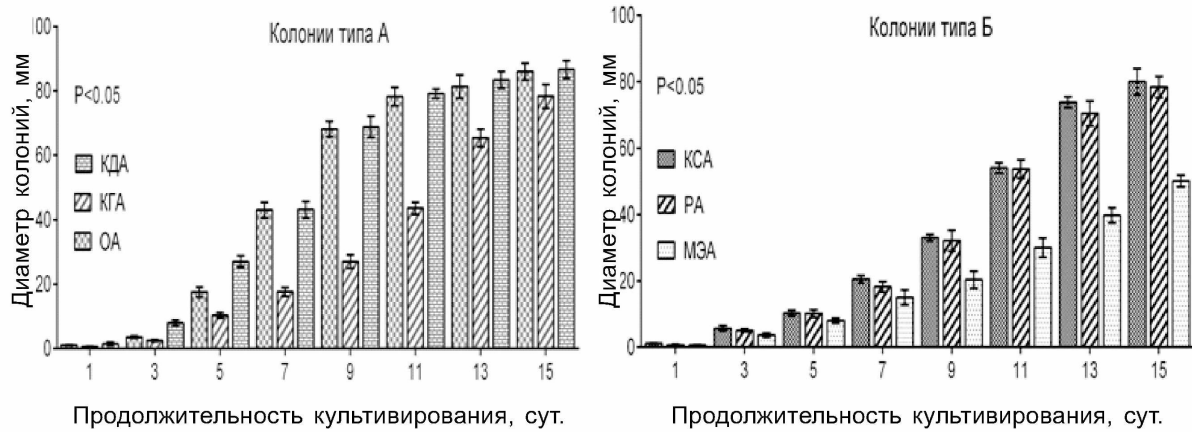


Рис. 3. Влияние состава питательной среды на рост гриба *P. oryzae*

роста колоний и спорующий изолятов пирикулярриоза риса яв­ляются картофельно-декстрозный и овсяной агар (рис. 3).

В задачи исследований также входило определение титра суспензии конидий патогена при культивировании на различных питательных средах. Титр спор определяли на 9-, 12- и 15-е сут­ки после посева. В результате, споруляция *P. oryzae* также раз­личалась в зависимости от питательной среды. Максимальная интенсивность образования спор была отмечена на ҚДА и ОА –  $3,0-3,5 \times 10^7$  спор/мл за 15 сут. На средах КГА и КСА титр кониди­альной суспензии гриба был в пределах  $1,6-2,7 \times 10^5$  спор/мл. При использовании РА и МЭА исследуемые параметры были низкие, точнее, данный показатель незначительно меньше, чем сред­ний уровень –  $2,5 \times 10^4$  и  $1,0 \times 10^3$  спор/мл соот­ветственно. Это объяс­няется тем, что состав питательной среды влия­ет не только на ско­рость роста, а также на спороношение колоний гриба *P. oryzae*. Результа­ты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Титр конидиальной суспензии гриба  
*P. oryzae* на различных питательных  
средах**

Пита­ тельная среда	Титр спор/мл		
	на 9-е сут.	на 12-е сут.	на 15-е сут.
ҚДА	$2,0 \times 10^5$	$3,0 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$
ОА	$2,0 \times 10^5$	$3,0 \times 10^6$	$3,0 \times 10^7$
КГА	$1,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$
КСА	$1,5 \times 10^3$	$2,5 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$
РА	$1,0 \times 10^2$	$2,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$
МЭА	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$

**Обсуждение ре­  
зультатов.** В начале  
эксперимента на основе  
анализа мировой лите­

ратуры были подобраны разные агаризованные питательные среды (ҚДА, КГА, ОА, КСА, РА, МЭА) для культивирования возбу­дителя *P. oryzae* [8-12]. Результаты опыта показали, что не все использованные среды являются оптимальными для выделения и изучения изолятов гриба. При этом статистическая обработка данных также подтверждает влияние состава питательной сре­ды на морфолого-культуральные особенности пирикулярриоза риса ( $P < 0,05$ ). На основе полученных результатов установлено, что среди агаризованных питательных сред наиболее благопри-

ятными для роста колоний и споруляций изолятов пирикулярриоза риса являются картофельно-декстрозный и овсяной агар.

Некоторые ученые для выделения изолятов пирикулярриоза риса в чистую культуру использовали агаризованные питательные среды (КДА, ОА, РА) с внесением различных эфирных масел и других добавок. В ходе эксперимента наблюдалось торможение роста мицелия в перцовом масле. Эфирное масло, живица и масло кориандра оказались менее эффективными для культивирования гриба [13]. Учитывая неэффективность вышеотмеченного подхода, нами не были использованы различные добавки в процессе подготовки агаризованных питательных сред. По мнению отдельных зарубежных ученых, для выделения изолятов пирикулярриоза риса в чистую культуру самой эффективной средой является КДА со стандартным составом [12], что согласуется с полученными нами результатами. В разных странах с использованием КДА и ОА были получены изоляты *P. oryzae*, которые между собой отличаются по морфологическим признакам и по уровню скорости роста [8-12].

По результатам проведенных исследований установлено, что в дальнейшем необходимо усилить научные работы по выделению изолятов с использованием питательной среды КДА и ОА, а также по изучению расового состава пирикулярриоза риса в Казахстане, так как возбудители болезни риса являются живыми организмами и под влиянием природных и антропогенных факторов происходят постоянные изменения их структуры. Исследование расового состава гриба имеет следующие практические аспекты: оценка эффективности генов устойчивости, изучение механизмов изменчивости популяций патогена и выявление ареалов и путей миграции спор с целью координации селекции на устойчивость в различных географических регионах. Новые расы патогена не только наносят громадный экономический ущерб, но и резко сокращают срок использования районированных сортов. Не зря во время «холодной войны» вирулентные расы и изоляты пирикулярриоза риса готовили в качестве биологического оружия, использование которого может привести к серьезному голоданию бедных стран, а также к другим потерям и проблемам.

**Выводы.** В процессе культивирования гриба *P. oryzae* на агаризованных питательных средах были подобраны недорогие, доступные и несложные в приготовлении среды, благоприятные для роста колоний и спорующих изолятов пирикулярноза риса. По морфолого-культуральным свойствам в казахстанской популяции возбудителя *P. oryzae* преобладают колонии типа «А» и «Б». Результаты исследований можно использовать при проведении фитопатологических и иммунологических исследований.

### Литература

- 1 *Teng P.S., Klein-Gebbinck H., Pinnschmidt H.* An analysis of the blast pathosystem to guide modeling and forecasting // Blast Modeling and Forecasting // IRRI, Manila, Philippines. 1991. – P. 1-30.
- 2 *Jena K.K., Moon H.P., Mackill D.J.* Marker assisted selection- a new paradigm in plant breeding // Korean J.Breed. – 2003. – Vol. 35. – P. 133-140.
- 3 *Казенас Л.Д.* Болезни сельскохозяйственных растений Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1974. – 366 с.
- 4 *Койшибаев М.* Болезни зерновых культур. – Алматы: Бастау, 2002. – 368 с.
- 5 *Абилдаева Ж.А.* Основные болезни риса в Приаралье и меры борьбы с ними / Кызылорд. Гос. ун-т им. Коркыт-Ата, 2006. [http://www.rusnauka.com/ESPR\\_2006/Agricole/5\\_abildaeva.doc.htm](http://www.rusnauka.com/ESPR_2006/Agricole/5_abildaeva.doc.htm)
- 6 *Жакибаева М.* Когда цветет рис // Кызылординские вести. [http://kv.ucoz.kz/news/kogda\\_cvetet\\_ris/2012-07-26-11093.26.07.2012.](http://kv.ucoz.kz/news/kogda_cvetet_ris/2012-07-26-11093.26.07.2012)
- 7 Методы экспериментального изучения микроскопических грибов // Сост. В.Д.Поликсенова, А.К.Храмцов, С.Г.Пискун. – Минск, 2004. – 36 с.
- 8 *Deepti S., Shamim Md., Deepak K., Pramila P., Khan N.A., Singh K.N.* Morphological and molecular characterization of Pyricularia oryzae causing blast disease in rice (*Oryza sativa*) from North India // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2014. – Vol. 4. – P. 1-9.

9 *Suada K., Suhartini D.M., Sunariasih N.P.L., Wirawan G.P. Chun K.W., Cha J.Y., Ohga S.* Ability of Endophytic Fungi Isolated from Rice to Inhibit *Pyricularia oryzae*-Induced Rice Blast in Indonesia // *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* – 2011. – Vol. 57. – P. 51-53.

10 *Shyamala L., Sivakumaar R.K.* Research article *Pseudomonas fluorescens* mediate disease resistance in rice against rice blast caused by *Pyricularia oryzae* // *International Journal of Recent Scientific Research.* – 2012. – Vol. 3. – P. 853-857.

11 *Ebrahimi Zarandi M., Shahidi Bonjar G.H., Padasht Dehkaei F.* In vitro antagonistic antifungal-activity of *Streptomyces* isolate 339 against *Magnaporthe oryzae* // *American Journal of Agricultural and Biological Sciences.* – 2013. – Vol. 8. – P. 212-216.

12 *Vanaraj P., Kandasamy S., Ambalavanan S., Ramalingam R., Sabariyappan R.* Variability in *Pyricularia oryzae* from different rice growing regions of Tamil Nadu, India // *African Journal of Microbiology Research.* – 2013. – Vol. 7. – P. 3379-3388.

13 *Mithrasena Y.J.P.K., Wijesundera R.L.C., Wimalasiri D.C., Priyanthi R.P.N.* Pathogenic and Genetic Diversity of *Magnaporthe oryzae* Populations from Sri Lanka // *Rice Science.* – 2012. – Vol. 19. – No. 3. – P. 241-246.

**Рсалиев Аралбек Сырашович**, кандидат сельскохозяйственных наук  
тел. +7 701 606 18 25; e-mail: aralbek@mail.ru

**Амирханова Нургул Темиржановна**, кандидат биологических наук  
тел. +7 775 704 30 50; e-mail: n.amirkhanova@mail.ru

**Пахратдинова Жазира Усеновна**, магистр естественных наук  
тел. +7 775 378 18 55; e-mail: Zhazyra\_555@mail.ru

**Ыскакова Гулбахар Шахзидаызы**, магистр естественных наук  
тел. +7 702 863 07 21

**А. Х. Хасенова<sup>1</sup>, Ш. Дауренбекова<sup>2</sup>, Т. Ш. Заитова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт микробиологии и вирусологии,  
г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Жетысуский государственный университет  
им. И. Жансугурова,  
г. Талдыкорган, Казахстан

## **ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ БИОСИНТЕЗА НОВЫХ ПРИРОДНЫХ АНТИБИОТИКОВ**

---

**Аннотация.** Подбор и оптимизация питательных сред являются важнейшими задачами при культивировании актиномицетов-продуцентов антибиотиков. В процессе поиска новых антибиотиков из почвенных образцов Иле-Балхашского региона отобрано 15 штаммов актиномицетов, показавших высокие антагонистические свойства как в отношении грамположительных, так и грамотрицательных бактерий. Для подбора оптимальных условий биосинтеза новых природных антибиотиков использовали 2 синтетические и 4 органические среды. Антимикробную активность культуральной жидкости и ацетоновых экстрактов из мицелия в отношении тест-микроорганизмов определяли методом диффузии в агар и методом двукратных серийных разведений на питательном бульоне. Среда с соевой мукой А<sub>4</sub> оказалась оптимальной для биосинтеза большинства антибиотиков; органическая среда Ваксмана – для антибиотиков АК9/4, АК7/4, АК11/6. Среда Чапека оптимальна для биосинтеза антибиотиков АТв2/7 и АК11/3; синтетическая среда Красильникова – для биосинтеза антибиотиков АК7/4 и АТв2/7. Для биосинтеза антибиотика АТ3/4 подошли все использованные среды.

**Ключевые слова:** актиномицеты, антибиотики, антагонистические свойства, биосинтез



**Түйіндеме.** Актиномицеттер антибиотик өндірушілердің өсіруі негізгі проблемасы болып табылады, сондықтан қоректы ортаны іріктеу және оңтай-



ландыру ең маңызды мәселе. Жаңа антибиотиктер іздеу кезінде Іле-Балқаш аймағындағы топырақ үлгілерінен бөлініп алынған актиномицеттердин арасынан 15 штам таңдап алынды. Олар грам оң және грам теріс бактерияларға қарсы жоғары антагонистік қасиеттерін көрсетті. Жаңа табиғи антибиотиктер биосинтезі оңтайлы жағдай таңдау үшін 2 синтетикалық және 4 органикалық орта пайдаланылды. Культуралды сұйықтық және мицелийдың ацетон сығындысының тест-микроорганизмдерге қарсы белсенділігі агар блоктар әдісі мен және қоректік сорпа екі еселік жүйелі сұйылтуы арқылы зерттелінді. Соя ұны бар орта көбісі антибиотиктердың биосинтезіне ал Ваксман органикалық ортасы АК9/4, АК7/4, АК11/6 антибиотиктерге лайықты болды. Чапек қоректі орта АТв2/7 и АК11/3 антибиотиктерге, ал Красильниковтың синтетикалық ортасы АК7/4 и АТв2/7 антибиотиктерге оңтайлы болды. АТ3/4 антибиотикке зерттелген орталардың бәрі лайық болды.

**Түйінді сөздер:** актиномицеттер, антибиотиктер, антагонистік қасиеттері, биосинтезі.



**Abstract.** The selection and optimization of nutrient mediums is one of the major problems in the cultivation of actinomycetes-producers of antibiotics. In the process of searching for new antibiotics from soil samples of the Ile-Balkhash region, it was selected 15 strains of actinomycetes showing high antagonistic properties regarding gram-positive and gram-negative bacteria. It was used 2 synthetic and 4 organic mediums for the selection of the optimal conditions of biosynthesis of new natural antibiotics. The antimicrobial activity of culture liquid and the acetone extract from mycelium, regarding the test microorganisms was determined by the agar diffusion method and a two-fold serial dilutions on the nutrient broth. A medium with soy flour ( $A_4$ ) was optimal for the majority of the biosynthesis of antibiotics; organic medium of Waxman for antibiotics АК9/4 АК7/4, АК11/6. Medium of Чапек is optimal for the biosynthesis of antibiotics АТв2/iАК11/4 and АТв2/7. All the used mediums were suited for biosynthesis of the antibiotic АТ3/4.

**Key words:** actinomycetes, antibiotics, antagonistic properties, mediums, biosynthesis.

**Введение.** В настоящее время в медицине все актуальнее становится проблема антибиотикорезистентности возбудителей [1, 2]. Наиболее оптимальным решением этой проблемы является изыскание новых биологически активных веществ среди вторичных метаболитов микробного происхождения. Способность

актиномицетов продуцировать вторичные метаболиты с различными полезными свойствами широко используется в фармакологической промышленности [3, 4]. Большая часть используемых в медицине антибиотиков выделена из культур актиномицетов. Литературные данные о получении из культур актиномицетов новых антибиотических веществ свидетельствуют о том, что их способность к биосинтезу антибиотиков далеко не исчерпана [5-7].

На проявление антибиотических свойств актиномицетов большое влияние оказывают условия культивирования и прежде всего состав питательных сред.

Среды с кукурузным, дрожжевым и мясным экстрактами, соевой мукой и пептоном, в состав которых входят сульфат аммония, карбонат кальция, фосфаты, глюкоза, сахароза, лактоза и другие углеводы, успешно применяются в промышленности и обеспечивают хорошее развитие микроорганизмов с высоким выходом антибиотиков. Многие организмы способны развиваться на относительно простых по составу синтетических средах, обеспечивающих нормальный рост микроорганизма и достаточный уровень биосинтеза антибиотика [8-9].

**Цель данного исследования** – изучение условий биосинтеза новых природных антибиотиков на синтетических и органических питательных средах и подбор оптимальной среды для получения высокоактивных антибиотиков.

**Материалы и методы.** Для подбора оптимальных условий биосинтеза новых природных антибиотиков использовали 2 синтетические и 4 органические среды.

Синтетические среды, г/л:

1 – синтетическая среда Красильникова: глюкоза – 20,0;  $MgSO_4 \times 7H_2O$  – 0,5;  $K_2HPO_4$  – 1,0; NaCl – 0,5;  $KNO_3$  – 1,0;  $CaCO_3$  – 3,0; pH 7,0;

2 – синтетическая среда Ваксмана: глицерин – 30,0;  $K_2HPO_4$  – 1,0;  $MgSO_4 \times 7H_2O$  – 0,5; KCl – 0,5;  $FeSO_4 \times 7H_2O$  – 0,01;  $NaNO_3$  – 2,0; pH 7,2-7,4.

Органические среды, г/л:

1 – органическая среда Ваксмана: глюкоза – 10,0; пептон – 5,0; мясной экстракт – 5,0; NaCl – 5,0; pH 7,2-7,4.

2 – 1 % кукурузная среда: кукурузный экстракт – 10,0;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 3,5; NaCl – 5,0;  $\text{CaCO}_3$  – 5,0; pH 7,4-7,6.

3 – среда А<sub>4</sub>: соевая мука – 10,0; глюкоза – 10,0; NaCl – 5,0;  $\text{CaCO}_3$  – 1,0; pH 7,2-7,4.

4 – среда Чапека с дрожжевым экстрактом и сахарозой: дрожжевой экстракт – 4,0; сахароза – 15,0;  $\text{NaNO}_3$  – 2,0;  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$  – 0,01;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 0,5; пептон – 10,0;  $\text{CaCO}_3$  – 2,0; pH 7,3.

Для накопления антибиотика культуры актиномицетов выращивали на ротационных качалках со скоростью вращения 220 об./мин., в колбах Эрленмейера вместимостью 750 мл в объеме среды 100 мл, при температуре 28 °С в течение 96 ч. Для определения антибиотической активности стерильно отбирали 5 мл культуральной жидкости. Мицелий отделяли центрифугированием при 3000 об./мин. в течение 20 мин., взвешивали и экстрагировали антибиотик ацетоном в соотношении 1:3. Антимикробную активность культуральной жидкости и ацетоновых экстрактов в отношении тест-микроорганизмов – *S. aureus* ИМВ 3316 и *E. coli*. определяли стандартными методами: диффузии в агар и двукратных серийных разведений на питательном бульоне [10].

**Результаты и их обсуждение.** В процессе скрининга штаммов актиномицетов из почвенных образцов Иле-Балхашского региона было выделено в чистую культуру 80 штаммов актиномицетов. Для дальнейшего изучения отобраны следующие штаммы актиномицетов К7/4, Б6/2, К9/4, Тв2/2, К11/6, К9/5, КЗР5, Т6/1, БЗР1, К7/1, К11-3, Тв2/7, Тв7-4, Т6/11, Т3/4, показавшие высокие антагонистические свойства в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий.

В условиях глубинной ферментации продуцента антибиотик может накапливаться как в культуральной жидкости, так и в мицелии, поэтому изучали антибактериальную активность культуральной жидкости и экстрактов из биомассы в отношении тест-микроорганизмов – *S. aureus* ИМВ 3316 и *E. coli*. Полученные данные по биосинтезу природных антибиотиков в культуральной жидкости на разных средах приведены в таблице.

**Антибактериальная активность культуральной жидкости  
и экстрактов из биомассы в отношении тест- микроорганизмов  
– *S. aureus* ИМВ 3316 и *E.coli***

Номер антиби- отика	Среда для фермен- тации антибио- тиков	Диаметр зоны подавления роста, мм				Антибактериальная активность, ед.разведе- ния/мл			
		<i>S. aureus</i> 3316		<i>E.coli</i>		<i>S. aureus</i>		<i>E.coli</i>	
		культу- раль- ная жид- кость	био- масса	культу- раль- ная жид- кость	био- масса	культу- раль- ная жид- кость	био- мас- са	культу- раль- ная жид- кость	био- мас- са
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А К9/4	1 среда	23±0,1	0	13±0,1	0	1000	0	40	0
	2 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 среда	15±0,1	0	10	0	200	0	10	0
	4 среда	27±0,1	0	13±0,1	0	1000	0	40	0
	5 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
А К7/4	1 среда	17±0,1	30±0,1	13±0,1	22±0,1	400	2000	40	800
	2 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 среда	0	0	0	0	25±0,1	0	1000	0
	4 среда	25±0,1	29±0,1	13±0,1	20±0,1	1000	2000	40	800
	5 среда	22±0,1	28±0,1	15±0,1	21±0,1	1000	2000	200	800
	6 среда	20±0,1	25±0,1	10±0,1	20±0,1	800	1000	10	800
АК 11/6	1 среда	39±0,1	35±0,1	15±0,1	30±0,1	8000	2000	200	1000
	2 среда	20±0,1	28±0,1	14±0,1	20±0,1	800	1200	100	1000
	3 среда	10±0,1	20±0,1	0	20±0,1	10	800	0	80
	4 среда	25±0,1	25±0,1	13±0,1	21±0,1	1000	1200	40	40
	5 среда	20±0,1	20±0,1	14±0,1	14±0,1	800	800	100	100
	6 среда	18±0,1	18±0,1	0	15±0,1	400	400	0	0
АБ 6/2	1 среда	38±0,1	30±0,1	27±0,1	22±0,1	8000	2000	1200	1000
	2 среда	14±0,1	18±0,1	10±0,1	10±0,1	200	400	10	10
	3 среда	18±0,1	18±0,1	12±0,1	12±0,1	400	400	20	20
	4 среда	12±0,1	22±0,1	13±0,1	13±0,1	20	1000	40	40
	5 среда	0	15±0,1	0	0	0	40	0	0
	6 среда	0	12±0,1	0	0	0	20	0	0
АТ6/1	1 среда	12±0,1	39±0,1	0	30±0,1	20	8000	0	2000
	2 среда	10±0,1	25±0,1	12±0,1	20±0,1	10	1000	100	800

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3 среда	12±0,1	23±0,1	0	20±0,1	20	1000	0	800
	4 среда	0	25±0,1	0	21±0,1	0	1000	0	800
	5 среда	0	20±0,1	0	14±0,1	0	800	0	100
	6 среда	0	20±0,1	0	15±0,1	0	800	0	200
A Тв2/2	1 среда	37±0,1	29±0,1	23±0,1	23±0,1	4000	4000	1000	1000
	2 среда	0	22±0,1	0	0	0	0	0	0
	3 среда	15±0,1	0	10	10	200	400	10	10
	4 среда	0	18±0,1	0	0	0	0	0	0
	5 среда	15±0,1	0	10±0,1	10±0,1	200	200	10	10
	6 среда	15±0,1	0	10±0,1	10±0,1	200	200	10	10
A БЗР1	1 среда	25±0,1	30±0,1	15±0,1	15±0,1	1000	2000	200	200
	2 среда	18±0,1	22±0,1	14±0,1	14±0,1	400	1000	200	200
	3 среда	0	0	0	0	0	200	0	0
	4 среда	12±0,1	18±0,1	0	0	20	400	0	0
	5 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
AK7/1	1 среда	22±0,1	32±0,1	13±0,1	23±0,1	1000	2000	40	1000
	2 среда	24±0,1	33±0,1	14±0,1	24±0,1	1000	2000	100	1000
	3 среда	20±0,1	29±0,1	10±0,1	20±0,1	800	2000	10	800
	4 среда	12±0,1	18±0,1	10±0,1	15±0,1	20	400	10	200
	5 среда	14±0,1	20±0,1	12±0,1	12±0,1	200	800	20	20
	6 среда	12±0,1	16±0,1	10±0,1	12±0,1	20	400	10	20
A K 11-3	1 среда	22±0,1	25±0,1	18±0,1	20±0,1	1000	1000	400	800
	2 среда	24±0,1	24±0,1	18±0,1	18±0,1	1000	1000	400	400
	3 среда	25±0,1	23±0,1	20±0,1	20±0,1	1000	1000	800	800
	4 среда	12±0,1	14±0,1	10±0,1	10±0,1	20	100	10	10
	5 среда	0	0	27±0,1	25±0,1	0	0	1200	1000
	6 среда	0	0	20±0,1	21±0,1	0	0	800	1000
A KЗР5	1 среда	26±0,1	25±0,1	20±0,1	22±0,1	1000	1000	800	1000
	2 среда	18±0,1	20±0,1	15±0,1	15±0,1	400	800	200	200
	3 среда	15±0,1	15±0,1	12±0,1	14±0,1	200	200	10	80
	4 среда	12±0,1	15±0,1	10±0,1	12±0,1	20	200	10	20
	5 среда	10±0,1	13±0,1	0	0	10	20	0	0
	6 среда	10±0,1	10±0,1	0	0	10	10	0	0
AK 9-5	1 среда	15±0,1	30±0,1	21±0,1	29±0,1	200	2000	800	1200
	2 среда	13±0,1	25±0,1	14±0,1	28±0,1	100	1000	200	2000
	3 среда	12±0,1	22±0,1	11±0,1	21±0,1	20	800	10	800
	4 среда	15±0,1	25±0,1	0	0	200	1000	0	

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5 среда	0	0	0	0	0	0	0	
	6 среда	0	0	0	0	0	0	0	
АТв2/7	1 среда	20±0,1	32±0,1	13±0,1	23±0,1	800	2000	40	1000
	2 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 среда	25±0,1	35±0,1	15±0,1	25±0,1	1000	4000	200	1000
	4 среда	15±0,1	28±0,1	10±0,1	21±0,1	200	2000	10	800
	5 среда	28±0,1	37±0,1	20±0,1	23±0,1	2000	4000	1000	1000
	6 среда	27±0,1	30±0,1	20±0,1	25±0,1	2000	2000	1000	1000
АТв7/4	1 среда	23±0,1	38±0,1	20±0,1	27±0,1	1000	4000	800	2000
	2 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 среда	20±0,1	35±0,1	15±0,1	25±0,1	800	4000	200	1000
	4 среда	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 среда	14±0,1	24±0,1	10±0,1	18±0,1	200	1000	10	400
	6 среда	15±0,1	26±0,1	12±0,1	20±0,1	200	1000	20	800
АТ 6/11	1 среда	27±0,1	39±0,1	23±0,1	29±0,1	1200	8000	1000	2000
	2 среда	20±0,1	35±0,1	20±0,1	27±0,1	800	4000	800	1200
	3 среда	10±0,1	23±0,1	0	0	10	1000	0	0
	4 среда	12±0,1	27±0,1	0	0	20	2000	0	0
	5 среда	15±0,1	30±0,1	11±0,1	18±0,1	200	2000	10	400
	6 среда	13±0,1	23±0,1	0	0	20	1000	0	0
АТ 3/4	1 среда	39±0,1	0	30±0,1	0	8000	0	2000	0
	2 среда	25±0,1	0	20±0,1	0	1000	0	800	0
	3 среда	23±0,1	0	20±0,1	0	1000	0	800	0
	4 среда	25±0,1	0	21±0,1	0	1000	0	800	0
	5 среда	20±0,1	0	14±0,1	0	800	0	100	0
	6 среда	20±0,1	0	15±0,1	0	800	0	200	0

**Примечание:** 1 – среда с соевой мукой;  
 2 – с кукурузным экстрактом,  
 3 – среда Чапека,  
 4 – органическая среда Ваксмана,  
 5 – синтетическая среда Красильникова,  
 6 – синтетическая среда Ваксмана.

Установлено, что наиболее оптимальной для биосинтеза антибиотиков АБ6/2, А Тв2/2, АБЗР1, АКЗР5, АК9/5, АТв7/4, АТ6/11, АТ3/4 в культуральной жидкости является среда с соевой мукой

(A<sub>4</sub>); для биосинтеза антибиотиков АК9/4, АК7/4, АК11/6 – органическая среда Ваксмана; для биосинтеза антибиотика АК11-3 – среда Чапека; для биосинтеза антибиотика АТв2/7 – синтетическая среда Красильникова; для биосинтеза антибиотика АК7/1 – среда с кукурузным экстрактом; для биосинтеза антибиотика – АТ6/1 органическая среда Ваксмана и среда с кукурузным экстрактом. Для биосинтеза антибиотиков АК11/6, АК7/1, АКЗР5, АТ6/11, АТ3/4 подходят все использованные среды.

Активность культуральной жидкости изученных штаммов актиномицетов изменялась на жидких средах в пределах от 10 до 8000 ед.разведения/мл (тест-микроорганизмы *S. aureus* 3316 и *E. coli*). Наиболее высокая активность культуральной жидкости в отношении *S. aureus* 3316 наблюдалась при ферментации антибиотиков АТ3/4, АБ6/2 (8000 ед. разведения/мл) и АТв2/2 (4000 ед. разведения/мл) на среде А4.; АТв2/7 – на синтетической среде Красильникова. В отношении *E. coli* наиболее высокую активность в культуральной жидкости проявил антибиотик АТ3/4 (2000 ед. разведения/мл) на среде А4.; на синтетической среде Красильникова высокая активность отмечена у антибиотиков АК11/3 (1200 ед. разведения/мл) и АТв2/7 (1000 ед. разведения/мл).

Для антибиотиков АК9/4 и АТ3/4 накопление активного вещества происходит только в культуральной жидкости. Антибиотики АТв2/2, АК11/6, АБ6/2, АК7/4, АК11/3, АКЗР5 накапливаются как в культуральной жидкости, так и в биомассе. Антибиотики АБЗР1, АК 9-5, АТв7/4, АТ 6/11, АТв2/7, АК7/1, АТ6/1 преимущественно накапливаются в биомассе и имеют активность от 1000 до 8000 ед. разведения/мл. Наиболее высокий уровень накопления в биомассе (8000 ед. разведения/мл экстракта, тест-микроорганизм *S. aureus* ИМВ 3316 установлен для антибиотиков: АТ6/1, АТ6/11 (соевая среда). Антибактериальная активность 4000 ед. разведения/мл экстракта в отношении тест-микроорганизма *S. aureus* 3316 отмечена у антибиотика АТв2/7 на среде Чапека и на синтетической среде Красильникова, у антибиотика АТв7/4 на среде Чапека и на соевой среде. Активность экстрак-

тов из биомассы в отношении *E. coli* была высокой (2000 ед. - разведения/мл) у антибиотиков АТ6/1, АТ6/11, АТв7/4 (соевая среда) и АК 9-5 на среде Чапека.

Таким образом, для биосинтеза 15 антибиотиков подобраны оптимальные среды, обеспечивающие их максимальное накопление. Среда с соевой мукой ( $A_2$ ) является оптимальной для биосинтеза антибиотиков: АБ6/2, АТв2/2, АКЗР5, АБЗР1, АТв7/4, АТ 6/11; органическая среда Ваксмана – для антибиотиков АК9/4, АК7/4, АК11/6. Среда Чапека оптимальна для биосинтеза антибиотиков АТв2/7 и АК11/3; синтетическая среда Красильникова – для биосинтеза антибиотиков АК7/4 и АТв2/7. Для биосинтеза антибиотика АТ3/4 подходят все среды.

### Список литературы

1 Сидоренко С.В. Перекрестная и ассоциированная антибиотикорезистентность грамотрицательных бактерий семейства Enterobacteriaceae, устойчивых к цефалоспори­нам III поколения // Антибиотики и химиотерапия. – 2008. – Т. 53, № 1-2. – С. 10-18.

2 Глумчер Ф.С., Дубров С.А., Кучин Ю.Л. Полирезистентные инфекции: актуальность, определение, механизмы, наиболее распространенные патогены, лечение, профилактика // Наука и практика. – 2014. – № 1(2). – С. 129-149.

3 Sunazuka T., Hirose T., Omura S. Efficient total synthesis of novel bioactive microbial metabolites // Acc. Chem. Res. – 2008. – Vol. 41, № 2. – P. 302-314.

4 Singh S.B., Young K. New antibiotic structures from fermentations // Expert Opin. Ther. Pat. – 2010. – Vol. 20, № 10. – P. 1359-1371.

5 Molinari G. Natural products in drug discovery: present status and perspectives // Adv. Exp. Med. Biol. – 2009. – Vol. 655, № 7. – P. 13-27.

6 Möller C., Slack M. Impact of new technologies for cellular screening along the drug value chain // Drug Discov. Today. – 2010. – Vol. 1, 5, № 9-10. – P. 384-390.



7 Clardy J, Fischbach M.A, Walsh C.T. New antibiotics from bacterial natural products // Nat. Biotechnol. – 2006. – Vol. 24, № 12. – P. 1541-1550.

8 Поляк М.С., Сухаревич В.И., Сухаревич М.Э. Питательные среды для медицинской микробиологии. – СПб., 2002. – 80 с.

9 Меджидов М.М. Справочник по микробиологическим питательным средам. – М.: Медицина, 2003. – 208 с.

10 Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. – М.: Наука, 2004. – 528 с.

**А. Х. Хасенова**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: k.anara@mail.ru

**Ш. Ж. Дауренбекова<sup>2</sup>**, кандидат биологических наук, доцент кафедры e-mail: <shdaurenbekova@mail.ru>

**Т. Ш. Заитова**, младший научный сотрудник

# ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

---

МРНТИ 65.55.35

**К. К. Кудасов, С. В. Берстенёв, Д. В. Волков,  
К. Ж. Жамбакин**

Институт биологии и биотехнологии растений,  
г. Алматы, Казахстан

## ЛИМОННАЯ КИСЛОТА. ОБЗОР

---

**Аннотация.** Выполнен краткий обзор последних событий по производству лимонной кислоты. Дано описание микроорганизмов, важнейших методов производства, субстратов. Лимонная кислота (ЛК, citric acid, E330) – один из наиболее важных, коммерчески ценных продуктов современной биотехнологии. ЛК производится с помощью ферментации крахмала или сахарозы на основе питательной среды (мелассы) с использованием мицелиальных грибов *Aspergillus niger*. Необходимо развитие лучших методов и решений для повышения эффективности производства и извлечения продукта. Для производства ЛК используются доступные и недорогие побочные продукты агропромышленности. Важнейшие требования к сырью – экологическая чистота и технологичность способа его переработки. Для получения ЛК многие страны ведут исследования и внедряют в производство технологии с использованием местных отходов сельского хозяйства. Казахстан обладает большими возможностями по созданию, развитию производства и экспорту ЛК на базе зернового сырья.

**Ключевые слова:** лимонная кислота, *Aspergillus niger*, ферментация, брожение, субстрат.



**Түйіндеме.** Мақала лимон қышқылының өндірісі, микроорганизмдердің сипаттамасы, өндірістің маңызды әдістері және субстраттары бойынша соңғы жаңалықтардың қысқаша шолуын ұсынады. Лимон қышқылы (citric acid, ЛК, E330) – қазіргі заманғы биотехнологияның коммерциялық бағалы ең маңызды өнімдерінің бірі. Лимон қышқылы *Aspergillus niger* жіпшумақты саңырауқұлағын пайдалануда қоректік орта (меласса) негізіндегі крахмал немесе сахароза ферментациясы көмегімен өндіріледі. Өнімді өндіру және бөліп алу тиімділігін арттыру үшін сапалы әдістер мен шешімдерді дамыту қажет. ЛК өндіруде агроөндірістің қолжетімді және қым-

бат емес жанама өнімдері пайдаланылады. Шикізатқа қойылатын маңызды талап – экологиялық таза және оны қайта өңдеудегі технологиялық. ЛҚ өндіру үшін көптеген елдер зерттеулер жүргізуде және жергілікті ауыл шаруашылық қалдықтарын пайдалану арқылы технологияларды өнеркәсіпке енгізуде. Дәндер шикізаты негізінде ЛҚ өндірісін жасау, дамыту және экспорттау бойынша Қазақстан көптеген мүмкіншіліктерге ие.

**Түйінді сөздер:** лимон қышқылы, *Aspergillus niger*, ферменттеу, ашыту субстрат.



**Abstract.** The article presents an overview of recent developments for the production of citric acid, a description of the microorganisms, the most important methods of production substrates. Citric acid (CA, E330) is one of the most important commercially valuable products of modern biotechnology. Most of the citric acid is produced using submerged fermentation of starch or sucrose based culture medium (molasses) using filamentous fungi *Aspergillus niger*. Growth of the market requires the development of best practices and solutions to improve production efficiency and product recovery. For the production of citric acid used available and inexpensive agro-products. The most important requirements for raw materials – environmental friendliness and adaptability of the method of processing. Therefore, to obtain the citric acid in many countries under investigation and applied in production technology using local agricultural waste. Kazakhstan has great potential for the creation, development of production and export of citric acid on the basis of grain.

**Key words:** citric acid, *Aspergillus niger*, fermentation, fermentation, substrate.

**Введение.** Лимонная кислота (ЛК, citric acid, E330) – кристаллическое вещество белого цвета, натуральный или синтетический антиоксидант. Химическая формула  $C_6H_8O_7$ . Соли и эфиры ЛК называются цитратами. При нагревании выше  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$  разлагается на углекислый газ и воду. ЛК – важный продукт обмена веществ в живых организмах, участвует в цикле трикарбоновых кислот и глиоксилатном цикле. Растения способны накапливать ЛК в пределах до 14 % [1]. В последние годы на рынке органических кислот объем потребления ЛК растет высокими темпами. На сегодняшний день, по оценке экспертов, мировой рынок ЛК это один из самых емких и быстрорастущих рынков в индустрии пищевых добавок [2] ([www.bfi-online.ru/ana2011/index.html?msg=2232](http://www.bfi-online.ru/ana2011/index.html?msg=2232)). Мировое производство ЛК увеличилось с >1,5 млн. т в 2009 г. [3] до >1,8 млн. т в 2014 г. [4]. Рост производства ЛК с помощью ферментации в связи с большим спросом прогнозируется на 5 % в год [5, 6]. Переработка побочных продуктов, отходов сельского

хозяйства в ценные химические вещества и материалы – актуальная проблема для Казахстана. Запуск производства ЛК – одна из целей программы Казахстана «Агробизнес – 2020» на создание и развитие производства по глубокой переработке зерна, программы FAO по сохранению и переработке пищевых продуктов. Полученная ЛК найдет широкое применение в местной промышленности, заменив импорт, обеспечив социальные и экономические выгоды.

**Историческая справка.** Впервые ЛК была выделена в 1784 г. из сока незрелых лимонов шведским аптекарем Карлом Шееле и до середины 20-х гг. XX в. вырабатывалась из цитрусовых в основном в Италии. Химический синтез ЛК впервые был проведен в 1880 г. С тех пор проводилось много различных исследований по синтезу ЛК, однако ни один из них не был коммерчески выгодным [7]. Работы Вемера [8] и Кэрри [9], многих других исследователей вызвали большой интерес к изучению грибов, которые выделяют органические кислоты [10]. В связи с этим в различных странах развернулись широкие исследования. Производственный процесс, открытый Кэрри в 1916 г., показал способность *A. niger* аккумулировать значительные количества ЛК в основном в сахарной среде [11]. Кроме того, высокие концентрации сахара положительно влияют на производство кислоты и увеличивает ее выход.

В России, а затем и в Советском Союзе работы по изучению физиологии и биохимии грибов и продукции ими органических кислот проводились в лабораториях В. С. Буткевича [12-16] г. Москва и С. П. Костычева [17, 18] (г. Ленинград). Буткевичем было сделано принципиально важное открытие. Он показал, что, меняя условия культивирования грибов, можно изменить их биохимическую активность и получить разные продукты. Так, при культивировании *A. niger* в присутствии  $\text{CaCO}_3$  при рН среды, близком к 7,0, происходило преимущественное накопление глюконовой и щавелевой кислот, а в условиях высокой кислотности среды без  $\text{CaCO}_3$  образуется практически одна ЛК. Этот факт, впоследствии подтвержденный С. П. Костычевым, оказался принципиально важным для организации промышленного производства лимонной и

глюконовой кислот не только в России, но и в других странах. Заслуга В. С. Буткевича состоит также в том, что он первый дал бесспорное доказательство образования ЛК из сахара [19].

В 1919 г. бельгийским микробиологом А. Carpuyns на предприятии «s.a. Les Produits Organiques de Tirlemont», (Бельгия) началось промышленное производство ЛК [20, 21]. В 1923 г. открыт завод компании «Pfizer» [22, 23]. Химик компании «Pfizer» Джеймс Кэрри и его ассистент Джаспер Кейн успешно наладили массовое производство ЛК, получаемой посредством ферментации сахара. Благодаря этому достижению, «Pfizer» получил полную независимость от европейских поставщиков цитрусовых. Вслед за этим изобретением Кейн разрабатывает новый способ глубокой ферментации. В качестве сырья начали использовать кормовую патоку, а не рафинированный сахар, как прежде. В 1933 г. открыт завод в Чехословакии. В 1935 г., благодаря работам Буткевича и Костычева, начал работу первый в СССР завод, производящий ЛК методом биохимического синтеза с помощью плесневых грибов *A. niger* из сахара [24].

На практике выбор технологии производства ЛК в подавляющем большинстве случаев обусловлен экономическими факторами. Наилучший из них на сегодняшний день – глубокая ферментация крахмала или сахарозы на основе питательной среды с использованием мицелиальных грибов *A. niger* [25-28], в связи с его высокой производительностью, при низком рН, без секреции токсичных побочных продуктов. Во многих странах широко исследуются и другие грибы, дрожжи, ведутся работы по улучшению микробных штаммов. Кроме того, исследуются различные сельскохозяйственные отходы, как потенциал для использования в качестве субстрата для производства ЛК за счет ферментации на твердом субстрате [29-31].

**Применение лимонной кислоты.** Большие объемы ЛК используются в производстве продуктов питания (70 %), фармацевтической и других отраслях промышленности. ЛК – самый используемый регулятор кислотности для пищевой промышленности, обладает более мягким вкусом по сравнению с другими пищевыми кислотами и не оказывает раздражающего действия

на слизистые оболочки дыхательного и пищеварительного тракта. Поэтому больше всего ЛК поступает на производство различных напитков – газированных, негазированных безалкогольных, тонизирующих, сухих напитков, холодных чаев. ЛК широко применяется в кондитерской и хлебопекарной отраслях, консервной промышленности, а также при производстве соусов, кетчупов, майонезов, плавленых сыров и замороженных продуктов. Как консервант, ЛК применяется для увеличения сроков хранения мяса, желе и пресервов [32]. Приблизительно 15-17 % производимой в мире ЛК используется при производстве моющих средств, в качестве замены полифосфатов и ее доля в этом секторе будет только возрастать. В косметической и фармацевтической промышленности – 7-9 % и еще 6-8 % поступает в другие отрасли: добыча нефти, животноводство, металлургия, строительство, производство красок, текстиля, фотографических реагентов, бетона, гипса, огнеупорных и форм, адгезивов, бумаги, полимеров, табака, утилизация отходов, активация минеральных удобрений и т. д. В животноводстве при заготовке сена и силоса использование органических кислот в качестве консерванта позволяет снизить потери питательных веществ в 3-5 раз и сохранить до 92-95 % исходной кормовой массы. Например, по сравнению с обычным силосом в 1 т корма, консервированного органическими кислотами, дополнительно сохраняется 30-40 кг корм. ед., 5-8 кг протеина, 10-15 кг сахара. На фермах и птицефабриках с помощью ЛК можно обеззараживать питьевую воду. При этом у животных и птицы улучшается усвояемость питательных веществ. Наблюдается комплексобразующий эффект (минералы держатся в растворе с кислотами и повышается резорбция Ca, Fe, Mg, Zn в организм [33, 34], способствуют повышению выхода яичной массы, снижаются затраты на корма [35]. После запрещения кормовых антибиотиков в Европе уделяется большое внимание альтернативным средствам, в частности органическим кислотам, которые наиболее эффективны для борьбы с микроорганизмами и грибами. ЛК принята во всем мире как GRAS (признана безопасной), утверждена Объединенным комитетом экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам [12, 13].

Исследования показывают потенциальное использование ЛК в биополимерах, для доставки лекарств, препаратах диализа крови, в тканевой инженерии для культивирования различных клеток, и для многих других перспективных биомедицинских работ [36-38]. ЛК производится путем ферментации в течение многих десятилетий. Все технологии отработаны. Тем не менее имеются возможности по их совершенствованию и улучшению.

**Продуценты, используемые для получения лимонной кислоты.**

Большое количество бактерий, грибов и дрожжей можно использовать для производства ЛК. Однако для коммерческого использования подходят не все из них. Это обусловлено предъявляемыми требованиями к микроорганизмам-продуцентам (табл. 1). Важнейшими из них должны быть:

- высокая скорость роста биомассы и высокий выход целевого продукта;
- максимальное усвоение питательных веществ из дешевых и доступных питательных сред;
- устойчивость к посторонней микрофлоре;
- безвредность для людей и окружающей среды [39].

Таблица 1

**Микроорганизмы, используемые для производства лимонной кислоты [40-42].**

Грибы	Дрожжи	Бактерии
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Saccharomycopsis lipolytica</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>
<i>A. aculeatus</i>	<i>Yarrowia lipolytica</i>	<i>Arthrobacter paraffinens</i>
<i>A. awamori</i>	<i>Candida tropicalis</i>	<i>Corynebacterium sp.</i>
<i>A. carbonarius</i>	<i>Candida lipolytica</i>	
<i>A. wentii</i>	<i>C. oleophila</i>	
<i>A. foetidus</i>	<i>C. guilliermondii</i>	
<i>Penicillium janthinelum</i>	<i>C. parapsilosis</i>	
	<i>C. citroformans</i>	
	<i>Hansenula anamola</i>	

На сегодня *A. niger* остается самым распространенным вы­бором для коммерческого производства ЛК, но используются и некоторые дрожжи, как *Saccharomycopsis SP*.

**Селекция штаммов микроорганизмов.** Один из спосо­бов увеличения производства ЛК – селекция штаммов-про­дук­тов ЛК [43, 44]. Модифицированные микроорганизмы, об­ла­дая более высокой начальной скоростью роста и более ко­ротким циклом развития, при той же производительности спо­собны увеличить производство ЛК при тех же мощностях и со­кратить расходы на борьбу с заражением микрофлорой.

Самая используемая технология для повышения производ­ства ЛК – получение и использование мутагенов из родитель­ских штаммов-продуктов ЛК. Среди мутантных штаммов, по­лученных физическими методами, часто используются штаммы, полученные с помощью УФ-облучения и радиации. УФ-облуче­ние вызывает димеризацию пиримидинов и является мутагеном широкого спектра действия. Использование этого мутагена при­водит к образованию мутантов с транзициями, трансверсиями и делециями. Эффективность УФ-облучения довольно высока, однако высокая частота мутаций достигается за счет низкой выживаемости клеток. Кроме того, такие мутанты хорошо вос­станавливаются репарационными механизмами клеток. Рентге­новское излучение и техника быстрых нейтронов приводят к раз­рывам хромосом, вызывая делеции и инверсии. Мутагенный эффект этого метода довольно высок, однако его применение требует специального оборудования [45-54].

Перспективным является микробиологический способ на основе иммобилизованных ферментов. В качестве носителя ис­пользуют различные гели. Иммобилизованные клетки имеют в 2,4 раза более высокую скорость синтеза ЛК по сравнению с обычными клетками [44, 55-60].

Имеются и другие аспекты улучшения работы штаммов [61] – снижение сопротивления вредных составляющих сырья ферментации, возможность использования разного сырья (крах­мал, целлюлоза, пектин, отходы сельхозпереработки). В насто­ящее время нет эффективных методов для получения гиперму-



тантов для производства ЛК. В этой области многое сделано [62] и многое еще предстоит сделать.

**Сырье для производства лимонной кислоты.** В настоящее время для биосинтеза ЛК определены научные критерии выбора сырья:

- содержание необходимого количества углеводов в доступной для штаммов-продуцентов форме;
- определенное количество минеральных компонентов, необходимых для биосинтеза ЛК.
- дешевизна, доступность, принадлежность к категории возобновляемых.
- простота технологии подготовки к ферментации и утилизации отходов [63].

#### **Основное сырье**

**Свекловичная меласса** – один из самых распространенных и хорошо изученных видов сырья для получения ЛК [64, 65]. Однако ее применение связано со сложностью подготовки к ферментации из-за непостоянного состава, большого количества примесей и большой экологической нагрузкой на окружающую среду. Актуальной задачей является разработка новых методов подготовки свекловичных меласс к ферментации, улучшению ее качества и снижению отрицательного влияния на экологию [66].

Ценность мелассы в том, что с высоким содержанием сахара в ней содержатся все вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности продуцентов ЛК. Наибольший выход лимонной кислоты наблюдается при ее использовании. Меласса, используемая для производства ЛК, должна отвечать требованиям по физико-химическим и бактериологическим параметрам [67]. Кроме того, на сахарных заводах мелассу заготавливают в строго определенное время – с конца сентября по ноябрь. При заготовке в более поздние сроки меласса характеризуется пониженным выходом ЛК. Запас мелассы закладывается на срок до 15 мес. Данные параметры значительно влияют на экономику процесса получения ЛК.

**Тростниковая меласса.** Мелассы из различного сырья [68] давно и широко применяются для получения ЛК во многих странах [69]. Основная масса мелассы производится из сахарного тростника. Приблизительно 60 стран производят сахарный тростник. В зависимости от видов тростника, климата и различных технологий процесса состав мелассы может существенно изменяться [70]. Качество мелассы существенно варьируется, и не все типы подходят для производства ЛК [71]. В мелассе из сахарного тростника значительная доля ферментируемых углеводов приходится на свободноредуцирующие сахара, избыток которых в среде приводит не только к ускоренному развитию продуцента ЛК, но и к образованию ингибиторов процесса в результате взаимодействия их с другими компонентами мелассы, при термообработке.

Эти мелассы имеют в 2,2-3 раза по сравнению со свекловичной мелассой повышенную зольность, а по содержанию солей кремния, железа, магния, кальция, цинка, которые негативно влияют на синтез лимонной кислоты, они отличаются от свекловичной мелассы в 6-10 раз. Также в тростниковой мелассе меньше азотистых соединений, чем в свекловичной, а усвояемых фосфорных соединений в 3-8 раз больше, что создает неблагоприятные условия для биосинтеза ЛК. Технологические качества и химические параметры мелассы из сахарного тростника заметно изменяются в процессе хранения в худшую сторону. В целом технологические качества тростниковой мелассы ниже, чем у свекловичной [72].

**Гидролизаты крахмала** – данный вид сырья используется с древнейших времен для получения самых различных продуктов. Сведения о технологии, включающей плесневую ферментацию крахмалосодержащих продуктов – Коджи (Koji), известны в Китае и Японии несколько тысяч лет [73]. В Японии в процессе Коджи получают 20 % выпускаемой в стране ЛК. В мировой практике гидролизаты крахмала являются промышленно освоенным и экологически чистым углеводсодержащим сырьем для микробиологического синтеза. Картофельный, кукурузный, пшеничный, рисовый и другие виды крахмала, полученного в процессе ос-

новной переработки этих видов продуктов – дешевое, доступное, возобновляемое сырье [74]. Данный вид крахмала получают из побочных продуктов обработки зерна – например, из рисовых и пшеничных, ячменных отрубей [75]. Отруби – это вторичный продукт, образующийся при помоле зерна. Они состоят из частей зерна, удаляемых по специальной технологии для получения муки надлежащего качества. К ним относятся оболочка (семенная кожура), алейроновый слой (остаток живых клеток зерна), частицы зернового зародыша и эндосперма. Зерновая оболочка может использоваться как источник азота и культуральный сырьевой материал. Отруби могут использоваться в комбинации с другими источниками азота [76, 77]. Твердофазная ферментация, гидролизатов крахмала – самый простой способ для производства ЛК с использованием агропромышленных остатков [78-80]. К началу 2000-х гг. основные мощности по производству ЛК в мире были сосредоточены в крупнейших зерновых компаниях: Archer Daniels Midland Company (USA), Cargill, Inc. (USA), Jungbunzlauer AG (Switzerland), Tate & Lyle PLC (UK) [81], а также в фарминдустрии: Roche Zhongya (Wuxi) Citric Acid Co., Ltd. (Switzerland – China) [82].

За последние 15 лет в различных странах построено и модернизировано несколько заводов по производству ЛК: Gansu Xuejing's модернизирует производственные мощности; Tate & Lyle построен завод ЛК; BILT Chemicals построен завод ЛК (Вадодар); Jungbunzlauer построен завод ЛК (Канада); Shanxi Fenhe строит завод ЛК; Hoffmann and Wuxi построен завод ЛК; Shanxi построен завод ЛК; Cargill устанавливает производственный объект (Бразилия) [83].

Различные агропромышленные отходы, например, яблочные и виноградные выжимки, жом маниоки, лузга кофе, солома зерновых культур и т. д. исследованы на твердотельное брожение и способность быть использованными в качестве подложек для производства ЛК [84-95]. Эти отходы очень хорошо подходят для технологии твердотельной ферментации из-за высокого содержания в них целлюлозы и крахмала. Во всем мире активно продолжают исследования по разработке коммерчес-

ких процессов получения ЛК с использованием побочных про­дуктов и отходов аграрной промышленности [96, 97].

### **Способы производства лимонной кислоты**

**Глубинная ферментация.** Процесс глубинной фермента­ции выбирают для промышленных операций из-за известных инженерных аспектов, таких, как моделирование ферментации, проектирование биореактора и управления технологическими процессами. Это процесс, в котором рост и анаэробные / час­тично анаэробное разложение углеводов микроорганизмами в жидкой среде происходит с большим количеством свободной воды [98, 99]. На сегодня около 90 % мирового производства ЛК получают путем глубинной ферментации (SMF) [100, 101]. Глубинная ферментация имеет ряд преимуществ по сравне­нию с твердофазной ферментацией: более высокая продуктив­ность, снижение затрат ручного труда, повышение контроля качества, ферментеры имеют систему перемешивания, осу­ществляется контроль и управление аэрацией, температурой сре­ды, снижается риск загрязнения. Глубинная ферментация мо­жет проводиться в разных вариантах: периодическом, с под­питкой и непрерывном [102-104].

При периодической ферментации с подпиткой увеличива­ется среднесуточный съем ЛК с 1 м<sup>3</sup> ферментера за счет умень­шения частоты его зарядок при том же выходе кислоты по массе сахара. В процессе непрерывной ферментации *A. niger* изменя­ет морфологию и проявляет большую кислотообразующую спо­собность, чем в периодическом. Проведение ферментации в системе, состоящей из батареи ферментеров (пакетный режим) еще больше повышает выход ЛК, способствует меньшим поте­рям сырья. Пакетный режим чаще используется в мировой прак­тике производства ЛК.

**Твердофазная ферментация** (Коджи) предусматривает ис­пользование пропитанного средой пористого твердого матери­ала, такого, как отруби, багасса, картофель, пульпа сахарной свеклы и другие агропромышленные отходы [105]. Материал сте­рилизуют и вводят суспензию спор. Инкубирование проводится в лотках при 25-30 °С в течение 6-7 дней. После инкубирования

содержимое экстрагируют водой, концентрируют, цитрат осаждают и очищают. При соблюдении технологии крахмал отрубей осахаривается ферментами гриба, но добавление готовых амилаз к субстрату увеличивает выход ЛК. Загрязнение субстрата следовыми металлами является проблемой в процессе Коджи, так как их труднее удалять, чем в других вариантах процесса. Поэтому проводят селекцию и используют штаммы, устойчивые к следовым металлам. Часто к субстрату добавляют гексацаноферрат (HCF) или  $\text{Cu}^{+2}$  для нейтрализации и удаления ингибиторов ферментации [106].

**Поверхностная ферментация (SSF)** – метод для получения ЛК из агропромышленных отходов [84, 85, 107-109]. Производство ЛК с помощью SSF – простейший способ производства. Наиболее распространенным организмом, используемым в этом виде ферментации, является *A. niger*. Однако имеются отчеты о дрожжах [110, 111]. Одно из важных преимуществ процесса SSF – это то, что наличие микроэлементов не влияет на производство ЛК так вредно, как в SMF. Следовательно, предварительной обработки подложки не требуется. Основная ферментация осуществляется в специальных камерах, представляющих собой закрытые помещения, в которых на стеллажах расположены кюветы. Ферментационные камеры снабжены системой для подачи нагретого стерильного воздуха с эффективной циркуляцией, который проходит по поверхности, чтобы контролировать влажность и температуру с помощью испарительного охлаждения. Этот воздух фильтруется через бактериологический фильтр и камеры, которые всегда должны быть в асептических условиях, в основном в течение первых двух дней, когда споры прорастают. Во время ферментации, которая проходит 8-12 дней [112], производится большое количество тепла, поэтому необходимо проводить хорошую аэрацию для того, чтобы контролировать температуру и подачу воздуха к микроорганизмам. После ферментации содержимое лотка разделяется на жидкость и ковер мицелия, который промывают, чтобы удалить впитавшуюся ЛК [113].

Кюветы изготавливают из алюминия высокой чистоты, специальных классов стали или полиэтилена. Однако стальные лотки дают лучший выход ЛК [113, 114]. Заполнение кювет питательной средой и слив из них культуральной жидкости осуществляются через штуцеры в дне кювет. Перед началом нового цикла ферментации камеры и кюветы тщательно моют и стерилизуют. После стерилизации и охлаждения камер в кюветы наливают питательную среду слоем 12-18 см. С помощью специального устройства для распыления в питательную среду вносят посевной материал – конидии гриба *A. niger*. Через сутки после засева образуется тонкая серовато-белая пленка мицелия, которая по истечении 3-х суток сильно утолщается и приобретает складчатую структуру. Температура и аэрация поддерживаются по технологическим нормам. По мере снижения интенсивности кислотообразования и уменьшения количества выделяемой теплоты подачу воздуха в камеру постепенно уменьшают. Процесс ферментации прекращают, когда в растворе остается 1-2 % сахаров, а содержание кислот в культуральной жидкости достигает 12-20 %. Культуральная жидкость поступает в химический цех для выделения ЛК. Мицелий отмывают от кислоты горячей водой и используют как корм для скота. Способ называется бессменным.

По сменному способу после сливания культуральной жидкости под пленку *A. niger* вводят немного воды температурой 30-32 °С, выдерживают 0,5 ч, промывную жидкость сливают, вводят свежую мелассную среду и ферментируют. Способ промышленного получения ЛК путем сбраживания сахаристых веществ при помощи гриба *A. niger* на сменных растворах разработал С. П. Костычев с сотрудниками [115].

По доливному способу ферментации на 4-5 сут. под пленку *A. niger* доливают свежую питательную среду в количестве, компенсирующем уменьшение объема из-за испарения влаги. При работе этими способами экономится расход конидий, реже перезаряжаются камеры и появляется возможность ферментировать низкокачественные мелассы, непригодные для выращивания грибной пленки.

Периодические способы имеют ряд недостатков: ферментация происходит с небольшой скоростью; мицелий по окончании цикла выбрасывают, хотя он еще активен, а получение нового мицелия связано с затратой конидий, мелассы и времени на его выращивание; во всех кюветах трудно поддерживать заданную температуру, поэтому ферментация происходит неравномерно.

Непрерывный способ предусматривает протекание меласной среды по каскаду кювет под предварительно выращенной пленкой мицелия *A. niger* или под его секциями, движущимися на транспортере в одном направлении со средой в плоском ферментере туннельного типа.

Первоначально поверхностная ферментация применялась для крупномасштабного микробиологического производства ЛК с использованием в основном гифомицетов. Поверхностная ферментация используется в производстве малого и среднего масштаба, при существенно меньших затратах в работе, установке оборудования и потребления энергии.

#### **Сравнение глубинного и поверхностного способа ферментации**

##### ***Сравнение между ТФФ и ЖФФ [116].***

##### ***Преимущества ТФФ перед ЖФФ***

1. Стоимость оборудования в 1,3-1,5 раза меньше и большая часть его изготавливается на месте.
2. Оборудование изнашивается меньше.
3. Низкое содержание воды уменьшает возможности контаминации бактериями и дрожжами.
4. Условия подобны естественной среде обитания для грибов, которые составляют основную группу микроорганизмов, используемых для ТФФ.
5. Более высокий уровень аэрации, особенно необходимый в процессах с интенсивным окислительным метаболизмом.
6. Инокуляция вместе со спорами облегчает однородное рассеивание в среде.
7. Твердые субстраты обычно дают все питательные вещества, необходимые для роста колонии.

8. Обогащенные субстраты позволяют использовать более простые и дешевые конструкции биореакторов.

9. Затраты на электроэнергию в несколько раз ниже – в некоторых случаях отсутствует потребность в автоклавировании, обработке паром, механическом перемешивании и аэрации.

10. В силу высокой концентрации продукта необходимость в специальных растворителях снижена.

11. Низкий уровень влажности может положительно сказаться на производстве определенных продуктов, которые не могут быть культивированы в условиях ЖФФ.

12. Себестоимость лимонной кислоты несколько ниже.

13. Выше концентрация лимонной кислоты в культуральной жидкости.

14. Значительно меньше образуется побочных кислот, вследствие чего затрачивается меньше сырья при ферментации и меньше потери при химической переработке культуральных жидкостей.

15. Процесс менее чувствителен к перерывам в аэрации.

16. Обслуживание и контроль процесса ферментации просты.

*Недостатки ТФФ при сравнении с ЖФФ:*

1. При одинаковой мощности заводов капитальные затраты на строительство зданий ферментационных цехов примерно в 2 раза больше.

2. Общие единовременные затраты на здания и оборудование на 20-30 % выше.

3. Могут использоваться только микроорганизмы, которые способны расти при низком уровне влажности.

4. Субстраты требуют дополнительной обработки (гомогенизация, химический или ферментативный гидролиз).

5. Затруднен анализ параметров биомассы (влажность, рН, массообмен, теплообмен).

6. Возникают трудности в контроле параметров процесса (рН фактор, влагосодержания и концентрация субстрата, кислоты и биомассы).



7. Много важных научных и технических аспектов очень слабо изучены. Информация о проектировании и работе реакторов в крупном масштабе недостаточна.

8. Возможность контаминации нежелательными грибами.

9. Затруднения в отводе метаболической температуры, произведенной во время роста.

10. Экстракты, содержащие продукты, полученные ТФФ, часто являются вязкими.

11. Массопередача ограничена распространением колонии.

12. В некоторых ТФФ аэрация может быть затруднена из-за высокой концентрации твердых частиц.

13. Время культивирования увеличено в связи с потребностью спор в прорастании.

14. Время культивирования более длительно, чем в ЖФФ.

15. В условиях жаркого климата необходимо охлаждение воздуха для подачи в камеру.

Значительная часть выявленных недостатков ТФФ по сравнению с ЖФФ может быть снята при использовании результатов глубокого изучения твердофазной ферментации. Некоторые исследователи утверждают, что ТФФ эффективнее и экономичнее, чем ЖФФ в производстве широкого спектра биопродуктов (корма, ферменты, органические кислоты, биопульпа, ароматизаторы, антибиотики, компост, биопестициды и т. д.). Результаты проведенных экспериментов убедительно показывают, что качество продуктов, полученных ТФФ, в ряде случаев значительно выше, чем качество продуктов, полученных жидкофазным способом [116, 117]. Выбор технологии связан с доступностью сырья, требованием к качеству лимонной кислоты, инфраструктурными, климатическими условиями реализации производства и определяется экономической целесообразностью.

#### **Факторы, влияющие на производство лимонной кислоты**

По нашему мнению, на сегодняшний день наиболее полно, факторы, влияющие на производство ЛК, рассмотрены в труде А. Апельблата «Лимонная кислота» [118]. Укажем наиболее значимые из них.

- Температура определяет возможность существования и интенсивность развития микроорганизмов. Наилучший выход при биосинтезе ЛК наблюдается в пределах температурного диапазона от 28-32 °С. Более низкая температура приводит к торможению роста продуцента, снижается выход ЛК, а более высокая – к торможению активности фермента, его денатурации [5, 120].

- рН – важный фактор, определяющий возможность существования продуцентов. Влияние ионов водорода на микроорганизмы может быть как прямым, так и косвенным. Последнее связано с воздействием ионов водорода не на бактерии, а на определенные компоненты среды, доступность многих неорганических ионов и метаболитов, стабильность макромолекул, равновесие электрических зарядов на поверхности клетки. Реакция среды оказывает влияние на образование и активность микробных ферментов. В ходе биосинтеза ЛК реакция среды меняется в сторону подкисления. Поддержание значения рН от 1,7-8 среды на нужном уровне в зависимости от сырья и технологии получения может повысить выход ЛК, улучшить ее качество [22, 121, 122].

Сырье для биотехнологического производства обеспечивает жизнедеятельность, рост, развитие биообъекта, эффективный синтез целевого продукта. Неотъемлемыми составляющими питательной среды являются вода, питательные вещества, которые образуют истинные растворы (минеральные соли, аминокислоты, карбоновые кислоты, спирты, альдегиды и т. д.) и коллоидные растворы (белки, липиды, неорганические соединения – гидроксид железа). Вода должна отвечать требованиям ГОСТа (чистая, бесцветная, без привкуса, запаха и осадка). Отдельные компоненты могут находиться в твердом агрегатном состоянии, могут всплывать, равномерно распределяться по всему объему в виде взвеси или образовывать придонный слой.

Питательные среды могут иметь неопределенный состав, т. е. включать биогенные (растительные, животные, микробные) добавки – мясной экстракт, кукурузную муку, морские водоросли и т. д. В состав любой питательной среды входят такие компо-

ненты, как вода, соединения углерода, азота, фосфора и других минеральных веществ, витамины.

Легкодоступными считаются сахара: глюкоза, сахароза, лактоза, затем многоатомные спирты: глицерин, маннит и др. Далее следуют полисахариды: целлюлоза, гемицеллюлоза, крахмал, которые могут быть источниками углерода либо после превращения их в усвояемые микроорганизмами моно- и низкомолекулярные олигосахариды, либо микроорганизмы должны иметь набор ферментов, гидролизующих эти вещества. Такими микроорганизмами являются плесневые грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, бактерии рода *Bacillus* и др. На практике встречается большое количество микроорганизмов, которые успешно утилизируют органические кислоты, особенно в анаэробных условиях. Низкомолекулярные спирты: метанол и этанол относятся к числу перспективных видов сырья. Многие дрожжи родов *Candida*, *Hansenula* и др. способны ассимилировать этанол. Дрожжи родов *Pichia*, *Candida* и др., бактерии рода *Flavobacterium* используют в качестве единственного источника углерода метанол. Отдельные виды микроорганизмов (незначительная часть) используют в качестве источника углерода и энергии углеводороды: *n*-алканы и некоторые фракции нефти.

Азот может содержаться в форме неорганических солей или кислот. Большинство дрожжей хорошо усваивают аммиачные соли, а также аммиак из водного раствора. Потребность в нитратах испытывают только некоторые виды дрожжей. Источником азота могут служить и органические соединения: аминокислоты, мочевины и т. д., которые легко усваиваются микроорганизмами. Известно, что бактерии более требовательны к источникам азота, чем другие микроорганизмы (грибы, актиномицеты и дрожжи).

Фосфор является важнейшим компонентом клетки. Он входит в состав АТФ (аденозинтрифосфат), АДФ (аденозиндифосфат), АМФ (аденозинмонофосфат) обеспечивая нормальное течение энергетического обмена в клетке, а также синтез белков, нуклеиновых кислот и другие процессы биосинтеза. Фосфор вносят в среду в виде солей фосфорной кислоты.

Потребность микроорганизмов в витаминах и микроэлементах различна, тем не менее практически все микроорганизмы лучше растут в присутствии витаминов. Эффективной добавкой к питательным средам оказался кукурузный экстракт благодаря наличию в нем витаминов, аминокислот и минеральных элементов в легкоассимилируемых формах.

В рецептуры сред включают также дрожжевой автолизат, дрожжевой экстракт, сок картофеля, молочную сыворотку, экстракт солодовых ростков и другие продукты [123, 124], микроэлементы (сера, калий, кальций). Определенное влияние оказывают ионы меди, цинка, железа и марганца. Последний в концентрации 3 мг/л сильно снижает выход ЛК. При недостатке цинка и марганца пленка гриба становится гладкой, слизистой и погружается в раствор. Добавление цинка приводит к увеличению плавучести пленки, ее утолщению и появлению характерной морщинистости. Мицелий выросший в среде с цинком, продуцирует больше ЛК, чем в среде, лишенной его. Содержание цинка поддерживают на уровне  $1,5 \cdot 10^{-4}$  % (в расчете на  $ZnSO_4$ ). Железо входит в состав каталазы, пероксидазы, цитохрома, цитохромоксидазы, цитохромпероксидазы, флавопротеидов, активирует ряд других ферментов. При высоком содержании железа в среде тормозится биосинтез ЛК и возрастает интенсивность образования щавелевой кислоты.

При составлении питательной среды для конкретного вида микроорганизма подбираются наиболее подходящие источники углерода, азота, фосфора и других веществ [125].

Аэрация имеет критическое значение для глубинной ферментации [126]. Пропускание чистого  $O_2$  увеличивает образование лимонной кислоты, но это дорого; газовая фаза может циркулировать, если при этом поглощается  $CO_2$ . Прерывание аэрации на короткое время может иметь губительное действие на продукцию ЛК, но если при этом повысить рН с 3,0 до 4,0, то ферментация может начаться снова.

У грибов различают трофофазу, которая характеризуется ростом мицелия и активным дыханием с выделением  $CO_2$ , и идиофазу (продукционную фазу), когда рост завершен, дыхание по-

давлено, а оставшаяся глюкоза перерабатывается во вторичные метаболиты: в данном случае в лимонную или другие кислоты.

#### **Выделение и очистка лимонной кислоты.**

Получение товарного продукта включает следующие операции: получение цитрата кальция; разложение цитрата кальция; очистка и выпаривание раствора ЛК; кристаллизация ЛК; сушка и упаковка продукта. Все эти производственные процессы хорошо и давно изучены и широко применяются на производстве. Тем не менее они постоянно совершенствуются с целью снижения затрат и увеличения извлечения ЛК [127-134].

#### **Перспективы получения лимонной кислоты в Казахстане**

Объем казахстанского рынка ЛК достигает 3-3,5 тыс. т в год. Производство ЛК отсутствует в Казахстане и вся она импортируется. Казахстан обладает богатым потенциалом сырья для производства ЛК [135]. В частности, отрубями, получаемыми в процессе переработки зерна на муку [136, 137], а также 5 природными изолятами *A. niger*, которые проявили высокую активность на продукцию ЛК [138]. В республике производится до 1,5 млн. т отрубей. Крахмала, содержащегося в 1 % этих отрубей, достаточно для производства и полного обеспечения Казахстана ЛК [139, 140]. Кроме того, учитывая спрос в республиках Средней Азии и Закавказья, которые также не производят ЛК, Россию, импортирующую порядка 30 тыс. т ЛК в год, можно утверждать, что ЛК при конкурентной цене будет иметь хороший сбыт и в этих регионах. Перспективно производство солей ЛК [133].

Главная и наиболее важная сельхозкультура Казахстана – пшеница. Из трех направлений увеличения рынка зерна: питание и корма, экспорт, переработка зерна – переработка имеет наибольшую перспективу роста. Глубокая переработка зерна позволяет получить более высокую добавочную стоимость, это инновационный путь, который способствует развитию биотехнологического производства и агропромышленного комплекса Казахстана, расширяет диапазон получаемых ценных продуктов из зерновых, одновременно ведет к росту производства в некоторых смежных отраслях промышленности: пищевой, фарма-

цветической, машиностроении, металлургии, строительстве, нефтехимии и др.

### Список литературы

1 Kirk-Othmer Encyclopedia, 3 ed., Vol. 6, N.Y., 1979. – P. 79-150.

2 Sanchez-Riera F. Encyclopedia of Life Support Systems. BIOTECHNOLOGY – Vol. 5. – Production of Organic Acids. – 189 p.

3 Шульце Т. Промышленные биотехнологии // Возможности для промышленности переработки зерна. – М.: Graintek, 2011. – 26 с.

4 Roger G. Harrison, Paul W. Todd, Scott R. Rudge, and Demetri P. Petrides. Bioseparations science and engineering. Oxford University Press, 2015. – 472 p.

5 Finogenova, T.V., Morgunov I.G., Kamzolova S.V., & Chernyavskaya O.G. Organic acid production by the yeast *Yarrowia lipolytica*: A review of prospects // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2005. – 41. – P. 418-425.

6 Franciello V., Patricia M., & Fernanda S.A. Apple pomace: A versatile substrate for biotechnological applications // Critical Reviews in Biotechnology. – 2008. – 28. – P. 1-12.

7 Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology // th Edition. Vol 6, N. Y., 2001. – 185 p.

8 Wehmer C. Beitr. zur Kenntniss einheimischer Pilze. – Hannover. – 1893. – No. 1.

9 James N. Currie. The citric acid fermentation of *aspergillus niger* // J. Biol. Chem. – 1917. – 31. – P. 15-37.

10 Doelger W.P., Prescott S.C. Citric acid fermentation. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass. Industrial and engineering chemistry. – 1934. – Vol. 26, No. 11. – 1142 p.

11 Bob Corrigan. *Aspergillus niger*. Encyclopedia of Life.

12 Буткович В.С. Umwandlung der Eiweißstoffe durch die niederen Pilze im Zusammenhange mit einigen Bedingungen ihrer Entwicklung // Jahrb. f. wiss. Botanik. – 1902. – 38 p.

13 *Буткевич В.С.* Das Ammoniak als Umwandlungsprodukt stickstoffhaltiger Stoffe in höheren Pflanzen // *Biochemische Zeitschrift*. – 1909. – № 12. – P. 12.

14 *Буткевич В.С.* Современное положение вопроса об использовании азота воздуха в сельскохозяйственных целях. – М., 1909. – 12 с.

15 *Буткевич В.С.* Кислоты как промежуточный член окислительного превращения сахара грибами // *Научно-агрономический журнал*. – 1925. – № 9.

16 *Буткевич В.С.* К вопросу о биохимическом происхождении растительных кислот // *Микробиология*. – 1932. – Т. 1, вып. 1-2.

17 *Костычев С.П.* Über Atmungsenzyme der Schimmelpilze // *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*. – 1904. – Vol. 22, Iss. 4. – P. 207-215.

18 *Костычев С.П.* Zur Frage der Wasserstoffbildung bei der Atmung der Pilze // *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*. – 1907. – Vol. 25, Issue 4. – P. 178-188.

19 *Аркадьева З.А., Безбородов А.М., Блохина И.Н.* и др. Промышленная микробиология. – М.: Высшая школа, 1989. – 499 с.

20 *Grégoire L.* Hennebert. The 100 years of the fungus collection. mucl. 1894-1994. Catholic University of Louvain, Belgium, 2010. – 22 p.

21 *Richard K. Robinson.* Encyclopedia of Food Microbiology. Academic Press; 2 edition, 2014.

22 *Anastassiadis S.G., Morgunov I.G., Kamzolova S., Finogenova T.V.* Citric acid production patent review. Recent patents on biotechnology 02/2008; 2(2):107-23.

23 *Gopal K. Chotani, Timothy C. Dodge, Alfred L. Gaertner and Michael V. Arbige.* Kent and Riegel's Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology, Volumes 1 & 2 (11th Edition) Edited by: Kent, James A. 2007. Springer – Verlag. – 1311 p.

24 *Аркадьева З.А., Безбородов А.М., Блохина И.Н.* и др. Промышленная микробиология. – М.: Высшая школа, 1989. – 500 с.

25 *Jianlong W.* Enhancement of citric acid production by *Aspergillus niger* using n-dodecane as an oxygen-vector // *Process Biochemistry*. – 2000. – № 35. – P. 1079-1083.

26 *Vandenbergh L.P.S.* Development of process for citric acid production by solid-state fermentation using cassava agro-industrial residues. PhD thesis, Universite de Technologie de Compiègne, Compiègne, France, 2000. – 205 p.

27 *Lesniak W., Pietkiewicz J., & Podgorski W.* Citric acid fermentation from starch and dextrose syrups by a trace metal resistant mutant of *Aspergillus niger* // *Biotechnological Letters*. – 2002. – № 24. – P. 1065-1067.

28 *Schuster E., Dunn-Coleman N., Frisvad J.C., & Van Dijck P.W.M.* On the safety of *Aspergillus niger* – A review // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2002. – № 59. – P. 426-435.

29 *Medeiros A.B.P., Pandey A., Renato J.S.F., Christen P. & Socol C.R.* Optimization of the production of aroma compounds by *Kluyveomyces marxianus* in solid-state fermentation using factorial design and response surface methodology // *Biochemical Engineering Journal*. – 2000. – № 6. – P. 33-39.

30 *Singhania R.R., Patel A.K., Socol C.R. & Pandey A.* Recent advances in solid-state fermentation // *Biochemical Engineering Journal*. – 2009. – № 44. – P. 13-18.

31 *Kuforiji O.O., Kuboye A.O. & Odunfa S.A.* Orange and pineapple wastes as potential substrates for citric acid production // *International Journal of Plant Biology*. – 2010. – № 7. – 4 p.

32 *Смирнов В.А.* Пищевые кислоты (Лимонная, молочная, винная) // *Лёгкая пищевая промышленность*. – М., 1983. – 264 с.

33 *Jongbloed A.W., Jongbloed R.* The Effect of Organic Acids in Diets for Growing Pigs on Enhancement of Microbial Phytase Efficacy. ID-DLO Report no. 96009. Lelystad, 1996. The Netherlands: Insitute for Animal Science and Health.

34 *Kirchgessner & Roth.* Digestibility and balance of protein, energy and some minerals in diets for piglets supplemented with fumaric acid. // *Z. Tierphysiol. Tierernaehr und Futtermittelkd.* – 1980. – 44 – 239 p.



35 *Тюркина О.В.* Влияние разных антиоксидантов на обмен веществ и продуктивность кур-несушек: автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. – М., 2009. – 145 с.

36 *Robin N., Larry M., John F., Jim S., Jerry M.* An investigation of the chemistry of citric acid in military soldering applications // Naval Air Warfare-Center Weapons Div China Lake CA, 1995. – Report no. A240592.

37 *Ashkan T.N., Adeli M., Vossoughi M.* Poly(citric acid)-blockpoly(ethylene glycol) copolymers – New candidates for nanomedicine. *Nanomedicine: Nanotechnology // Biology, and Medicine.* – 2010. – Vol 6. – I.4. – P. 556-562.

38 *Guillermo A., Jian Y. and Ryan H.* New biodegradable biocompatible citric acid nano polymers for cell culture growth & implantation engineered by Northwestern University Scientists. *Nano patents and innovations / US Patent Application 20090325859.* – 2010.

39 *Гореликова Г.А.* Основы современной пищевой биотехнологии: учеб. пособие. – Кемерово, 2004. – 102 с.

40 *Luciana P.S. Vandenberghe, Carlos R. Socol, Ashok Pandey and Jean-Michel Lebeault.* Microbial Production of Citric Acid. *REVIEW // Brazilian Archives of Biology and Technology.* – 1999. – Vol. 42, no. 3.

41 *Арзуманов Е.Н., Арзуманов Т.Е., Агаджанян А.Е., Камзолова С.В., Мельников В.А., Мовсесян Р.А., Сальникова И.В., Самойленко В.А., Финогенова Т.В., Шишканова Н.В., Хачанов Д.Г.* Штамм дрожжей *yarrowia lipolytica* – продуцент лимонной кислоты, способ получения лимонной кислоты и способ выделения цитрата натрия. Патент RU № 2090611, 1997.

42 *Фатыхова А.Р.* Биосинтез лимонной кислоты дрожжами *Yarrowia lipolytica* из глицерин-содержащих отходов производства биодизельного топлива: автореф. дис. канд. биолог. наук. – Пушино, 2011. – 22 с.

43 *Masayuki Machida and Katsuya Gomi.* *Aspergillus // Molecular Biology and Genomics.* Caister Academic Press, 2010. – P. 6-7.

44 Храмцова Е.А., Максимова Н.П. Селекция продуцентов: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 132 с.

45 Имшенецкий А.А., Щербакова Е.Я. О корреляции, существующей между морфологическими и физиологическими изменениями у мутантов *Aspergillus niger* // Микробиология. – 1964. – 31. – вып. 2. – С. 252-256.

46 *T Suzuki, H Fukuda, Y Sumino, S Akiyama*. Способ получения лимонной кислоты. Патент US3801455 A, 1974.

47 Федосеев В.Ф., Луриньш А.А., Берзиня В.Я., Азанда В.К., Карклиньш Р.Я., Румба А.А. А.с. SU 568677, 1977.

48 *Bonatelli Jr.R. and Azevedo J.L.* (1983) Improved reproducibility of citric acid production in *Aspergillus niger* // *Biotechnol. Lett.*, 4. – P. 761-766.

49 *Gunde-Cimerman N., Cimerman A., Perdhi A.* *Aspergillus niger* mutants for bioconversion of apple distillery wastes // *Enzyme Microb. Technol.* – 1986. – 8.– P. 166-170.

50 *Islam M.S., Begum R. and Choudhury N.* Semipilot scale production of citric acid in cane molasses by gamma ray induced mutant of *Aspergillus niger* // *Enzyme Microb. Technol.* – 1986. – 8. – P. 461-471.

51 *Pelechova J., Petrova L., Ujcova E. and Martinkova L.* Selection of a hyperproducing strain of *Aspergillus niger* for biosynthesis of citric acid on unusual carbon substrates // *Folia Microbiol.* – 1990. – 35. – P. 138-142.

52 Щербакова Е.Я., Никифорова Т.А., Галкин А.В., Жданова В.Н., Мушникова Л.Н. Штамм гриба *aspergillus niger* – продуцент лимонной кислоты. патент RU 2089615, 1997.

53 Щербакова Е.Я., Никифорова Т.А., Львова Е.Б., Степанова А.М. Способ отбора штамма гриба *aspergillus niger*. Патент RU 2198926, 2000.

54 *Abdullah-Al-Mahin, A.B.M. Sharifuzzaman M.O. Faruk M.A. Kader J. Alam R. Begum and Ha-run-Or-Rashid.* Improved Citric Acid Production by Radiation Mutant *Aspergillus niger* Using Sugarcane Bagasse Extract // *Biotechnology.* – 2012. – Vol. 11, Iss.: 1. – P. 44-49.

55 Егоров Н.С. Промышленная микробиология. – М.: Высшая школа, 1989. – 688 с.

56 Bayraktar E., Mehmetoglu U. Production of citric acid using immobilized conidia of *Aspergillus niger* // Appl Biochem Biotechnol. – 2000. May; 87(2). – P. 117-25.

57 Pramod T. and Lingappa K. Immobilization of *Aspergillus niger* in Hen Egg White for the production of Citric acid using carob pod extract. Journal of Microbiology and Biotechnology Research. – 2012. – 2 (2). – P. 265-269.

58 Marzena Blumhoff. Dissertation Zur Erlangung des Doktorgrades an der Universitat fur Bodenkultur // Genetic engineering of *Aspergillus niger* for organic acid production. Wien, 2013.

59 Никифорова Т.А., Комов В.П., Выборнова Т.В., Пиотровский Л.Б., Думпис М.А., Литасова Е.В. Способ получения лимонной кислоты. Патент № 2428481, 2011.

60 Yasser S. Mostafa, Saad A. Alamri. Optimization of date syrup for enhancement of the production of citric acid using immobilized cells of *Aspergillus niger* // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2012. – Vol. 19, Iss. 2. – P. 241-246.

61 Авчиева П.Б., Винаров А.Ю., Козлова И.А., Яшина В.Н., Первушина М.С. Способ получения посевного материала для производства лимонной кислоты: А.с. РФ № 2092557, 1997.

62 Bauweleers Hugo Marc Karel, Groeseneken Dominique Robert, Peij Van Noël Nicolaas Maria Elisabeth. Genes useful for the industrial production of citric acid. EP 1 954 712 B1.

63 Никифорова Т.А. Теоретические и практические аспекты микробиологического производства лимонной кислоты: автореф. дис. уч. ст. док. техн. наук. – СПб., 1999.

64 Philipp Gerhardt, W.W. Dorrell, and I.L. Baldwin. Citric Acid Fermentation of Beet Molasses // J Bacteriol. – 1946. – Nov. 52(5). – P. 555-564.

65 A.Philip Draycott. Sugar Beet. Blackwell Publishing, 2006. – 515 p.

66 Осипов М.Ф., Дерканосов Н.И. Способ подготовки мелассы. Патент SU № 185820, 1966.

67 Авчиева П.Б., Винаров А.Ю., Пономарева Т.А., Козлова И.А. Способ подготовки мелассы к ферментации при производстве лимонной кислоты. Патент RU № 2084529. 1997.

68 *Leo V. Curtin*. MOLASSES – GENERAL CONSIDERATIONS. National Feed Ingredients Association. West Des Moines, Iowa. 1983.

69 *Masoud Yadegary, Adel Hamidi, Seyed Abolhasan Alavi, Ebrahim Khodaverdi, Hamid Yahaghi, Sara Sattari, Ghasem Bagherpour, and Emad Yahaghi*. Citric Acid Production From Sugarcane Bagasse through Solid State Fermentation Method Using *Aspergillus niger* Mold and Optimization of Citric Acid Production by Taguchi Method // *Jundishapur Journal of Microbiology*. 2013.

70 *Rena Perez*. Molasses. Habana, Cuba. First FAO electronic conference on tropical feeds and feeding systems, 1995. – P. 233-239.

71 *Carlos R. Socol, Luciana P.S. Vandenberghe, Cristine Rodrigues and Ashok Pandey*. New Perspectives for Citric Acid Production and Application // *Food Technol. Biotechnol.* 2006. – 44 (2). – P. 141-149.

72 *Никифорова Т.А., Мушникова Л.Н., Галкин А.В.* Тростниковая меласса – сырье для производства пищевой лимонной кислоты // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 1996. – № 2. – С. 30-31.

73 History of Koji – Grains And/or Soybeans Enrobed with a Mold Culture. William Shurtleff & Akiko Aoyagi. Soyinfo Center, 2012.

74 *Трегубов Н.Н., Жарова Е.Я., Жушман А.И., Сидорова Е.К.* Технология крахмала и крахмалопродуктов. – М.: «Легкая и пищевая промышленность», 1981. – С. 323-327.

75 *Гулюка Н.Г.* Крахмал и крахмалопродукты. – М.: Агропромиздат, 1985. – 178 с.

76 *Сугимото Тосиказу (JP), Содзи Хиросу (JP)*. Способ получения жидкого коджи. Патент RU 2409659. 2009.

77 *Marie-Helene Saniez*. Method for producing citric acid. Patent US 5928911 A, 1999.

78 *Medeiros A.B.P., Pandey A., Renato J.S.F., Christen P. & Socol C.R.* Optimization of the production of aroma compounds by *Kluyveomyces marxianus* in solid-state fermentation using factorial design and response surface methodology // *Biochemical Engineering Journal*. – 2000. – № 6. – P. 33-39.

79 *Singhania R.R., Patel A.K., Socol C.R. & Pandey A.* Recent advances in solid-state fermentation // *Biochemical Engineering Journal*. – 2009. – № 44. – P. 13-18.

80 *Kuforiji, O.O., Kuboye, A.O., & Odunfa, S.A.* Orange and pineapple wastes as potential substrates for citric acid production // *International Journal of Plant Biology*. – 2010. – № 7. – P. 4.

81 *Magnuson, J.K. and Lasure, L.L.*: Organic acid production by filamentous fungi. In Tkacz, J.S. and Lange, L. (eds.) *Advances in fungal biotechnology for industry, agriculture, and medicine*. Kluwer Academic. Plenum Publishers, 2004. 30. – P. 307-340 .

82 *Asia Pacific Biotech News*. – 2002. – Vol. 6, No. 11.

83 *Chemicals & Petrochemicals. Citric Acid. Market report. Report information*, 2006.

84 *Pandey A. and Soccol C.R.*, Bioconversion of biomass: A case study of lignocellulosics bioconversions in solid state fermentation // *Brazilian Arch. Biol. Technol.* – 1998. – 41. – P. 379-390.

85 *Pandey A., Soccol C.R., Nigam P. and Soccol V.T.*, Biotechnological potential of agro-industrial residues: sugarcane bagasse // *Bioresource Technology*. – 2000. – 74. – P. 69-80.

86 *Vandenbergh L.P.S., Soccol C.R., Pandey A. and Lebeault J.-M.* Produção de ácido cítrico por fermentação no estado sólido com *Aspergillus niger* LPB 21 à partir do bagaço de mandioca. VIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, May 13-15, Rafaela, Santa Fé, Argentina. 1999.

87 *Vandenbergh L.P.S., Pandey A., Soccol C.R., and Lebeault J.-M.* Citric acid production by *Aspergillus niger* in solid-state fermentation on coffee husk. III Internatl Sem Biotechnol Coffee Agroindustry, May 26-29, Londrina, Brazil. 1999.

88 *Vandenbergh L.P.S., Soccol C.R. Pandey A. and Lebeault J.-M.* Solid-state fermentation for synthesis of citric acid by *Aspergillus niger* // *Bioresource Technology*. – 2000. – Vol. 74, Iss. 2. – P. 175-178.

89 *Hang Y.D., Woodams E.E.* Solid state fermentation of apple pomace for citric acid production // *MIRCEN journal of applied microbiology and biotechnology*. – 1986. – Vol. 2. – Iss. 2. – P. 283-287.

90 Angumeenal A.R., Venkappaya D. An overview of citric acid production // *Food Science and Technology*. – 2013. – 50. – P. 367-370.

91 Prado F.C., Vandenberghe L.P.S., Woiciechowski A.L., Rodrigues-León J.A. and Soccol C.R. Citric acid production by solid-state fermentation on a semi-pilot scale using different percentages of treated cassava bagasse. – 2005. – Vol. 22, No. 04. – P. 547-555.

92 Joshi V.K., Attri Devender. Solid state fermentation of apple pomace for the production of value added products // *Natural Product Radiance*. – 2006. – Vol. 5(4). – P. 289-296.

93 Hailemariam feleke. small-scale citric acid production on solid-state fermentation using aspergillus niger. Addis ababa university, 2010.

94 Dhillon G.S., Brar S.K., Verma M. and Tyagi R.D. Enhanced solid-state citric acid bio-production using apple pomace waste through surface response methodology // *Journal of Applied Microbiology*. – 2011. – Vol. 110, Iss. 4. – P. 1045-1055,

95 Hossam S. Hamdy. Citric acid production by *Aspergillus niger* grown on orange peel medium fortified with cane molasses // *Ann Microbiol*. – 2013. – 63. – P. 267-278.

96 Karthikeyan A., Florida A&M University. Sivakumar N., Department of Biotechnology, Alagappa University, Karaikudi, India. Citric acid production by Koji fermentation using banana peel as a novel substrate, 2010.

97 Varsha g shetty. production and optimization of citric acid by aspergillus niger using molasses and corncob // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. – 2015. – Vol 7, Iss. 5. – P. 152-157.

98 Ray R.C. and Ward O.P. Microbial Biotechnology in Horticulture. Science Publishers // New Hampshire. – 2006. – Vol. 1. – 596 p.

99 Мушникова Л.Н., Никифорова Т.А., Галкин А.В., Туник Н.А., Позднякова Т.А. Способ получения лимонной кислоты. Патент РФ № 2084530, 1997.

100 Vandenberghe L.P.S. Development of process for citric acid production by solid-state fermentation using cassava agro-industrial

residues. PhD thesis // Universite de Technologie de Compiègne, Compiègne, France, 2000. – 205 p.

101 *Soccol C.R., Vandenberghe L.P.S.* Overview of applied solid-state fermentation in Brazil // *Bio-chem. Eng. J.* – 2003. – № 13. – P. 205-218.

102 *Авчиева П.Б., Винаров А.Ю.* Способ получения лимонной кислоты в непрерывном режиме патент РФ № 2076906. 1997.

103 *Wieczorek S., Brauer H.* Continuous production of citric acid with recirculation of the fermentation broth after product recovery // *Bioprocess Engineering.* – 1998. – 18. – P. 1-5.

104 *Винаров А.Ю., Сидоренко Т.Е., Сметанина С.Е.* Способ направленного биосинтеза лимонной кислоты. Патент РФ 2095416, 2009.

105 *Fumio Noda, Kazuya Hayashi, Keitaro Mogi, Takashi Iwaasa, Takeji Mizunuma, Toshio Sakasai.* Process for producing solid koji. Patent US 4329370 A, 1979.

106 *Belén Max, José Manuel Salgado, Noelia Rodríguez, Sandra Cortés, Attilio Converti, José Manuel Domínguez.* Biotechnological production of citric acid. REVIEW // *Braz. J. Microbiol.* – 2010. – Vol. 41, no. 4. São Paulo.

107 *Pandey A.* Aspects of fermenter design for solid-state fermentation // *Process Biochem.* – 1991. – 26. – P. 355-361.

108 *Pandey A.* Recent Process Developments in Solid State fermentation // *Process Biochemistry.* – 1992. – 27. – P. 109-117.

109 *Pandey A.* Solid state fermentation: An overview. In – *Solid State Fermentation.* Ed. A. Pandey, Wiley Eastern Publishers // New Delhi. – 1994. – P. 3-10.

110 *Maddox I.S. and P.J. Kingston.* Use of immobilized cells of yeast, *Saccharomycopsis lipolytica*, for the production of citric acid // *Biotechnol. Lett.* – 1983. – 5. – P. 795-798.

111 *Tisnadajaja D., Gutierrez N.A., Maddox I.S.* Citric acid production in a bubble-column reactor using cells of the yeast *Candidaguilliermondii* immobilized by adsorption onto sawdust // *Enzyme Microb. Technol.* – 1996. – 19. – P. 343-347.

112 *Pandey A., Soccol C.R., Rodriguez-Leon J.A., Nigam.* Production of organic acids by solid-state fermentation. In: *Solid-State*

Fermentation in Biotechnology – Fundamentals and Applications, Asiatech Publishers Inc., New Delhi, 2001. – P. 113-126.

113 *Soccol C.R., Vandenberghe L.P.S., Rodrigues C. & Pandey A.* New prospectives for citric acid production and application // Food Technology and Biotechnology. – 2006. – 44. – P. 141-149.

114 *Grewal H.S., Kalra K.L.* Fungal production of citric acid // Biotechnol. Adv. – 1995. – 13(2). – P. 209-234.

115 *Сотников Е.И.* Получение лимонной кислоты: А. с. изобретения SU 43649. 1934.

116 *Смирнов К.А., Алашкевич Ю.Д., Решетова Н.С.* Особенности твердофазной ферментации // Химия растительного сырья. – 2009. – № 3. – С. 161-164.

117 *Ehsan Darouneh, Abolhasan Alavi, Manouchehr Vosoughi, Mahdi Arjmand, Aliakbar Seifkordi and Rouhollah Rajabi* Citric acid production: Surface culture versus submerged culture // African Journal of Microbiology Research. – 2009. – Vol. 3(9). – P. 541-545.

118 *Apelblat Alexander* CITRIC ACID. Springer. 2014.

119 *Takasumi HATTORI.* Physiological Analysis of Cyanide-Insensitive Alternative Oxidase and Its Application to Metabolic Engineering of Citric Acid-Producing *Aspergillus niger*. Waseda University. Tokyo, 2008.

120 *Gopinath S.M., Puttaiah E.T., Narasimha T.P. Murthy.* citric acid production by *aspergillus niger* ETGP12, ETGP18 on solid state fermentation and effect of initial temperature on yield // International Journal of Pharma and Bio Sciences. – 2011. – Vol. 2, Iss. 4.

121 *Alexander Batti Mario.* Process for production of citric acid. US 3290227 A. 1966.

122 *Павлова О.В.* Исследование влияния рН на синтез биомассы *Aspergillus niger* при глубинном культивировании на свекловичной мелассе. Современные технологии сельскохозяйственного производства // Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. науч. ст. по матер. XVII Междунар. науч.-практ. конф., г. Гродно, 16 мая 2014 г. – Гродно: ГГАУ, 2014. – С. 123-124.

123 *Авчиева П.Б., Винаров А.Ю., Козлова И.А.* Минеральный состав для питательной среды, используемой при получении



нии лимонной кислоты. Патент РФ 2007459, 1994.

124 *Max Rohr, Christian P. Kubicek Jiri. Kominek. Citric Acid. Wien, Austria, 2001.*

125 *Angumeenala A.R., Venkappayya D. Effect of transition metal ions on the metabolism of Aspergillus niger in the production of citric acid with molasses as substrate // Journal of Scientific & Industrial Research. – 2005. – Vol. 64. – P. 125-128.*

126 *Masahiko Izumi. Koji making method. Patent US 4048340 A, 1975.*

127 *Santi Kulprathipanja. Separation of citric acid from fermentation broth with a strongly basic anionic exchange resin adsorbent. Patent US No 4851574. 1989.*

128 Способ получения лимонной кислоты. Патент РФ № 2050422, 1995.

129 *Морозов Л. А. [RU], Никифоров Ю.Н. [UA], Хрычев Г.А. [RU], Морозов А.Л. [RU], Штень А.А. [UA], Никифорова В.Н. [UA], Шапошник Б.А. [UA], Рожко А.В. [UA], Бозяк А.Ф. [UA], Ломова Г.П. [UA], Елькин В.Д. [RU], Семенюта Л.А. [RU], Журавлев В.С. [RU]. Способ получения лимонной кислоты. Патент РФ № 2039085, 1995.*

130 *Felman Steven W. (Granger, US), Patel Chetna (Naperville, US), Patwardhan Bhalchandra H. (Granger, US), Solow David J. (Elkhart, US). Process for producing citric acid from an impure process stream. Patent US No 5,827,700. 1998.*

131 *Макагонова Н.Н., Черпалова Т.М., Галкин А.В., Курочкина Ю.В. Способ получения лимонной кислоты. Патент РФ № 2129612. 1999.*

132 *Rudolf Boensch, Klaus Hohmann, Juergen Kuhn, Vaclav Cerny, Frantisek Hotek, Jiri Pendl. Process for producing citric acid and/or citrates. Patent US 6087139 A. 2000.*

133 *Сорокодумова С.В. Оптимизация процесса кристаллизационной очистки лимонной кислоты: автореф. дис. уч. ст. канд. техн. наук. – М., 2002. – 194 с.*

134 *G. Singh Dhillon, S Kaur Brar, M. Verma, R.D. Tyagi. Recent Advances in Citric Acid Bioproduction and Recovery // Food and*

Bioprocess Technology. – 2010. – 4(4). – P. 505-529.

135 *Герман Л.С.* Комплексная технология переработки некондиционного зерна как исходная стадия биотехнологических производств: автореф. дис. уч. ст. канд. техн. наук. – М., 2012. – 235 с.

136 *Vandenberghe L.P.S., Socol C.R., Prado F.C., Pandey A.* Comparison of citric acid production by solid-state fermentation in flask, column, tray and drum bioreactor, *Appl // Biochem. Biotechnol.* – 2004. – № 118. – P. 1-10.

137 *Kubicek C.P., Rohr M.* Citric acid fermentation // *Crit. Rev. Biotechnol.* – 1986. – № 3. – P. 331-373.

138 *Ремеле В.В., Шаймерденова Д.А., Булашев Б.К.* Микробное разнообразие в зерне основных культур Казахстана: матер. конф. // Перспективные вопросы мировой науки – 2013.

139 Marie-Helene Saniez. Method for producing citric acid. Patent US 5928911 A. 1999.

140 Method for preparing bran starter for citric acid by liquid inoculation. Patent CN 103667372 A. 2014.

**Кудасов К.К.** (7727) 3947267. [almaservice@gmail.com](mailto:almaservice@gmail.com)

**Берстенёв С.В.** (7727) 3947267. [sberstenyov@mail.ru](mailto:sberstenyov@mail.ru)

**Волков Д.В.** (7727) 3947267. [spiritdem@mail.ru](mailto:spiritdem@mail.ru)

**Жамбакин К.Ж.** (7727) 3947562

тел./факс: (7727) 3947562; e-mail: [ipbb\\_kz@yahoo.com](mailto:ipbb_kz@yahoo.com)

# МАШИНОСТРОЕНИЕ

---

МРНТИ 55.53.13, 75.31.37

**М. В. Дудкин, С. Ю. Пичугин, С. Н. Фадеев**

Восточно-Казахстанский государственный  
технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

## МЕТОДИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДОРОЖНОГО КАТКА С УПЛОТНЯЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ

---

**Аннотация.** Актуальной остается проблема функциональной аппроксимации сдвигающих (касательных) контактных напряжений в дорожном материале, которые наряду с нормальной составляющей оказывают существенное влияние на коэффициент сопротивления и напряженно-деформированное состояние дорожного покрытия в условиях качения вальца. Отсутствие общей методологии по теории уплотнения стимулирует разработчиков строительного-дорожного машин к созданию различных приближенных методов их расчета, количество которых в настоящее время сопоставимо с номенклатурой предлагаемых конструкций. Приведена универсальная методика статического контакта дорожного катка с уплотняемым слоем, которая обобщает частную теорию расчета на подвижные (ведущие и ведомые) эллиптические и круговые вальцы с учетом известных достижений и рекомендаций, касающихся этого перспективного научно-исследовательского направления.

**Ключевые слова:** дорожный каток, гибкий валец, обечайка, автомобильные дороги.



**Түйіндеме.** Өнеркәсіптің және ауыл шаруашылығының тұрақты дамуы мен отандық өндірушілердің бәсекелестігін жоғарылату үшін, қазақстандықтардың өмір сүру жағдайын жақсарту үшін, ұлттық қауіпсіздікті берік ұстау үшін, халықаралық көлік жүйесінде біздің еліміздің көлік кешенін енгізу, жол желісін дамыту деңгейіне байланысты. Автомобиль жолдарын пайдалануға беруде сапасын жоғарылатудың маңыздылығының бірі олардың үстіңгі

бетінің беріктігі мен пайдалану мерзімінің ұзақтығы. Ал ол тығындаудың тереңдігі мен сапасына байланысты. Дәстүрлі құрастыруды қолдануды универсалды етіп жобалауға болмайды, бір ізбен бірнеше рет жүргендегі тығыздағыш материалдың қасиетіне байланысты жол айдынының жұмыс органы берілді, ол жол құрылысының белгілі бір дәрежедегі технологиясын жақсартады және көп шығынсыз қазіргі жол құрылысының сапасы мен жылдамдығын қамтамасыз етеді. Мақалада тығыздағыш материалдардың жол айдынында жұмыс органдарының құрастырушы жұмыс істеу қабілетінің талдауы берілген.

**Түйінді сөздер:** жол айдыны, икемді жынышқы, обечайка, автомобиль жолдары.



**Abstract.** Sustainable development of industry and agriculture, improving the competitiveness of domestic producers, improving the life quality of Kazakhstan citizens, strengthening of the national security, introduction of transport complex of our country into the international transport system depends on the level of development of the road network. One of the conditions of improving the quality of roads is the durability and endurance of the road surface, which mainly depends on quality and depth of their sealing. The use of traditional construction of rolls will not allow designing universal roller, which can adapt to the current properties of sealing material even in several passes on one track. The working body of roller is presented, which will greatly improve the technology of road construction of modern roads at low cost. The article presents the analysis of working capacity of the road roller's working body on the sealing material.

**Key words:** road roller, flexible roll, ring, autotrass.

**Введение.** Процесс строительства автомобильных дорог представляет собой довольно сложную технологическую задачу. Для устройства дорожных одежд применяется целый комплекс разнообразных по назначению и своим возможностям дорожно-строительных машин. Однако, несмотря на четко отработанную в теоретическом отношении технологию строительства автомобильных дорог, долговечность их на практике оказывается не такой большой, как это следовало бы из расчета. Основной причиной преждевременного износа и разрушения конструкции дороги является недоуплотнение её основания и других технологических слоев, часто из-за несовершенства применяемой дорожной техники, её неспособности дозировать и регулировать свое силовое давление на уплотняемую среду, поэтому в условиях современного строительства дорог уплотнению

дорожно-строительных материалов и развитию конструкций уплотняющих дорожных машин уделяется особенно большое внимание. Дальнейшее развитие дорожного строительства требует совершенствования организации строительных работ и улучшения качества и возможностей, а также универсальности дорожных и строительных машин.

Стоимость уплотнения составляет 2-4 % [1] всей стоимости строительства автомобильной дороги. Однако некачественное проведение этой технологической операции в формировании структуры дорожно-строительных материалов и покрытий дорожных одежд приводит к значительным потерям. Уплотнение является технологической операцией, которая определяет эксплуатационные показатели, надежность и долговечность самой дороги и её конструкции. Недоуплотнение всего на 1-2 % уменьшает прочность покрытия на 12-16 %, а долговечность – на 14-20 %.

По мере уплотнения грунта растет и его прочность. В частности, по достижении в насыпи коэффициента уплотнения 0,95 прочность связного грунта повышается в 1,5-1,6 раза, а при 1,0 – в 2,2-2,3 раза по сравнению с прочностью в начальный момент уплотнения (коэффициент уплотнения 0,80-0,85).

Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности. Качество, стоимость и темпы дорожных работ, возможность применения принципиально новых технологий, конструкций и материалов во многом определяются наличием современной дорожной техники. Основная машина для уплотнения – дорожный каток.

На первый взгляд, трудно придумать машину более простую, чем каток. Кажется, главная идея, воплощенная в этом виде техники, лежит на поверхности: чем тяжелее, тем лучше. Но оказалось, что если силовое воздействие, передаваемое от катка на уплотняемую среду выше её предела прочности, то матери-

ал начинает разрушаться. Если скорость уплотнения выше некоторой допустимой величины или слой уплотняемого материала слишком велик, то перед вальцом катка образуется волна сдвигаемого им материала, и уплотнение становится малоэффективным и сменяется разрушением [2]. Поэтому остро стоит вопрос о создании дорожных катков, способных плавно регулировать воздействие рабочих уплотняющих органов на деформируемую среду в зависимости от её изменяющихся в процессе уплотнения характеристик, а вопросы взаимосвязи производительности катка с его геометрическими и динамическими параметрами, скоростью и деформацией уплотняемого слоя за один проход являются актуальными, так как их решение позволит обеспечить требуемые показатели качества строительства.

Примером может служить тандемный каток с двумя ведущими сдвоенными вальцами «Amir» (Канада), который способен изменять давления на уплотняемую среду во время её укатки. Между вальцами находятся 4 опорных ролика (катка), катящихся по бесконечной плотной ленте (рис. 1) [3]. Каждый из ведущих вальцов представляет собой комбинацию различных по величине опорных и ведущих роликов, обтянутых общей бесконечной упругой лентой. Принудительный наклон вальца или поднятие одного или нескольких роликов обеспечивают изменение статического давления на уплотняемый материал.

Недостатками данной конструкции являются низкая производитель-



Рис. 1. Тандемный каток с двумя ведущими гибкими вальцами

ность работы и отсутствие возможности увеличения массы машины при помощи дополнительных грузов.

Возможность разнонаправленной передачи динамической нагрузки верхним слоям уплотняемого материала реализована в конструкции пневмовибрационных катков типа Sakai GW750 (рис. 2) [4], в котором объединены преимущества пнев-

мошинных и вибрационных катков.

Динамическая нагрузка, генерируемая вибровозбудителем этого катка с частотой 40 Гц, передаваемая через шину, заполненную воздухом, не вовлекает в колебания огромную массу близлежащего грунта, а за счет упругих колебаний шины передает разнонаправленную динамическую силу верхним слоям уплотняемого материала. Недостаток данного катка – большая



Рис. 2. Пневмовибрационный каток GW750 фирмы «Sakai»

потеря вынуждающей силы в пневматических колесах.

Проведенные исследования и анализ современного развития дорожных катков и их рабочих органов показывают, что дорожные катки для уплотнения дорожно-строительных материалов еще не в достаточной мере соответствуют потребностям дорожной практики. В данной статье предложена новая конструкция рабочего органа дорожного катка с гибкой обечайкой, которая способна адаптироваться к любым свойствам уплотняемого материала и регулировать силу давления с помощью увеличения или уменьшения площади контакта вальца с уплотняемым материалом.

**Цель работы** – повышение эффективности процесса уплотнения путем создания новой конструкции рабочего органа дорожного катка с регулируемым давлением на уплотняемую среду.

**Методы исследования.** При проведении исследований применялись методы теоретической механики, математического анализа, математической статистики и теории вероятностей, конструирования и технико-экономической оценки.

**Основные результаты.** Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности. Качество, стоимость и темпы дорожных работ, возможность применения принципиально новых технологий, конструкций и материалов во многом определяются наличием современной дорожной техники [5].

Для уплотнения асфальтобетонного покрытия применяются дорожные катки. Технология уплотнения дорожного покрытия вальцевыми катками предусматривает использование, как правило, нескольких комплексов с различными типоразмерами катков.

Комплекс катков, состоящий из легкого, среднего и тяжелого типов, которые имеют оптимальное линейное давление соответственно 15-20, 35-40 и 50-60 кН/м, позволяет начинать укатку при высоких температурах асфальтобетонной смеси (130-135 °С), что обеспечивает высокое качество уплотнения за меньшее число проходов. Эти катки просты по конструкции и не вызывают трудностей при эксплуатации, однако на месте работ необходимо иметь не менее трех типоразмеров катков. Наличие большого количества единиц катков затрудняет организацию их четкой работы и размещение этого оборудования на ограниченном участке дорожной полосы. Вследствие этого комплекс машин, обеспечивающий процесс устройства конструктивных слоев дорожной одежды, обладает низкой производительностью, высокими показателями энерго- и металлоемкости, насыщен людскими ресурсами [5,6].



Для решения вышеизложенных проблем предложен валец дорожного катка с изменяемой формой, а следовательно, и площади контактируемой поверхности, которая обеспечивает непрерывное регулирование силового воздействия катка на уплотняемую среду путем изменения диаметра кривизны вальца в заданных пределах изменения характеристики уплотняемого материала в зоне их контакта, что в конечном итоге позволяет получить требуемые характеристики уплотнения дорожно-строительных материалов (рис. 3). Тогда все этапы уплотнения любого материала можно выполнять катками одного типоразмера, регулируя их силовое воздействие на уплотняемый материал [7].

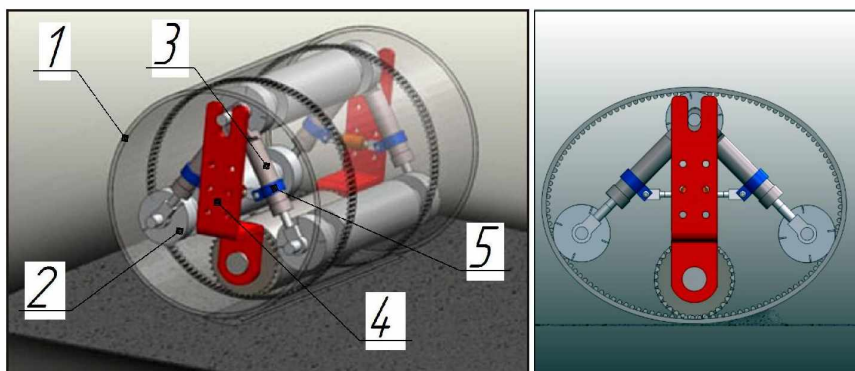


Рис. 3. Валец дорожного катка с изменяемой геометрией

Валец дорожного катка, содержит обечайку 1 из упругого материала с расположенными в её полости и контактирующими с внутренней поверхностью обечайки опорными роликами 2, соединенными с гидроцилиндрами 3, смонтированными на раме катка 4. Опорные ролики 2 установлены внутри обечайки 1 на всю её ширину и с обоих концов соединены осями при помощи гидроцилиндров 3, а оси двух противоположных опорных роликов 2 в вертикальной плоскости дополнительно соединены с гидроцилиндрами 3. Опорные ролики 2 установлены внутри обечайки 1 на всю её ширину и с обоих концов соединены ося-

ми 5, причем оси 5 двух противоположных опорных роликов 2 в вертикальной плоскости дополнительно соединены с гидроцилиндрами 3.

*Валец дорожного катка работает следующим образом.*

При движении катка обечайка 1 перекачивается по поверхности уплотняемого материала. Внутри обечайки 1 перекачиваются контактирующие с ней опорные ролики 2. Упираясь во внутреннюю часть обечайки 1, опорные ролики 2, установленные на всю ширину обечайки 1, под действием гидроцилиндров 3 равномерно деформируют ее. При этом радиус кривизны вальца в зоне контакта с уплотняемой поверхностью принудительно равномерно изменяется по всей ширине вальца.

Для определения зависимостей между параметрами катка и характеристиками уплотняемого слоя дорожного покрытия рассмотрим известную схему распределения уплотняющих усилий при движении вальца катка по рыхлому основанию, (рис. 4.). Нарастание контактного давления происходит до тех пор, пока не будет преодолено сопротивление трению и сцеплению между частицами твердой фазы, а также выжиманию (с фильтрацией) воздуха через поры слоя.

Первая зона предопределяет процесс уплотнения, связанный с вытеснением воздуха, который активно вытесняется во второй зоне. Если на участке первой зоны наряду с вертикальными деформациями может происходить деформация сдвига, то во второй зоне объем материала, находящегоо-

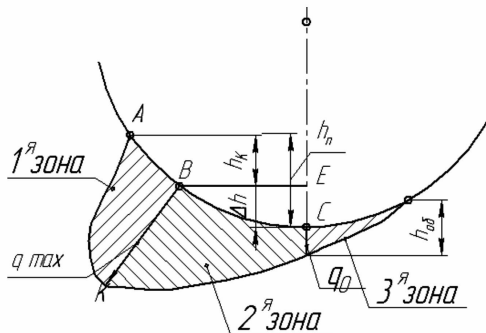


Рис. 4. Распределение уплотняющих зон, давлений и осадок при движении вальца с изменяемой геометрией по рыхлому основанию

сы под вальцом, будет подвержен главным образом вертикальным деформациям. Во второй зоне наблюдается процесс ползучести, обусловленный вытеснением воздуха. Третья зона связана с процессом разгрузки и падением давления.

Совмещение линии максимального давления ВК с вертикальной осью вальца свидетельствует о прекращении процесса уплотнения вальцом в данных условиях. Характер распределения контактных давлений служит показателем степени использования катка в процессе уплотнения.

Для связи между параметрами катка и характеристикой уплотняемого материала недостаточно установить связь между давлением и плотностью, необходимо также установить связь между затратами энергии (мощности) или импульсом давления и приращением плотности, т.е. уменьшением количества и объема воздуха.

Рассмотрим схему работы вальцов дорожного катка при взаимодействии их с уплотняемой средой (рис. 5). При проезде металлического вальца возникают силы сопротивления вдавлению, за счет чего происходит деформация уплотняемой среды [8, 1]. Образовавшаяся зона контакта рабочего органа с уплотняемым материалом имеет определенное значение площади контакта  $F_k$  и среднего значения контактных давлений,  $\sigma_k$ . На глубине  $Z$  уплотняемого материала в любой точке возникает напряженное состояние, величина которого зависит от величины  $F_k$  и  $\sigma_k$  и толщины уплотняемого слоя.

Вследствие напряженного состояния происходит деформация уплотняемого материала, которая сопровождается, во-первых, перемещением частиц материала в новое положение и, во-вторых, видоизменением внутренних связей.

Вследствие наличия у уплотняемого материала упруговязко-пластических связей деформация протекает не мгновенно, а требует определенного времени. Время, в течение которого материал находится в напряженном состоянии, определяется при всех прочих равных условиях поступательной скоростью рабочих

органов катка (вальцов). Таким образом, эффект уплотнения зависит от напряженного состояния, возникающего в каждом элементарном объеме материала и времени его действия. Величина и время действия напряженного состояния определяются, в свою очередь, величиной среднего контактного давления и площадью контакта, характером распределения напряжений по площади контакта и поступательной скоростью.

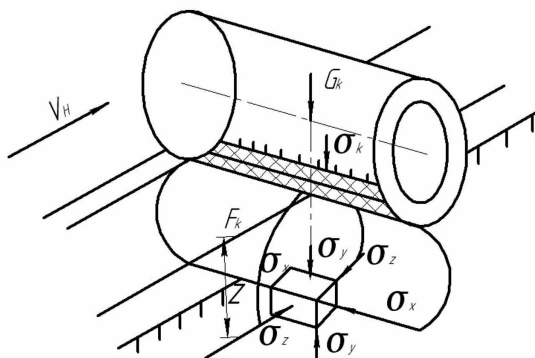


Рис. 5. Напряженное состояние элементарного объема уплотняемой среды [1].  $F_k$  – Площадь контакта рабочего органа дорожного катка с уплотняемым материалом;  $s_k$  – контактные давления;  $V_H$  – направление движения;  $Z$  – глубина уплотняемого материала;  $G_k$  – вес машины;  $s_x, s_y, s_z$  – точки возникновения напряженного состояния в уплотняемом материале

Рассмотрим контактные параметры гладкого металлического вальца катка. Основными контактными параметрами являются  $F_k$  – площадь контакта;  $\sigma_k$  – контактные давления.

Как известно, среднее давление на поверхности контакта вальца определяется из выражения:

$$\sigma = \frac{Q}{F_k}, \quad (1)$$

где  $Q$  – нагрузка на валец, кг;

$F_k$  – площадь контакта, м<sup>2</sup>.

Следовательно,

$$\sigma_k = f(F_k). \quad (2)$$

Для определения  $F_k$  рассмотрим рис. 3, из которого находим:

$$F_k = B \cdot R \cdot \alpha \quad (3)$$

где  $B$  – ширина вальца;

$R$  – радиус вальца;

$\alpha$  – угол соприкосновения вальца с уплотняемой средой.

Основная сложность состоит в выводе угла  $\alpha$  через известные величины. Вывод общей формулы определения угла  $\alpha$  предпринимался многими авторами [6, 8] с учетом собственных, определенных характеристик уплотняемой среды.

Принимая глубину деформации грунта  $h$ , находим из рис. 6:

$$\cos \alpha = \frac{R-h}{h} \quad (4)$$

$$\alpha = \text{Arc cos} \frac{R-h}{h} \quad (5)$$

Теперь, рассмотрим состояние материала до уплотнения (рис. 7а) и после уплотнения (рис. 7б).

Обозначив глубину слоя до уплотнения  $H_0$  и объемный вес скелета грунта  $\gamma_0$ , получим вес материала на квадратную единицу площади  $H_0 \cdot \gamma_0$ . Этот вес остается неизменным и после приложения нагрузки, когда материал деформируется на толщину  $h$ , в то время как объемный вес скелета грунта равен  $\gamma$ .

Вес материала в этом случае будет:  $(H_0 - h) \cdot \gamma$ .

Следовательно, можно записать:

$$H_0 \gamma_0 = (H_0 - h) \cdot \gamma \quad (6)$$

$$h = H_0 \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \quad (7)$$

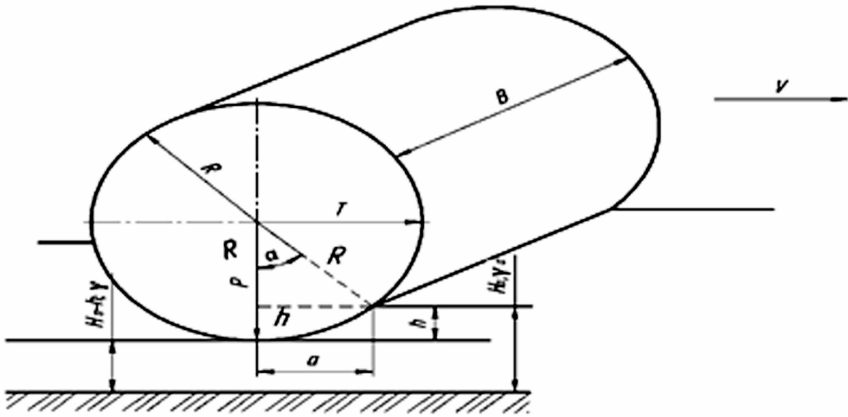


Рис. 6. Основные параметры контакта вальца с изменяемой геометрией с уплотняемой средой

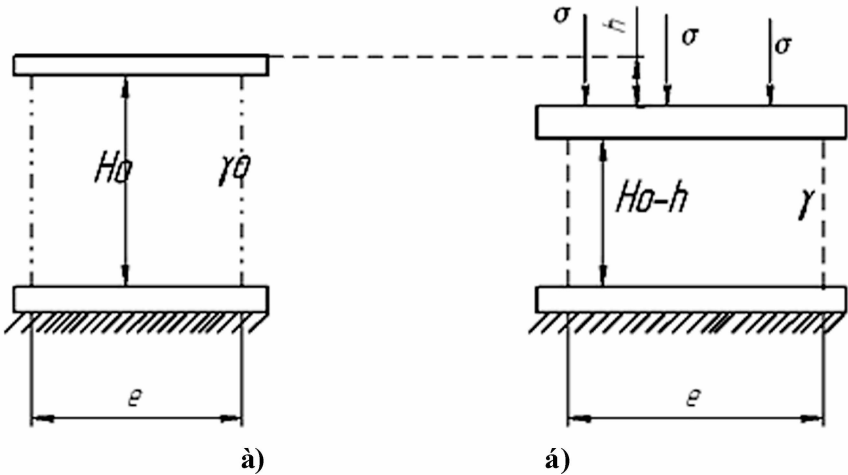


Рис. 7. Изменение параметров уплотняемой среды в процессе уплотнения

$$\alpha = \text{Arc cos} \frac{R - H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}{H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})} \quad (8)$$

Площадь контакта найдем по формуле:

$$F_k = B \cdot R \cdot \text{Arc cos} \frac{R - H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}{H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})} \quad (9)$$

В итоге получим закон изменения контактных напряжений для гладкого металлического вальца дорожного катка:

$$\sigma_k = Q \cdot [B \cdot R \cdot \text{Arc cos} \frac{R - H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}{H_o(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma})}]^{-1} \quad (10)$$

Оценим влияние конструктивных параметров рабочих органов катков и режимов процесса уплотнения на качество уплотнения асфальтобетонных смесей дорожных покрытий.

Для определения коэффициента уплотнения были отформованы и испытаны образцы-вырубки асфальтобетона, результаты измерений которых представлены в табл. 1, 2.

Средняя плотность образца-вырубки по сравнению с плотностью переформованного образца составляет 0,97 для гладкого жесткого вальца и 0,99 – для гибкого, что говорит о достаточной степени уплотнения в обоих случаях.

По результатам натуральных экспериментов построены зависимости изменения средней плотности материала с различной начальной температурой (60-70 °С и 95-100 °С) от вида катка и количества его проходов с одинаковой скоростью по одному следу (рис. 8), а также от изменения скорости катка (рис. 9).

Таблица 1

**Экспериментальная сравнительная зависимость коэффициента уплотнения от плотности смеси (по ГОСТ 12801-98)**

№ керна	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, %	Переформованные керны		Коэффициент уплотнения, K <sub>y</sub>
			плотность, кг/м <sup>3</sup>	водонасыщение, %	
1	2207	8,57	2360	2,22	0,93
2	2277	4,23	2370	2,23	0,96
3	2289	3,41	2370	2,21	0,97
4	2308	3,50	2380	2,22	0,97
5	2324	3,11	2370	2,21	0,98
6	2260	4,66	2360	1,72	0,96
7	2282	3,72	2370	1,64	0,96
8	2297	4,13	2360	1,98	0,97

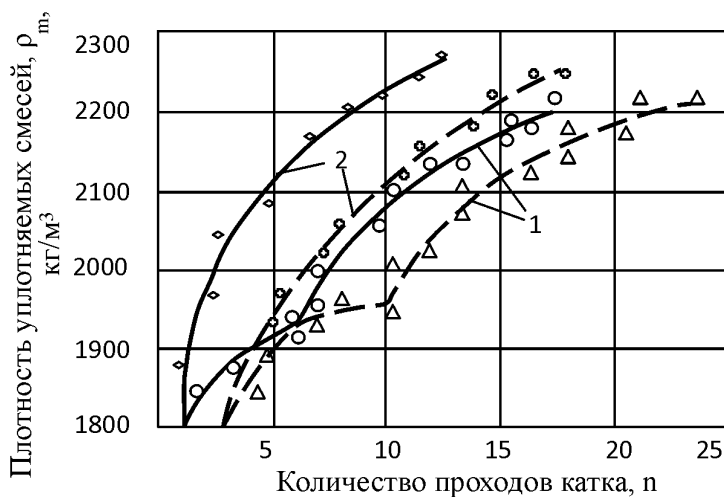
Таблица 2

**Зависимость коэффициента уплотнения от плотности смеси**

Средняя плотность переформованного образца, кг/м <sup>3</sup>	Средняя максимальная плотность материала (кг/м <sup>3</sup> ) в зависимости от типа катка		Влияние типа катка на коэффициент уплотнения	
	гладко-вальцовый каток	каток с гибким вальцом	гладко-вальцовый каток	каток с гибким вальцом
2280±10	2220±20	2270±10	0,97	0,99

Штриховой линией на рис. 8 показано изменение плотности для асфальтобетонной смеси с начальной температурой уплотнения 60-70 °С, а сплошной линией – с температурой 95-100 °С.





Кривые уплотнения: 1 – жесткий гладкий валец; 2 – гибкий валец

Рис. 8. Сравнительные характеристики изменения плотности уплотняемых смесей  $\gamma_{\text{м}}$  в зависимости от проходов катка n

На рис. 9 представлены зависимости для холодной песчаной асфальтобетонной смеси с температурой начала уплотнения 60-70 °С. С уменьшением температуры смеси как обобщенного показателя технологических свойств асфальтобетонной смеси уплотняемость ухудшается при использовании катков с линейным давлением  $q=45000-65000$  Н/м. Для катков с линейным давлением  $q=80000$  Н/м изменение температуры смеси в пределах 100-160 °С существенно не сказывается на ее уплотняемости, т. е. уменьшением пятна контакта гибкого вальца с уплотняемой средой можно уплотнять более холодные смеси с достижением коэффициента уплотнения  $K_y=0,97$  при числе проходов  $n=12$  (рис. 10).

Сравнительные эксперименты эффективности гладковальцового катка ДУ-47 и этого же катка, с гибким вальцом показали, что изменение кривизны вальца позволяет за одно и то же коли-



Рис. 9. Зависимость изменения плотности слоя  $\gamma_m$  от скорости  $V_k$  и числа проходов  $n$  катка (сплошной линией указан каток с гибким вальцом).

Скорость движения катка: 1 –  $V_k=0,56$  м/с; 2 –  $V_k=2,78$  м/с

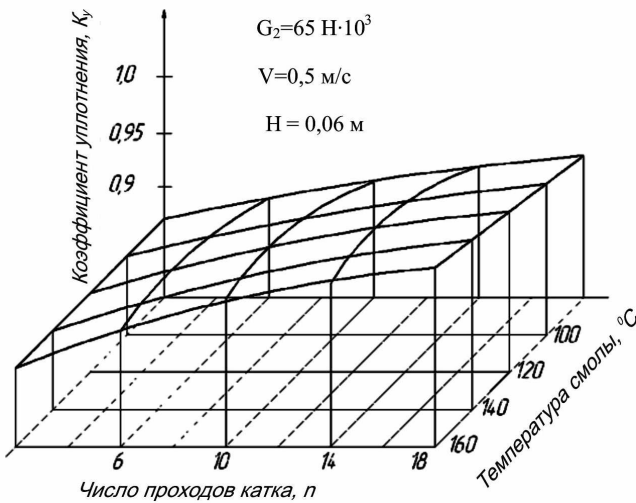


Рис. 10. Зависимость коэффициента уплотнения от температуры асфальтобетонной смеси и числа проходов катка

чество проходов по одному следу достичь более высокого коэффициента уплотнения (рис. 11). За 20 проходов катка с гибким вальцом был достигнут коэффициент уплотнения 0,986, а с жестким вальцом – только 0,910.

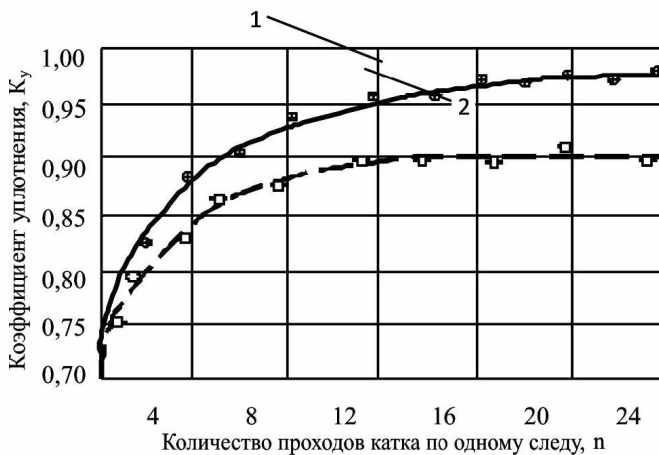


Рис. 11. Экспериментальная зависимость коэффициента уплотнения от количества проходов и типа катка: 1 – каток с гибким вальцом; 2 – каток с жестким гладким вальцом

Показатель водонасыщения определялся на образцах, отобранных из уплотняемого материала, методами закладных колец и выбуривания. Водонасыщение характеризует открытую пористость асфальтобетона. С увеличением количества проходов катка этот показатель также стремится к предельному значению, соответствующему предельной плотности.

Причем для гибкого вальца коэффициент уплотнения имеет продолжающуюся тенденцию к увеличению, тогда как для жесткого вальца он уже стабилизировался и увеличивался незначительно. Увеличение толщины уплотняемого слоя  $h$  приводит к снижению уплотняющей способности катков, увеличе-

нию числа проходов по одному следу, так как удельного давления на смесь уже не хватает для её деформации (рис. 12).

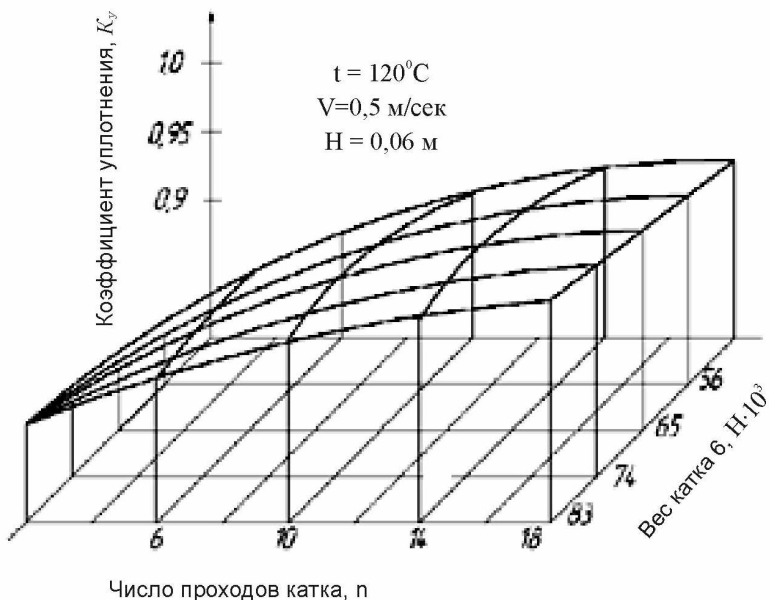


Рис. 12. Зависимость коэффициента уплотнения от массы и числа проходов катка

С увеличением удельного давления рабочего органа катка (рис. 13), обеспечиваемого изменением радиуса кривизны гибкого вальца в зоне контакта с уплотняемой средой, его уплотняющая способность увеличивается, что согласуется с данными А. Ф. Зубкова [9].

Следовательно, материал можно уплотнять одним типоразмером катка, регулируя его воздействие на уплотняемую среду, что вполне выполнимо при работе гибкого вальца: изменяя радиус кривизны вальца, мы изменяем пятно контакта, а значит, и передаваемое давление катка, при сохранении его статичес-

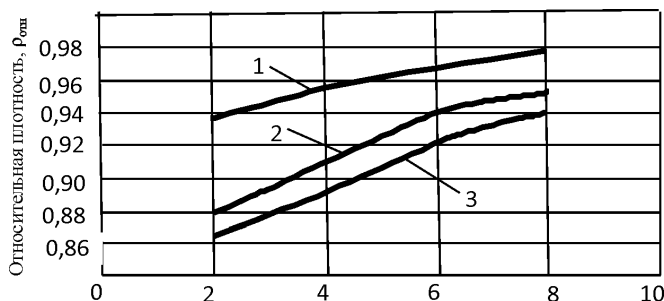


Рис. 13. Экспериментальная зависимость относительной плотности по глубине уплотнения от удельного давления под вальцом катка. Глубина слоя: 1 – 0,05 м; 2 – 0,15 м; 3 – 0,30 м.  
Удельное давление на материал, кг/см

кой массы. Результаты сравнительных испытаний уплотняющей способности дорожных катков различной массы приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты сравнительных испытаний уплотняющей способности трехвальцовых двухосных катков различной массы**

Тип катка		ДУ-48		
масса, кг		7000	9400	12600
линейное давление, Н/м	передний валец	22000	30000	41000
	задние вальцы	45000	60000	79000
скорость (передача)		1	1	1
толщина уплотняемого слоя, м		0,06	0,06	0,06
тип смеси		мелкозернистая асфальтобетонная смесь		
Степень уплотнения при:	n=12	0,94	0,96	0,98
	n=18	0,96...0,97	0,98	0,99...1,0
Вид и характер уплотненного покрытия		без трещин, ровное покрытие	без трещин, ровное покрытие	трещины, волнообразование

Критерии уплотняемости позволили сравнить между собой различные дорожные катки и различные виды уплотняемых би-

тумоминаральных смесей. Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что для различных материалов при одном режиме уплотнения существует оптимальная толщина уплотняемого слоя, дающая максимальный эффект уплотнения.

В зависимости от количества проходов катка по одному следу, от толщины уплотняемого слоя, типа асфальтобетона, вида и типа дорожного катка, принятого режима уплотнения, жесткости основания экстремум достигается после 2-4-х проходов катка по одному следу при оптимальном линейном давлении при каждом проходе катка. Изменение линейного давления гибкого вальца катка связано с изменением радиуса кривизны вальца в зоне контакта с уплотняемой средой, поэтому целесообразно рассматривать влияние на коэффициент уплотнения отношения удельного давления к величине изменяемого радиуса вальца (рис. 14).

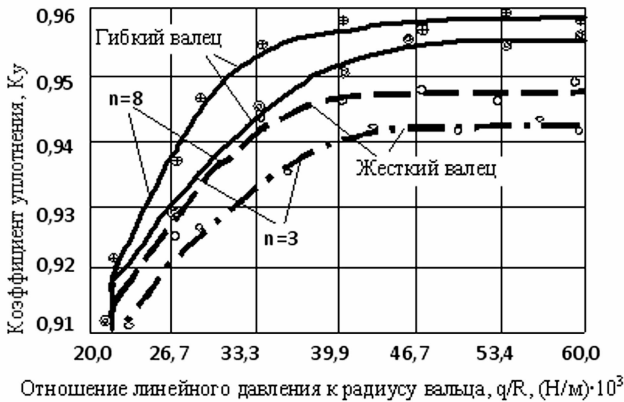


Рис. 14. Зависимость коэффициента уплотнения  $K_u$  от отношения линейного давления к радиусу вальца  $q/R$  при числе проходов катка  $n=3$  и  $n=8$

С увеличением числа проходов катка величина пластичности уменьшается, достигает экстремума и затем вновь возрастает. Место и нахождение экстремума зависят от многих факторов.

Анализ экспериментальных данных показывает, что область наиболее эффективного уплотнения смеси в интервале температур 100-130 °С продолжается до достижения отношения  $q/R=30000-45000$  Н/м для катка с гибким вальцом и  $q/R=20000-35000$  Н/м для катка с жесткими вальцами при любом количестве проходов катка. Но при уплотнении гибким вальцом при одинаковом количестве проходов катка по одному следу удастся достичь коэффициента уплотнения  $K_y=0,96$ , тогда как катком с жестким гладким вальцом только 0,947. Выходит, что использование катка с гибким вальцом сокращает время работы уплотнения до достижения требуемого коэффициента уплотнения, что, несомненно, говорит о его большей эффективности. При прочих равных условиях меньшее количество проходов катка требуется при уплотнении катками, оборудованными гибкими вальцами с большим значением кривизны вальца в зоне контакта с уплотняемой средой.

Меньшей деформативностью обладают смеси, уплотненные гибкими вальцами с наибольшим радиусом кривизны в зоне контакта с уплотняемой средой.

Для построения поверхностей откликов использовались данные, полученные при испытании катков ДУ-48 (А и Б) и ДУ-47А различной массы, которая регулировалась пригрузением балласта.

Анализ экспериментальных данных показывает, что увеличение массы катка без изменения диаметра вальца не позволяет стандартному катку регулировать силовое воздействие на уплотняемую среду, так как величина давления, приходящаяся на пятно контакта, может превысить предел прочности материала, а это приведет к переуплотнению и разрыхлению материала.

Исправить ситуацию и адаптироваться к свойствам уплотняемой среды, используя её оптимальные и благоприятные для уплотнения параметры, можно катком с гибкими вальцами, которые позволяют при неизменной статической массе катка регулировать его линейное давление на уплотняемый материал в зоне их контакта путем варьирования радиуса кривизны вальца.

## **Выводы**

1. В результате работы обоснованы характеристики уплотняемого дорожного покрытия и рассчитаны возможные показатели степени уплотнения дорожно-строительных материалов катком с переменным радиусом кривизны ведущего вальца.

2. Анализ экспериментальных данных показал, что регулирование силового воздействия катка увеличением массы без изменения диаметра вальца не позволяет стандартному катку достичь оптимальных параметров, соответствующих текущим свойствам уплотняемой среды, так как величина давления, приходящаяся на пятно контакта, может превысить предел прочности материала, а это приведет к переуплотнению и разрушению материала.

3. Сравнительные эксперименты эффективности стандартного гладковальцового катка ДУ-47 и этого же катка, оборудованного гибким вальцом, показали, что изменение кривизны вальца от прохода к проходу позволяет за одно и то же количество проходов по одному следу достичь более высокого коэффициента уплотнения. При уплотнении материалов гибким вальцом катка напряжения по глубине уплотняемого слоя значительно выше, чем при уплотнении стандартным жестким вальцом, что свидетельствует о большей эффективности гибкого вальца.

## **Список литературы**

1 *Абраменков Д.Э., Абраменков Э.А., Грузин А.В., Грузин В.В.* Строительные машины и оборудование в фунда­ментостроении: учебник. – Астана: Фолиант, 2011. – 296 с.

2 *Дудкин М.В.* Повышение эффективности процесса уплотнения на основе совершенствования конструкций дорожных катков: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Алматы: КазАТК, 2010. – 355 с.

3 [Электронный ресурс] / Сайт «CENTRE FOR ADVANCED ASPHALT RESEARCH AND TECHNOLOGY». – Режим доступа: <http://carleton.ca/caart/research/amirhipac-asphalt-compaction-devices>, свободный. – англ. яз.



4 *Кояма Ф.* Общие описания машин для уплотнения. Текст лекций [Текст] / – М.: Техническая лаборатория Сакаи Хэви Индастриз, 2009. – 40 с.

5 *Богданов В.С., Булгаков С.Б., Ильин А.С.* Технологические комплексы и механическое оборудование предприятий строительной индустрии: учебник дл вузов. – СПб.: Проспект науки, 2010. – 624 с.

6 *Кадыров А.С., Нурмагамбетов А.С.* Динамика транспортной техники: учебное пособие. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. – 84 с.

7 Инновационный пат. 23701, РК: А.С. Республики Казахстан № 67536. МПК В06В 1/16. Валец дорожного катка / Кабашев Р.А., Гурьянов Г.А., Дудкин М.В., Пичугин С.Ю., Фадеев С.Н.; заявитель и патентообладатель Вост.-Казах. гос. техн. ун-т им. Д.Серикбаева. – № 2010/0567.1; опубл. 15.02.2011, Бюл. № 2. – 5 с.

8 *Rahman, Farhana, M. Hossain, M. Hunt, and S. Romanoschi,* Intelligent Compaction Control of Highway Embankment Soils, Paper #07-2962, Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, 2007.

9 *Зубков А.Ф.* Разработка технологии устройства асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными параметрами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.11. – Воронеж, ВГАСУ, 2008. – 360 с.

***Дудкин Михаил Васильевич***, доктор технических наук, профессор, декан факультета

***Пичугин Сергей Юриевич***, докторант PhD, тел. 8 (723)220 70 77, 8 (705) 6727339, pichuginzk@gmail.com.

***Фадеев Сергей Николаевич***, докторант PhD

**М. В. Дудкин, С. Н. Фадеев, С. Ю. Пичугин,**

Восточно-Казахстанский государственный  
технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

---

---

## **МЕТОДИКА РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРЫТИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ РАБОЧИМ ОРГАНОМ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

---

---

**Аннотация.** Работы по содержанию несущих поверхностей дорог в зимний период отличаются высокой трудоёмкостью, производятся на больших площадях, в сложных, изменяющихся климатических условиях. С этой целью обычно используют машины с плужным или фрезерным рабочим органом. Их минус в том, что при использовании режущих и колющих рабочих органов трудно убрать тонкий лёд в нижнем слое его образования, не повредив при этом верхний слой дорожного покрытия. Разработанный рабочий орган ударного действия обладает небольшой энергоёмкостью, потому что лёд, как хрупкий материал, хорошо им колется, но при этом дорожное покрытие остается целым, так как силы удара молотка не хватает для разрушения дорожного покрытия. В статье приведен анализ работоспособности рабочего органа льдоскалывающей машины и сделан расчет основных параметров эффективности работы. Проведена проверка достоверности экспериментальных данных, полученных при испытаниях натуральных образцов специального рабочего органа ударного действия.

**Ключевые слова:** скалывание, рабочий орган, лёд, льдоскалывающая машина.



**Түйіндеме.** Жұмыс мазмұны жағынан климаттық жағдайдың өзгеруіне байланысты қыс кезінде ауқымды жерлерде жол үстіндегі жүргізілетін жұмыстың қиыншылығымен ерекшеленеді. Осы мақсатта әдетте соқа немесе фрезер жұмыс органыбар машина қолданылады. Оның тиімсіз жағы кескіш және тікенекті жұмыс органымен жолдың үстіңгі бетінде пайда болған мұзды тазалау қиын. Өзірленген соққы әрекеті арқылы жүргізілетін жұмыс органының энергия сымдылығы үлкен емес, себебі мұз сынғыш материал

ретінде жолдың үстіңгі бетін бүлдірмей сақтайды. Балға соққысының күші жолдың беткі бөлігін бүлдіруге күші жетпейді. Мақалада мұз жарғыш машинаның жұмыс органдарының жұмысқа қабілетінің талдауы келтірілген және жұмыс тиімділігі есебінің негізгі параметрлері жасалған. Арнайы жұмыс органдарының соққы әрекетінің сынақ кезіндегі алынған тәжірибелік тексерулері көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** жару, жұмыс органы, мұз, мұз жарушы машина.



**Abstract.** The work on content of carrying surfaces of roads in winter period differs with the high laboriousness, is carried out over the large areas, in difficult, changing climatic conditions. For this purpose usually use machines with plough or milling working body. Their disadvantage is if you are using cutting and stitching working bodies it is hard to remove thin ice on the bottom layer of its formation without damaging the upper layer of the road cover. The developed working body of the impact action has a small energy capacity because ice as the brittle material, is breaking well with it and the road cover remains intact, such as power of the impact hammer is not enough to break road cover. The article contains analysis of efficiency of working body of ice breaking machine and calculation of the basic parameters of efficiency. It was carried out the checking of authenticity of experimental data, obtained in tests of natural samples of special working body of the impact action.

**Key words:** breaking, working body, ice, ice breaking machine.

**Введение.** За последние годы в Казахстане наблюдается значительное увеличение числа автомобильного транспорта. Однако наряду с этим более отчетливо проявляются и некоторые отрицательные тенденции автомобилизации, наиболее важной из которых является значительное число дорожно-транспортных происшествий (ДТП). На количество ДТП влияет множество факторов, главнейшим из которых является состояние дорожного покрытия. Уменьшение сцепления колеса с дорогой вследствие наличия на ней гололеда приводит к увеличению тормозного пути и безопасного радиуса поворота в 3-9 раз.

В зависимости от структуры отложения снежно-ледяных образований различают следующие виды обледенения: гололед, зернистая изморозь, кристаллическая изморозь, замерзшая роса, иней, замерзший мокрый снег и другие. Из перечисленных видов наземного обледенения наибольшее практическое значение для безаварийного движения транспорта имеют гололед, кристаллическая изморозь и замерзший мокрый снег.

В настоящее время существует несколько методов борьбы с этим явлением. Например, распределение химических реагентов, механическое скалывание льда и уплотненного снега, а также использование дорожно-строительной техники, которая зачастую вместе со снежно-ледяными образованиями срезает и верхний слой дорожного покрытия.

Нельзя не отметить также сложности уборки от образовавшейся наледи дворовых территорий, пешеходных дорожек, остановочных площадок общественного транспорта и т.д. Ежегодно только по причине зимней скользкости в травматические пункты обращается свыше 10 тыс. человек. Связано это с тем, что при низких температурах и большой толщине льда ручными способами невозможно эффективно бороться с обледенелостью. Чаще известными способами скалывается верхний, толстый слой льда, а нижний, тонкий слой в виде ледяной пленки остается на дорожном покрытии. Именно этот слой наиболее опасен и практически не убирается как на автомобильных дорогах, так и в местах движения пешеходов. Уменьшить травматизм от падения людей при движении по городским маршрутам, а также от случившихся вследствие скользкого льда аварий можно лишь с применением механизированных методов борьбы с наледью в местах движения пешеходов, которые при полной уборке льда не разрушают целостности очищаемой поверхности.

Работы по содержанию несущих поверхностей дорог в зимний период отличаются высокой трудоёмкостью [1-7], производятся на больших площадях, в сложных, изменяющихся климатических условиях. Для снижения доли энергозатрат и более качественной очистки дорог лёд необходимо подвергать предварительному разрушению. С этой целью обычно используют машины с плужным или фрезерным рабочим органом. Их минус в том, что при использовании режущих и колющих рабочих органов трудно убрать тонкий лёд в нижнем слое его образования, не повредив при этом верхний слой дорожного покрытия. Разработанный рабочий орган ударного действия обладает небольшой энергоёмкостью, потому что лёд, как хрупкий материал, хорошо им колется, но при этом дорожное покрытие остается це-

лым, так как силы удара молотка не хватает для разрушения дорожного покрытия.

**Цель работы** – обоснование конструктивных параметров на основе проведенных исследований рабочего органа ударного действия, предназначенного для удаления льда без повреждения поверхности автомобильных дорог.

**Методы исследований.** В теоретической части работы применены методы математической статистики, методы нелинейного программирования и математического моделирования на ЭВМ. Экспериментальные исследования проведены в натуральных условиях как на рабочих органах, так и на их отдельных элементах.

**Основные результаты.** По результатам исследований разработаны рекомендации для повышения эффективности применения льдоуборочных машин с предлагаемым рабочим органом, для уборки льда с поверхности асфальтобетонных дорог на базе существующих машин для зимнего содержания дорог. Кроме того, результаты использованы при модернизации существующих образцов льдоуборочных машин, а также при разработке перспективных проектно-конструкторских решений.

Одной из актуальных проблем в зимний период в умеренном климатическом поясе является борьба с обледенением на автодорогах и тротуарах. В настоящее время существует несколько методов борьбы с этим. Например, распределение химических реагентов [3], механическое скалывание льда и уплотненного снега, а также их удаление плужными и роторными рабочими органами.

При химическом способе на дорожное покрытие наносятся реагенты, при помощи которых происходит разрушение льда. Но в то же время эти реагенты оказывают негативное воздействие на транспортные средства и асфальтобетонное покрытие дороги (тротуара), разъедая и разрушая целостность поверхностного слоя. Также страдает от этого и экология.

При механическом способе удаления льда наиболее часто используются скалыватели в виде отвала, либо убирают лед вручную, с использованием лома или железной рукоятки с наконечником в виде заостренной пластины, которые в процессе

работы повреждают несущее покрытие дорог. При этом машины с отвалом не удаляют тонкие слои льда и легко могут повредить дорожное покрытие. Они обладают крупными габаритами, не могут обеспечить необходимую качественную уборку от снежно-ледяного образования на тротуарах и в труднодоступных местах. Ручные ударные инструменты требуют непосредственной физической силы человека и неэффективны вследствие низкой производительности. Поэтому возникает необходимость разработки таких рабочих органов для разрушения льда на дорогах и тротуарах, которые эффективно убирают лед и при этом не повреждают поверхность под ним.

После проведенного анализа условий эксплуатации и существующих рабочих органов было принято решение разработать рабочий орган для малогабаритной самоходной установки, способной разрушать снежно-ледяное образование, не повредив покрытие дорог и тротуаров.

Исследования физико-механических свойств льда позволяют сделать следующие выводы:

1. Лед по своим физико-механическим свойствам может быть отнесен к квазиизотропным твердым телам, обладающим упругопластическими свойствами, и имеет характерные отличия от других материалов. При действии ударных нагрузок лед ведет себя как хрупкое тело. Это объясняется тем, что для льда характерны в отличие от большинства твердых тел неоднородность структуры, наличие трещин и пор. Поэтому классические методы расчета прочности льда не всегда соответствуют физической картине его сопротивляемости действующим нагрузкам.

2. Величины пределов прочности льда при различных деформациях неоднозначны, так как сопротивляемость льда действующим нагрузкам зависит от условий формирования ледяного покрова.

Установлено [8], что сила резания по свободной схеме на 45-50 % меньше силы заблокированного резания и на 25-30 % – полублокированного. Считается, что каждая заблокированная сторона увеличивает суммарное сопротивление резания на 40 %. Данные показатели объясняются тем, что в боковых частях про-

рези удельное сопротивление значительно меньше, чем перед лобовой частью.

Анализируя технические решения рабочих органов и оборудования (рис. 1) для механического разрушения снежно-ледяных образований на покрытиях автомобильных дорог [11, 12], можно утверждать, что в новых конструкциях использованы научные и конструкторские достижения в области процессов разрушения многих отраслей техники: горного дела, металлообработки, разрушении мерзлых грунтов и т. д.



Рис. 1. Классификация рабочих органов для разрушения уплотненного снега

На основании сравнительного анализа и синтеза существующих устройств была предложена и разработана конструкция рабочего органа вращательно-ударного действия (рис. 2). Рабочий орган размещается на малогабаритном самоходном шасси, имеет устройство регулирования высоты положения рабочего органа относительно очищаемой поверхности и работает следующим образом: вращаясь и двигаясь с определенной скоростью вдоль очищаемой поверхности, ударный ротор, представляющий собой конструкцию из дисков, между которыми распо-

ложены молотки, взаимодействует с ледяной или уплотненной снежной поверхностью.

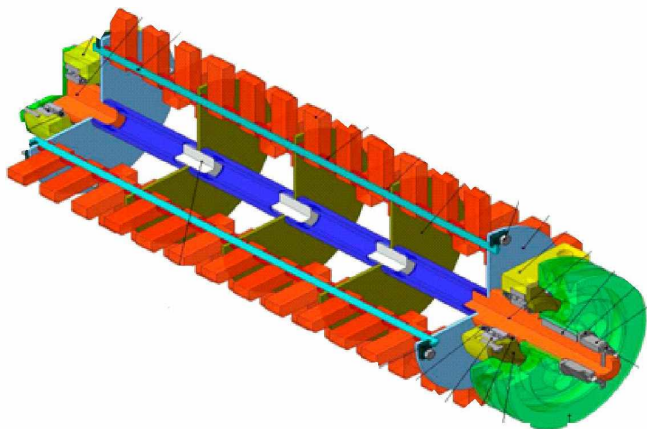


Рис. 2. Рабочий орган ударного действия

При вращении ударного ротора молотки, установленные на оси с зазором, совершают ударное воздействие на поверхность ледяного или уплотненно-снежного образования, разрушая его за счёт центробежной силы, приводящей молотки в рабочее состояние, и их кинетической энергии, которая превышает прочность льда, но которой недостаточно для разрушения асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог. Сила инерции молотка, необходимая для разрушения льда, возникает за счет вращения массы молотка и угловой скорости движения ударного ротора. Расположение молотков один возле другого или в шахматном порядке обеспечивает разрушение слоя снежно-ледяного образования на поверхности тротуара или дороги по всей ширине рабочего органа. При изменении скорости вращения ударного ротора и скорости перемещения его вдоль очищаемой поверхности регулируются качество и степень очистки.



Конструкторские работы по созданию рабочих органов по разрушению снежно-ледяного образования на покрытиях дорог велись во многих университетах мира. Наиболее доступны для практического использования разработки российских ученых и инженеров. В Казахстане похожие работы велись на кафедре технологических машин ВКГТУ им. Д. Серикбаева профессорами М. В. Дудкиным, Г. А. Гурьяновым, доцентом А. В. Вавиловым, исследователями Р. В. Краснобаевым, А. С. Сергеевым, А. И. Ким. На основе выводов и рекомендаций, выполненных на кафедре работ, была сконструирована, разработана, собрана и испытана самоходная машина для очистки дорог от снежно-ледяных образований. Этапы проектирования и моделирования машины представлены на рис. 3.



Рис. 3. Этапы конструирования от модели до натурной машины

Разработка льда, находящегося на поверхности дорог, при помощи рабочего органа ударного действия имеет ряд особенностей, обусловленных физико-механическими свойствами льда и дорожной одежды, кинематическими параметрами рабочего процесса и координатами расположения рабочего органа относительно снежно-ледяного покрова в процессе его удаления.

Для определения параметров взаимодействия снежно-ледяных образований автомобильных дорог и городских территорий с рабочим органом ударного действия льдоскалывающей машины рассмотрим общие картины динамики удаления льда с

поверхности дорог и условия получения расчётных зависимостей, обеспечивающих выбор рациональных параметров, таких, как размеры рабочих органов и режимы технологии уборки ледяных образований [9, 10].

Весь процесс разработки льда можно разделить на два относительно независимых процесса [8]: взаимодействие рабочего органа со льдом и взаимодействие рабочего органа с асфальтобетонной поверхностью. Причём параметры рабочего органа и режимы его эксплуатации в обоих случаях взаимодействия будут идентичны.

**Цель исследований** – определение таких параметров рабочего органа и его режимов работы, при которых достигается максимально эффективное удаление снежно-ледяных образований с поверхности автомобильных дорог при обязательном соблюдении целостности дорожной одежды и тротуаров. Результаты многочисленных исследований [1, 6] указывают на то, что наиболее сложными при разрушении являются твёрдый ледяной налёт и гололёд, имеющие прочность при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до 2,86 МПа и величину адгезии к асфальтобетонной поверхности до 2 МПа.

При вращении шарнирно-свободно размещенного на торцевом диске инерционного бойка вокруг оси приводного цилиндра (рис. 4) он по высоте позиционируется до касания с поверхностью несущего слоя автомобильной дороги.

Ледяной слой расположен выше этой точки, поэтому боёк врежется в разрабатываемую среду с некоторой

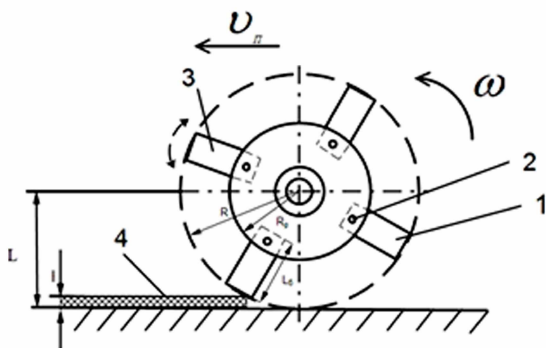


Рис. 4. Расчетная схема механизма рабочего органа

силой  $F$ , равной геометрической сумме силы тяжести бойка  $G_6$  и центробежной силы  $C_6$ , возникающей при вращении бойка:

$$F = C_6 + G_6 \quad (1)$$

Выражение можно записать в виде:

$$F = \sqrt{\left(\frac{m_6 v_c^2}{R}\right)^2 \pm (m_6 g)^2 \pm \frac{m_6 v_c^2}{R} m_6 g \cos \varphi}, \quad (2)$$

где  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$m_6$  – масса бойка, кг.

При построении математической модели взаимодействия снежно-ледяных образований со специальным рабочим органом ударного действия были сделаны следующие допущения [5]:

— снежно-ледяные образования представляют собой ровную горизонтальную поверхность как со стороны контакта с асфальтобетонной поверхностью автомобильной дороги, так и со стороны свободной поверхности;

— физико-механические свойства снежно-ледяных образований считаем постоянными по всей трассе движения льдоскалывающей машины, температуру ледового образования принимаем равной температуре окружающей среды, изменение температуры по толщине льда считаем отсутствующим в связи с относительно малой толщиной льда. Свойства льда (прочность, твёрдость и другие), связанные с изменением температуры, также считаем постоянными;

— движение льдоскалывающей машины считаем прямолинейным, а вращение рабочего органа, кроме специально оговорённых случаев, равномерным.

В реальности лёд, образующийся на поверхности дорог, по своему составу и структуре неоднороден. Кроме того, на силу удара будет влиять также и форма самого бойка. Поэтому выражение для определения ударной силы бойка будет иметь вид:

$$P_{y\delta} = K_1 \cdot K_2 \cdot P_{\max} = K_1 \cdot K_2 \cdot v_c \sqrt{2\pi L_{\min} m_6 \sigma_B}, \quad (3)$$

где  $K_1 = P_{\max} / P_{\text{э}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства льда при ударе;

$P_{\text{э}}$  – эталонная сила удара;  
 $K_2 = (1 + b_1/2h)$  – коэффициент, учитывающий тип ударной кромки;

$b_1$  – длина ударной кромки, м;

$h$  – толщина разрабатываемой среды, м;

$L_{\text{min}}$  – минимальное расстояние от ударной кромки бойка до его центра тяжести, м;

$\sigma_{\text{в}}$  – предел прочности разрабатываемой среды, МПа.

Общая сила резания льда бойком рабочего органа ударно-вращательного действия может быть определена из следующего выражения:

$$P_{\text{рез}} = \frac{C_0}{\text{tg}\beta} P_{\text{э}} h_1^{0.47} \frac{b_1}{K_{\text{неп}}} (1 + kt)(1 + \xi v_c) \left( 1 + 4h_1 \sqrt{\frac{C_0 \pi}{(1 - 2\mu) \text{tg}\alpha}} \right), \quad (4)$$

где  $P_{\text{э}}$  – эталонная сила удара, Н;

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение прочностных свойств льда в зависимости от температуры, равный 0,04 Н/град.;

$\xi$  – коэффициент, учитывающий изменение прочностных свойств льда при разной скорости  $v_c$  приложения нагрузки, равный Н/(м/с);

$\beta$  – угол скола льда, град.;

$\mu$  – коэффициент Пуассона льда, равный 0,36;

$b_1$  – ширина режущей кромки бойка;

$h_1$  – высота срезаемого слоя, м;

$t$  – температура окружающей среды, град.

По величине скорость разработки определяется геометрической суммой окружной скорости вращения рабочего органа (по ударной кромке бойка)  $\omega R$ , (причём величина  $R$  определяется с учётом изгиба каждой упругой связи), и скорости поступательного движения льдоуборочной машины  $v_{\text{п}}$  (скорости подачи). По правилу параллелограмма скорость разработки будет равна:

$$v_c = \sqrt{v_{\text{п}}^2 \pm \omega^2 \cdot R^2 \pm 2 \cdot \omega \cdot R \cdot v_{\text{п}} \cdot \cos \varphi}. \quad (5)$$

Одной из основных характеристик рабочего органа ударно-вращательного действия, влияющей на параметры ледового ско-

ла и на сохранность дорожного основания, является масса бойка. Данная величина определится из следующего соотношения:

$$m_{\text{б}} = \frac{2\pi h_{\text{п}}^3 \rho_{\text{п}}}{3 \left( \frac{v_{\text{с}}}{v_{\text{п}}} + 1 \right)}. \quad (6)$$

Таким образом, мощность, затрачиваемая на разрушение удаляемой среды, может быть определена как произведение крутящего момента на скорость вращения рабочего органа ударного действия, а мощность на создание тягового усилия – как произведение скорости движения машины на величину этой силы.

$$N_{\text{разр}} = v_{\text{п}} P_{\text{т}} + \omega M_{\text{кр}} \quad (7)$$

Эксперименты проводились как на натуральных образцах рабочего органа, так и на их моделях (рис. 5). Экспериментальные исследования состояли из 3-х этапов: изучение характеристик обледенелостей как разрабатываемой среды; проверка предложенной модели разработки льда единичным бойком; проверка математической модели всего рабочего органа в целом.



Рис. 5. Проведение эксперимента по очистке дорог от снежно-ледяных образований

Измерениям подвергались высоты неровностей чистой поверхности дорог, а при наличии на ней льда и снежного наката измерения проводились с использованием стандартного нивелира. При этом учитывались величины эталонных сил удара и поправочных коэффициентов.

Анализ полученной информации и проведённые постановочные эксперименты выявили 5 факторов, формирующих силу сопротивления разработки льда. Такое количество факторов заставляет отказаться от классической схемы эксперимента для определения численных значений, базовой математической модели взаимодействия специального рабочего органа ударного действия со льдом и уплотнённым снегом. Поэтому для решения данной задачи пришлось применить методы и приёмы теории планирования эксперимента.

Проведена проверка достоверности экспериментальных данных, полученных при испытаниях натуральных образцов специального рабочего органа ударного действия на воспроизводимость результатов по критерию Кохрена и на адекватность математической модели по критерию Фишера (рис. 6). В ходе проверки установлена достоверность результатов по обоим критериям.

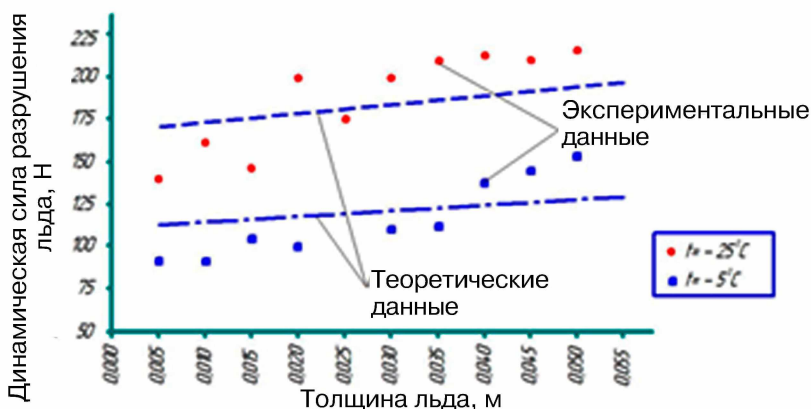


Рис. 6. Сравнение теоретических и экспериментальных исследований

### **Выводы**

1. Разработана математическая модель взаимодействия рабочего органа ударного действия со льдом и снежно-ледяным накатом на дорожных покрытиях.

2. Спроектирована и разработана конструкция машины для скалывания льда с поверхности дорог без повреждения верхнего слоя асфальтового покрытия.

3. Проведено экспериментально-теоретическое исследование процесса разрушения льда при выбранной схеме разработки. Среднеквадратичное отклонение от исследуемых параметров составило 12-28 %.

4. Результаты исследования в дальнейшем будут использованы при модернизации существующих образцов льдоуборочных машин, а также при разработке перспективных проектно-конструкторских решений.

### **Список литературы**

1 *Воскресенский Г.Г.* Исследование процесса резания уплотненного снега на автодорогах. // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 12. – С. 45-48.

2 *Коробов И.Б.* Методика выбора конструктивных параметров вибрационного рабочего органа для разрушения льда на поверхности дорог: автореф. канд. дис. Нижний Новгород, 2005. – 21 с.

3 *Куляшов А.П., Молев Ю.И., Шапкин В.А., Щепетов А.В.* Современные методы разрушения льда. – М.: Компания «Спутник», 2005. – 135 с.

4 *Линьков С.А.* Разработка конструкций и обоснование параметров рабочего органа для бурения скважин в мерзлых грунтах: автореф. канд. дис. – Омск, 2007. – 22 с.

5 *Одинокое В.И., Сергеева А.М.* Математическое моделирование одного нового процесса разрушения ледяного покрова // Прикладная механика и техническая физика. – 2006. – № 2. – С. 139-146.

6 *Козин В.М., Онищук А.В., Марьин Б.Н., Иванов Ю.Л., По­взык Н.Г., Шпорт В.И.* Ледоразрушающая способность изгибно-гравитационных волн от движения объектов. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 191 с.

7 *Ганжа В.А.* Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 191 с.

8 *Ninon W.A., Gawronski T.J., and Whelan A.E.* Development of a Model for the Ice Scraping Process // Iowa Dept. of Transportation, Project HR361

9 *Wooseung Jang, James S. Noble, Thomas Hutsel.* An integrated model to solve the winter asset and road maintenance problem Journal: Iie Transactions. – 2010. – Vol. 42, no. 9. – P. 675-689, 2010.

10 *Nathalie Perrier, André Langevin, Ciro-alberto Amaya.* Vehicle Routing for Urban Snow Plowing Operations // Transportation Science. – 2008. – Vol. 42, no. 1. – P. 44-56.

11 *Nathalie Perrier, André Langevin, James F. Campbell.* A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part III: Vehicle routing and depot location for spreading // Computers & Operations Research – CoR. – 2007. – Vol. 34, no. 1. – P. 211-257.

12 *Gurkan Erdogan, Lee Alexander, Rajesh Rajamani.* Closed-loop snowplow applicator control using road condition measurements // Vehicle System Dynamics. – VEH SYST DYN. – 2011. – Vol. 49, no. 4. – P. 625-638.

**Дудкин Михаил Васильевич**, декан факультета,  
доктор технических наук

**Фадеев Сергей Николаевич**, докторант PhD  
тел. 8 701 9779297

**Пичугин Сергей Юриевич**, докторант PhD  
тел. 8 7056727339



# СТРОИТЕЛЬСТВО

---

УДК 621.878

**Г. В. Першин**, А. С. Кадыров, Ж. Ж. Жунусбекова

Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Казахстан

## МЕСТНЫЕ ГЛИНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СПОСОБОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

---

**Аннотация.** Для обеспечения устойчивости отрываемых в грунте глубоких и узких траншей применяется тиксотропный глинистый раствор, который должен удерживать во взвешенном состоянии частицы разрабатываемого грунта, кольматировать несущий грунт и образовывать на нем практически водонепроницаемую глинистую пленку. Рассмотрен процесс взаимодействия глин с водой, который позволит установить состав глинистых растворов, обладающих тиксотропностью. Изучены процессы, происходящие в глинистых растворах. Получены рекомендации по параметрам глинистых растворов, обладающих необходимыми свойствами для удержания стенок траншей от обрушения при строительстве способом «стена в грунте», не увеличивающими энергозатраты при проходке траншей. Выявлен основной показатель, определяющий качество глины, как расход на приготовление 1 м<sup>3</sup> глинистого раствора. Подобран подход по правильному выбору глин и методов их обработки.

**Ключевые слова:** глина, тиксотропность, «стена в грунте», раствор, коалит, монтмориллонит.



**Түйіндеме.** Топырақта терең және жіңішке траншеяларды қазу кезіндегі орнықтылықты қамтамасыз ету үшін тиксотропты сазды ерітінді қолданылады. Ол мелшерленген күйде өңделетін топырақтың бөлшектерін ұстап тұруы керек. Көтеруші топырақты кольматациялау және онда су өткізбейтін сазды пленка түзілуін қамтамасыз етуі тиіс. Аталған мәселеге орай осы мақалада тиксотроптылыққа ие болатын сазды ерітінділердің құрамын орнатуына мүмкіндік жасайтын саз бен судың өзара әрекеттесу үрдісі қарастырылған. Сазды ерітіндіде өтетін үрдістер меңгерілген. «Топырақтағы қа-

бырға» әдісімен салу кезінде траншея қабырғаларының құлауын болдырмайтын және траншеяларды өту жағдайында энергошығындарының өсірмейтін қажетті қасиеттерге ие болатын сазды ерітінділердің параметрлері бойынша ұсыныстар алынған. 1 м<sup>3</sup> сазды ерітіндіні дайындауға кететін шығын сияқты саздың сапасын анықтайтын негізгі көрсеткіші айқындалған. Сазды дұрыс тандау мен оларды өңдеу тәсілдері бойынша жолдар келтірілген.

**Түйінді сөздер:** сазды ерітінді, тиксотроптылық, «топырақтағы қабырға» әдісі, траншея, коалинит, монтмориллонит.



**Abstract.** To provide stability of dug in the soil deep and narrow trenches there is used a thixotropic clay solution which is to retain in a suspension the particles of the developed soil, to clog the bearing soil and to form an almost waterproof clay film on it. In connection with this problem in this article there is considered the process of clay interacting with water that will permit to establish the composition of clay solutions possessing thixotropy. There are studied the processes happening in clay solutions. There are obtained recommendations on the parameters of clay solutions possessing the needed properties for holding walls of trenches from a collapse in case of construction by the soil mix wall method that do not increase power consumption when driving trenches. There is revealed such an important indicator defining the clay quality, as its consumption for preparing 1 m<sup>3</sup> of clay solution. There is selected the approach to the correct choice of clays and methods of their processing.

**Key words:** clay, thixotropy, soil mix wall, solution, kaolinite, montmorillonite.

**Введение.** Область применения траншейных «стен в грунте» является достаточно широкой и распространяется на возведение сооружений любой формы и размеров в плане в различных инженерно-геологических условиях, включая водонасыщенные песчаные и глинистые грунты [1].

Практика показала, что данный метод существенно сокращает сроки строительства и снижает трудовые затраты. Большие масштабы его внедрения нашли применение в зарубежной практике строительства.

В последние годы в России ведутся активные работы по исследованию реологических свойств глинистых растворов. Исследуются методы улучшения свойств глинистых грунтов современными стабилизаторами для применения их в качестве оснований и строительного материала в транспортном строительстве [2].

Проводятся исследования по разработке методики определения реологических свойств глинистых растворов на основе принципа релаксации напряжений в условиях трехосного сжатия [3].

Несмотря на широкое и быстрое внедрение в практику строительства подземных сооружений, возводимых способом «стена в грунте», при котором применяются тиксотропные глинистые растворы, влияние многих технологических факторов на свойства материала конструкций изучено недостаточно. В связи с этим исследование глинистых грунтов является актуальной задачей.

Способ «стена в грунте» широко применяется при устройстве подземных сооружений, особенно в условиях плотной городской застройки. Преимущество в том, что он позволяет производить строительство, не принося вред близлежащим зданиям и сооружениям, поскольку не приводит к релаксации окружающих грунтовых массивов [4].

При разработке траншеи способом «стена в грунте» резание грунта происходит в среде глинистого раствора [5]. Отделенные от массива куски грунта взвешиваются в глинистом растворе. Для удержания отработанного глинистого раствора или шлама во взвешенном состоянии требуется использование тиксотропного глинистого раствора. Тиксотропность раствора характеризуется его способностью превращаться в студенистую жидкость в состоянии покоя и приобретать свойства жидкости при появлении внешнего механического воздействия.

Тиксотропный глинистый раствор позволяет удерживать шлам во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции раствора из призабойного пространства к устройствам, производящим его очистку. По причине отсутствия оседания шлама в рабочую зону траншекопателя, его работа происходит без возникновения дополнительных сопротивлений от контакта шлама с рабочим органом траншекопателя.

Устойчивость стенок траншеи при заглублении рабочего органа траншекопателя, а также в период устройства собственно стены обеспечивается за счет повышенного гидро-

статического давления глинистого раствора и образования водонепроницаемой глинистой корки в процессе кольматации пор грунта.

Важными свойствами глинистых растворов являются: плотность, вязкость, суточный отстой (седиментация), стабильность, водоотдача, толщина образуемой глинистой корки на стенке траншеи (2-5 см), предельное статическое напряжение сдвигу, содержание песчаных частиц, концентрация водородных ионов.

При выборе параметров глинистого раствора отталкиваются от свойств разрабатываемого грунта. Глинистый раствор должен обеспечить надежную работу машин и механизмов, сохранить устойчивость стенок траншеи и качество конструкции формируемой траншеи.

Тиксотропные глинистые растворы готовят из бентонитовых глин, которые доставляют на место строительства в виде комьев или порошка, либо для этого используют местные глины.

Глинистый раствор получают путем смешивания глин с водой. В зависимости от химических и физико-механических характеристик глин получают стабильные тиксотропные и нестабильные глинистые растворы. Условием получения стабильных глин является правильный выбор глин и методов их обработки.

Для приготовления глинистого раствора рекомендуется применять пресную воду, содержащую менее 1 % NaCl или менее 120 мг/л ионов кальция.

Процесс взаимодействия глин с водой является очень сложным, различными учеными он объясняется по-разному. Однако всем известна способность глины во влажном состоянии образовывать пластическую массу и превращаться в прочную водонепроницаемую монолитную структуру при высушивании. Помимо этого глина подвержена явлению сольватации. Сольватация – это процесс перехода вещества из полутвердого гелевого состояния в жидкое состояние (золь). При наличии в растворе воды, находящейся в физически связанном состоянии, раствор находится в гелевом состоянии. При наличии в глинистом растворе, помимо химически связанной воды сольватных оболочек

чек, дополнительной свободной воды образуется золь.

Процессы, происходящие в глинистых растворах, сильно изменяют их свойства. Свойства глинистых растворов не похожи на свойства обычных жидкостей. Сильное влияние на эти свойства оказывают физико-химические свойства глины, ее концентрация в растворе [4].

Наиболее стабильные тиксотропные глинистые растворы, используемые при строительстве способом «стена в грунте», получаются на основе бентонитовых глин, которые разделяют на монтмориллонитовые и каолинитовые. Свойства каолинитовых и монтмориллонитовых глин можно оценить по показате-

Таблица 1

**Характеристика каолинитовых и монтмориллонитовых глин**

Показатель	Значение показателей для глин	
	каолинитовые	монтмориллонитовые
Содержание глинистых частиц размером <0,005 мм, %	30-60	>60
Отношение $SiO_2/R_2O_3$	1,5-3	3-5
Число пластичности $W_p$	17-50	50
Показатель коллоидной активности, $AK=W_p/\Delta_1$	0,3-0,9	0,9
Набухание, %	>50	50-440

*Примечание:*  $\Delta_1$  – содержание глинистых частиц размером менее 0,002 мм, %

лям, приведенным в табл. 1.

Помимо этого для приготовления стабильных суспензий можно использовать местные глины, содержащие около 30-40 % глинистых частиц с числом пластичности 0,2 и выше.

При содержании в глине ионов хлора, серной кислоты, кальция высокой концентрации приготовление качественного раствора возможно лишь при проведении дополнительной обработки

глины.

**Методы исследования.** Прежде чем приступить к приготовлению глинистых растворов, необходимо провести лабораторные испытания входных материалов. Глины, отбираемые для приготовления растворов, должны иметь следующую характеристику:

Плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	2700-2750
Число пластичности .....	не менее 0,2
Гранулометрический состав, %	
песчаных частиц размером 1-0,05 мм .....	10
глинистых частиц размером <0,005 мм .....	30
глинистых частиц размером <0,001 мм .....	10
Набухание, % .....	15
Влажность грунта на пределе раскаты- вания, % .....	>25

Ориентировочный расчет необходимого количества глины для получения глинистого раствора заданной плотности производится по формуле:

$$P = \frac{\rho_{Г}(\rho - \rho_{В})}{(\rho_{Г} - \rho_{В})(1 - W)}, \quad (1)$$

где  $P$  – масса глины, кг, на 1 м<sup>3</sup> глинистого раствора;

$W$  – влажность глины, доли единицы;

$\rho_{Г}$ ,  $\rho$ ,  $\rho_{В}$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>, соответственно глины, глинистого раствора, воды.

Для уменьшения плотности в глинистый раствор добавляют воду. Объем воды можно определить по формуле:

$$\Delta V = V \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2 - \rho_{В}}, \quad (2)$$

где  $\Delta V$  – необходимое количество добавляемой воды, м<sup>3</sup>;

$\rho_1$  – плотность имеющегося глинистого раствора, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – объем имеющегося глинистого раствора, м<sup>3</sup>;

$\rho_2$  – плотность нового глинистого раствора, кг/м<sup>3</sup>.

Качество глинистого раствора оценивают, определяя его плотность, водоотдачу, условную вязкость, содержание песка, суточный отстой, стабильность и статическое напряжение сдвига.

При возведении траншейных стенок в грунтах глинистые растворы должны иметь следующие параметры:

Плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	1050
Вязкость по вискозиметру СПВ-5, с .....	18-30
Водоотдача по прибору ВМ – 6 за 30 мин, см <sup>3</sup> .....	до 30
Суточный отстой, % .....	до 4
Стабильность по стабилometру ЦС, г/см <sup>3</sup> .....	до 0,02

Из-за дефицита бентонитовых глин, либо большой отдаленности их залежей от места строительства часто растворы изготовляют из местных глин. Грубодисперсные глины требуют дополнительной обработки. Обработка глинистых растворов подразумевает диспергирование, т.е. измельчение глинистых частиц только методами механической или химической обработки. Для приготовления глинистых растворов могут быть использованы местные полиминеральные глины, если их показатели будут не ниже следующих: бентонитовое число – 10, число пластичности – 20, содержание частиц диаметром менее 0,005 мм – 40 %, содержание песка  $\leq 5$  %.

Анализируя данные о применении глин [6] для приготовления растворов, можно сделать вывод, что основным показателем, определяющим качество глины, является ее расход на приготовление 1 м<sup>3</sup> глинистого раствора. К тому же возможность использования различных глин для приготовления глинистых растворов и оценка из технологических свойств могут осуществляться по следующим основным показателям, которые, в свою очередь, зависят от физико-механических свойств глин:

- расход на приготовление 1 м<sup>3</sup> глинистого раствора или выход глинистого раствора из 1 т глины;
- содержание песка в глинистом растворе;
- водоотдача глинистого раствора с нормальной концентрацией глины (нормальной концентрацией считается такая, при

которой относительная вязкость глинистого раствора составляет  $25 \pm 1$  с). Водоотдачей глинистого раствора называют количество жидкой фазы, отфильтровавшейся через бумажный фильтр под действием избыточного давления в фильтрационной камере при отсутствии движения жидкости вдоль поверхности фильтра.

В Казахстане за показатель водоотдачи принимают количество жидкости, отфильтровавшейся через круглый бумажный фильтр диаметром 7,5 см за 30 мин. при перепаде давления 0,1 МПа и комнатной температуре. В производственных условиях водоотдачу и толщину глинистой пленки определяют на приборе ВМ-6.

При выборе глин отдаётся предпочтение тем из них, которые обеспечивают более низкую водоотдачу при одинаковом расходе глины на приготовление  $1 \text{ м}^3$  глинистого раствора. Для приготовления глинистых растворов применяются монтмориллоновые, каолиновые, иллитовые и пластичные жирные местные глины. При выборе глины руководствуются экономическими соображениями, гидрогеологическими условиями строительной площадки и требованиями водонепроницаемости сооружений. Состав раствора должен быть подобран в лаборатории и испытан на строительной площадке.

При подборе раствора в первую очередь необходимо рассчитать его объемную массу в соответствии с условиями обеспечения устойчивости траншей. Расчет необходимого количества глины без учета ее влажности для получения глинистого раствора заданной объемной массы производится по формуле:

$$P_1 = \gamma_2(\gamma_P - \gamma_B)/(\gamma_T - \gamma_B), \quad (3)$$

или

$$P_2 = \gamma_T(\gamma_P - \gamma_B)/(\gamma_B - \gamma_P), \quad (4)$$

где  $P_1$  или  $P_2$  – масса глины на  $1 \text{ м}^3$  соответственно глинистого раствора и воды, т;

$\gamma_T$  – плотность глины,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;



$\gamma_B$  – плотность воды, равная 1.

Для уменьшения объемной массы глинистого раствора в него добавляют воду. Количество воды (в м<sup>3</sup>), добавляемой к имеющемуся глинистому раствору с объемной массой  $\gamma_{P_1}$  и объемом  $V$ , для получения раствора с новой объемной массой  $\gamma_{P_2}$  вычисляют по формуле:

$$\Delta V = [(\gamma_{P_1} - \gamma_P) / (\gamma_{P_2} - \gamma_B)] V \quad (5)$$

Выход раствора (в м<sup>3</sup>) из 1 т глинистого порошка находят по зависимости

$$Q = [(\gamma_G - \gamma_B)(1 - W) / \gamma_G(\gamma_P - \gamma_B)], \quad (6)$$

где  $W$  – естественная влажность глины.

Расход глины с промежуточной влажностью находится интерполированием. При пересечении разрабатываемой траншеи напорных водоносных грунтов или неустойчивых грунтов требуется раствор с повышенной объемной массой, приготовленный с утяжелителем. В качестве утяжелителя могут применяться барит, гематит, магнетит и колошниковая пыль. Количество утяжелителя, добавляемого в раствор, составляет (в 1 т на 1 м<sup>3</sup> раствора)

$$P_V = [\gamma_V(\gamma_2 - \gamma_1)] / (\gamma_V - \gamma_2), \quad (7)$$

где  $\gamma_V$  – плотность утяжелителя, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_2$  – требуемая объемная масса раствора, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_1$  – объемная масса раствора до утяжеления, т/м<sup>3</sup>.

Для проходки траншей рекомендуется применять глинистые растворы расчетной объемной массы со следующими параметрами:

– стабильность $S$ , г/см <sup>3</sup> .....	0,02
– отстой воды $O$ , % .....	3
– водоотдача за 30 мин $B$ , см <sup>3</sup> .....	25
– толщина глинистой пленки, мм .....	3
– предельное статическое напряжение сдвига, Па .....	2,0-8,0
– условная вязкость $T$ , с .....	19-25

- содержание песка П, % ..... 3
- водородный показатель рН ..... 8-11,5

**Результаты исследования.** При подборе параметров глинистых растворов необходимо учитывать грунтовые условия (табл. 2) и засоленность разрабатываемых грунтов. Для опре-

Таблица 2

**Параметры глинистых растворов**

Параметры глинистого раствора	Грунты по классификации СНиП II-15-74					
	крупный песок	песок средней крупности	мелкий и пылеватый	супесь	суглинок	глина
В за 30 мин., см <sup>3</sup>	≤10	≤15	≤22	≤22	≤25	≤25
ПСНС через 10 мин., Па	≥7,0	≥5,0	≥2,0	≤8,0	≤6,0	≤4,0

деления засоленности грунтов проводят специальные лабораторные исследования.

Глинистые растворы испытывают в лабораторных условиях, а контроль их параметров осуществляют на строительной площадке. Описание методики проведения исследований глинистых растворов и необходимого оборудования для этой цели приводится в работах [7-9]. Особое внимание при этом уделено нахождению предельного статического напряжения (ПСНС) и водоотдачи раствора.

ПСНС характеризует прочность образовавшейся структуры, а также способность раствора удерживать во взвешенном состоянии выбуренную породу и утяжелитель. От прочности структуры зависят плотность и водонепроницаемость глинистой пленки и закольматированного грунта, поры которого заполняются гелем раствора. Зная ПСНС, можно определить диаметр частиц, удерживаемых в растворе во взвешенном состоянии, см:

по формуле Жуховицкого

$$d = 0,06mP_s/(\gamma_2 - \gamma_1), \quad (8)$$

по формуле Кардвелла

$$R = 3G/(\rho_s - \rho_m)g, \quad (9)$$

где  $d$  – диаметр частиц, см;

$m$  – коэффициент, зависящий от формы частиц (для частиц неправильной формы  $m=2$ );

$P_B$  – ПСНС, Па;

$\gamma_2$  – плотность бентонита, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma_1$  – объемная масса глинистого раствора, г/см<sup>3</sup>;

$R$  – радиус частиц, см;

$G$  – ПСНС, Па;

$\rho_s$  – плотность частиц, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_m$  – объемная масса раствора, г/см<sup>3</sup>;

$g=981$  см/с<sup>2</sup> – ускорение силы тяжести.

Водоотдача глинистого раствора имеет большое значение, так как при рытье траншей обязательно встречаются гидрофильные породы (глинистые), интенсивно впитывающие воду из раствора. Вследствие этого их объем увеличивается, что приводит к сужению сечения разрабатываемой траншеи, а затем и к обвалам ее стенок. Насыщение водой песчаных грунтов также может привести к обрушению грунта, что наблюдалось авторами при проведении опытов с растворами местных глин с водоотдачей ( $B \geq 40$  см<sup>3</sup>). Водоотдачу раствора за любой отрезок времени, зная водоотдачу за какой-либо другой промежуток, можно вычислить по соотношению

$$B_2 = B_1 \sqrt{(T_1 - T_2)}, \quad (10)$$

где  $B_1$  – известная водоотдача за время  $T_1$ .

$B_2$  – искомая водоотдача, за время  $T_2$ .

**Обсуждение результатов.** В Республике Казахстан глинистые растворы применяют с водоотдачей  $B \leq 25$  см<sup>3</sup> за 30 мин. В США в соответствии с техническими условиями стандартных методов испытания буровых жидкостей по показателю водоотдачи за 30 мин. растворы разделяются: плохие – с  $B \geq 25$  см<sup>3</sup>; удовлетворительные –  $B \leq 15$  см<sup>3</sup> и хорошие – с  $B \leq 8$  см<sup>3</sup>.

**Выводы.** Рекомендации по параметрам глинистых растворов из местных глин дают возможность использовать ее при стро-

ительстве методом «стена в грунте» для удержания стенок траншей от обрушения.

### **Список литературы**

1 *Готман А.Л., Глазачев А.О.* Исследование вертикально нагруженных буронабивных свай в глинистых грунтах и их расчет по данным статического зондирования // Основания, фунда­менты и механика грунтов. – 2012. – № 3 (21). – С. 80-85.

2 *Кочеткова Р.Г.* Влияние современных стабилизаторов на улучшение свойств глинистых грунтов // Основания, фунда­менты и механика грунтов. – 2012. – № 1. – С. 10-12.

3 *Кутергин В.Н., Кальбергенев Р.Г., Карпенко Ф.С., Леонов А.Р., Мерзляков В.П.* Определение реологических свойств глинистых грунтов методом релаксации // Основания, фунда­менты и механика грунтов. – 2013. – № 1. – С. 42-45.

4 *Кадыров А.С., Нурмаганбетов А.С.* Нагружение землеройных машин при работе в среде тиксотропного раствора. – Караганда: «Санат», 2007. – 152 с.

5 *Федоров Б.С., Юшин А.И., Иванов В.Д., Круглова Э.А.* Устройство фундаментов и противофильтрационных завес способом «стена в грунте». – М.: Госстрой СССР, 1978. – 75 с.

6 *Нурмаганбетов А.С.* Установление сопротивления движению рабочих органов землеройных машин в глинистом растворе: автореф. дис. канд. техн. наук. – Караганда, КарГТУ, 2007. – 141 с.

7 *Смородинов М.И., Федоров Б.С.* Устройство сооружений и фундаментов способом «стена в грунте» / 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.

8 Рекомендации по технологии устройства подземных сооружений методом «стена в грунте». – М.: НИИОСП, 1973. – 90 с.

9 *Круглицкий Н.Н., Мильковский С.И., Скворцов В.Ф., Шейнблум В.М.* Траншейные стенки в грунте. – Киев: «Наукова думка», 1973. – 304 с.

**С. А. Монтаев<sup>1</sup>, С. М. Жарылгапов<sup>1</sup>, К. А. Бисенов<sup>2</sup>,  
А. С. Монтаева<sup>1</sup>, О. У. Тауышев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет  
им. Жангир хана,  
г. Уральск, Казахстан

<sup>2</sup>Кызылординский государственный университет  
им. Коркыт Ата,  
г. Кызылорда, Казахстан

## **НЕФТЕШЛАМ КАК ЭНЕРГОВЫДЕЛЯЕМЫЙ И МОДИФИЦИРУЮЩИЙ КОМПОНЕНТ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ\***

---

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке композиционной добавки с использованием нефтяных шламов для производства эффективной стеновой керамики. Установлена возможность получения качественной стеновой керамики с пониженными энергетическими затратами по ресурсосберегающей технологий за счет использования конгломератной композиции на основе нефтешламов. Добавка конгломератной смеси с нефтешламом в керамическую массу служит в качестве поверхностно активных веществ (ПАВ) благодаря содержанию в них природных эмульгаторов в виде смол, асфальтенов и высокоплавких парафинов, что позволяет облегчить работу формующего оборудования и исключает свильеобразование формовочной массы и гарантирует получение отформованных изделий без трещин и посечек. Установлено, что при термообработке сырьевой композиции происходит следующие процессы: процесс горения нефтешлама внутри продукта и способствует снижению перепада температур между центром и поверхностью изделий, что интенсифицирует процесс спекания изделий; за счет внутреннего горения нефтешлама сокращается продолжительность обжига,

---

*\*Работа выполнена в рамках грантовых исследований по приоритетному направлению «Рациональное использование природных ресурсов, переработка сырья и продукции» за 2015-2017 гг. по линии МОН РК.*

так как что отформованный сырец обжигается быстрее, чем сырцы, отформованные по традиционной технологии керамического кирпича; повышается температура среды внутри печи за счет горения нефтешлама, что обеспечивает снижению энергозатрат на стадии обжига. Таким образом, доказана принципиальная возможность использования нефтешламов в качестве энерговыделяемого и модифицирующего компонента в технологии производства стеновой керамики. При этом достигается не только экономический эффект но и экологический эффект за счет утилизации нефтешламов с выходом готовой продукции.

**Ключевые слова:** керамическая масса, нефтешлам, лессовидный суглинок, утилизация, керамический кирпич.



**Түйіндеме.** Тиімді қабырға керамикасын өндіру үшін мұнай шламы пайдаланылған композициялық қоспаны жасау бойынша тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Мұнай шламы негізінде жасалған композициялық қоспаны пайдалана отырып ресурснәмдеу технологиясы бойынша энергетикалық шығыны төмен, сапалы қабырғалық керамика алу мүмкіндігі анықталды. Мұнай шламы бар конгломератты қоспаны керамика массасына қосу құрамында табиға эмульгатор ретіндегі смола, асфальтобетон, жоғары балқитын парафиндер, қалыптау жабдықтарының жұмысын жеңілдететін және қалыпталған үлгіге ақаулар мен сызаттар түсірмеуге кепіл болатын беттік белсендірілген зат (ББЗ) ретінде қосылады. Шікі композицияны термөңдеуде келесідей процесстер жүретіні анықталды: өнімнің ішіндегі мұнай шламының жану процесі оның сыртындағы мен беткі қабатына дейінгі температураның төмендеуіне қарсы әсер беріп, бұйымның пісу процесін жылдамдатады; мұнай шламының іште жануына байланысты күйдіру уақыты азайып, қалыпталған үлгі бұрынғы керамикалық кірпішті күйдіргеннен шапшаңырақ күйдіріледі; мұнайшламының жануы әсерінен пештің ішіндегі температура жоғарылап, күйдіруге кететін энергия шығыны азаяды. Сондықтан, мұнай шламын қуатбелгіш және модифицирленген компонент ретінде қабырға керамикасын өндірісі технологиясына пайдалану мүмкіндігі дәлелденді. Дайын өнім алу арқасында тек қана экономикалық тиімділік емес, экологиялық тиімділікке де жетіп отырмыз.

**Түйінді сөздер:** керамикалық масса, мұнай шламы, сары саздақ, кәдеге жарату, керамикалық кірпіш.



**Abstract.** They are presented the results of the experimental research on development of the composite additive with oil sludge for the production of

effective wall of ceramics. It is found the possibility of obtaining the high-quality wall ceramic with reduced energy consumption on resource-saving technology by the use of conglomerate composition on the basis of oil sludge. The addition of the conglomerate mixture with the oil sludge in ceramic mass is used as the surface active agents (SAA) due to their content of natural emulsifiers in the form of resins, asphaltenes and high melting paraffins that can facilitate the work of molding equipment and excludes свильеобразование of molding composition and guarantees the obtaining of molded articles without cracks and bruises. It is found that during the heat treatment of feedstock composition, take place the following processes: – the combustion process of oil sludge inside the product and reduces the temperature difference between center and surface of the product that intensifies the process of sintering of products; – at the expense of the internal combustion of oil sludge, reduces the duration of firing, as the molded adobe is fired faster than the adobes which are molded by the traditional technology of ceramic bricks; – increases the temperature of medium inside the oven at the expense of combustion of oil sludge, which reduces the energy consumption at the firing stage. Thus, it is proved the possibility of using the oil sludge as energy producing and modifying component in the production technology of the wall ceramics. In this case, it is achieved not only the economic benefits but also the environmental benefits at the expense of utilization of oil sludge with the release of finished product.

**Key words:** ceramic mass, oil sludge, loess-like loam, utilization, ceramic brick.

**Введение.** Нефтедобыча означает не только большие экспортные доходы, но и серьезную угрозу природной среде. На любом крупном НПЗ есть хранилища отходов, так называемых шламов, под крупными нефтехранилищами. Нефтяные шламы, образующиеся в процессе нефтегазодобычи, транспортировки нефти и нефтепродуктов, их переработки, являются опасными загрязнителями поверхностных и подземных вод, почвенного покрова и атмосферного воздуха. Количество нефтешламов постоянно увеличивается. Хранение нефтешлама в накопителях вызывает сложные экологические проблемы. В то же время его нефтяная часть является ценным органическим сырьем и ее комплексная переработка обеспечивает сохранение природных ресурсов [1,2].

Проблемам утилизации нефтяных шламов посвящены и труды зарубежных ученых [3-5]. Учеными из Вильнюсского техни-

ческого университета (Литва) были проведены научно-экспериментальные исследования по использованию нефтяных шламов в технологии керамических материалов. Полученные научные результаты показали перспективность использования нефтяных шламов в керамическом производстве в отношении модификаций керамических масс и улучшения физико-механических свойств готового продукта.

В работе [6] авторами проведены исследования по использованию отработанных автомобильных масел (отходы нефтепродуктов) в композиции с кварцевым песком для производства легких заполнителей в качестве модифицирующей добавки к глинистому сырью. Добавка 1 % отработанных масел в композиции с кварцевым песком позволила увеличить газообразование, вспучиваемость глинистого сырья, механическую прочность и снизить температуру вспучивания глинистого сырья.

В целом использование отходов промышленности в производстве строительных материалов, подвергающихся обязательной термообработке по необходимости технологического процесса, является положительной научной тенденцией для энергоэффективности технологии и ресурсосбережения [7].

В настоящее время известно о применении следующих методов (и их комбинаций) обезвреживания и переработки нефтяных шламов [8-13]:

— сжигание нефтяных шламов в виде водных эмульсий и утилизация выделяющегося тепла и газов;

— обезвоживание или сушка нефтяных шламов с возвратом нефтепродуктов в производство, а сточных вод – в оборотную циркуляцию и последующим захоронением твердых остатков;

— отверждение нефтешламов специальными консолидирующими составами с последующим использованием в других отраслях народного хозяйства, либо захоронением на специальных полигонах;

— переработка нефтяных шламов на газ и парогаз, в нефтепродукты;



— использование нефтешламов как сырье (компоненты других отраслей народного хозяйства);

— физико-химическое разделение нефтяного шлама (растворители, деэмульгаторы, ПАВ и др.) на составляющие фазы с последующим использованием.

В качестве базовых могут быть рекомендованы методы термического и химического обезвреживания отходов, позволяющие осуществлять переработку нефтесодержащих отходов силами предприятий отрасли, к примеру, за счет организации на объектах участков обезвреживания на базе компактных установок небольшой производительности. Оба метода позволяют обезвреживать следующие виды нефтеотходов:

— образующиеся в результате очистки сточных вод нефтесодержащие осадки и жидкие нефтеотходы из очистных сооружений;

— нефтешламы, образующиеся при зачистке резервуаров и технологического оборудования;

— нефтешламы, представляющие собой сложные многокомпонентные дисперсные системы, образующиеся в результате поршневания продуктопроводов или формирующиеся с течением времени в амбарах;

Многие авторы утверждают [8-13], что наиболее эффективным, хотя и не всегда экономически рентабельным, считается термический метод обезвреживания шлама, сущность которого заключается в сжигании нефтешламов во вращающихся барабанных печах, в печах с кипящим слоем теплоносителя, в объеме топки с использованием форсунок, в топке с барботажными горелками. При этом термический метод позволяет совместно с нефтешламами сжигать загрязненные фильтры, промасленную ветошь, твердые бытовые отходы. Образующиеся при этом вторичные отходы относятся к 4 классу опасности и подлежат вывозу на полигоны захоронения.

Применение нефтешламов в качестве сырья для других отраслей является одним из рациональных способов его использования, так как достигается определенный экологический и эко-

номический эффект [14]. При этом при производстве продукции не требуется специального оборудования и дополнительной энергии.

Одной из наиболее широких областей применения нефтешламов является дорожное строительство, где они используются как добавка к связующим, повышающая качество асфальтовой смеси. Второй областью по объему использования нефтешлама в качестве сырья является изготовление строительных материалов. Так, продукт обезвреживания нефтешлама препаратом «Эконафт» может быть использован в качестве добавки для асфальтобетонных смесей, а также в качестве конструктивных элементов автодорог, гидроизоляционных и дополнительных слоев земляного полотна автодорог.

Нефтешламы могут быть использованы также для получения битумных вяжущих материалов [15,16].

На нефтеперерабатывающих заводах Казахстана при переработке нефти образуются сточные воды, содержащие нефтепродукты. Для очистки таких сточных вод требуется разделить основные составляющие: нефть, воду и твердое вещество.

Например, в настоящее время Павлодарское НПЗ для утилизации нефтешламов из амбаров и резервуаров используется Трикантер® компании «Flottweg» (Германия), специально рассчитанный на непрерывное разделение трех фаз. Он разделяет компоненты за одну технологическую операцию.

Преимущества при переработке нефтяных шламов из отстойников и лагун с использованием Трикантера® компании «Flottweg» заключается в следующем:

- около 90 % имеющейся нефти получается из шлама и может снова использоваться в качестве сырой нефти;
- отделенное твердое вещество составляет примерно 10-20 % первоначального количества шлама. Это в значительной степени уменьшает расходы на транспортировку, депонирование и сжигание;
- непрерывный автоматический режим работы также при неоднородном составе нефтяного шлама позволяет уменьшить

численность необходимых сотрудников;

— устранение опасности для окружающей среды, исходящей от отстойников и лагун с нефтью.

Проведенный предварительный анализ существующих наиболее эффективных методов утилизации нефтешламов позволяет заключить, что переработка и утилизация нефтешламов – это важная экологическая и экономическая задача.

В настоящее время унифицированного способа переработки нефтешламов нет. Однако любая технология базируется на 2-х последовательных этапах: предварительная подготовка (обезвоживание и удаление механических примесей) и непосредственно переработка. Тем не менее на данный момент в результате утилизации нефтешламов уже получают много полезных продуктов: товарную нефть, топливо для котельных установок, некоторые строительные материалы. Известны также технологии и специальное оборудование для переработки нефтяных шламов с извлечением остаточной нефти и утилизацией твердых отходов (кека) в материалы для дорожного строительства [16-19].

Первый заместитель председателя комитета Государственной думы РФ по аграрно-производственной политике и природопользованию Р. Сафина считает, что надо целенаправленно заниматься проблемой утилизаций нефтешламов в пределах закона, чтобы эти отходы нефтедобычи можно было продавать, экспортировать или перерабатывать [1].

Учитывая и анализируя существующие тенденции утилизаций нефтяных шламов, на наш взгляд, можно выделить 3 основных области применения нефтешламов с целью эффективного использования их в качестве топливосодержащего сырья:

- применение в котельных в качестве топлива;
- получение топливных компонентов и профилактических смазок;
- использование в производстве строительных материалов, требующих высокотемпературного обжига и связанных с высокими затратами энергоносителей (уголь, газ, дизельное топливо и т. п.). К числу таких производств можно отнести производ-

ство керамического кирпича, керамзита, аглопорита, извести, цемента.

В качестве глинистого компонента использовался лёссовидный суглинок Чаганского месторождения (Западно-Казахстанская область) химический состав, которого представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав лёссовидного суглинка**

Содержание оксидов, мас. %									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	п.п.п
52,58	12,25	12,0	2,13	5,10	–	–	2,57	3,60	9,78

В качестве добавки использовался нефтешлам нефтедобывающей компании ТОО «Жайык Мунай» (г. Уральск), который имеет следующие характеристики:

- вязкость условная при 80 °С – 2,11;
- плотность при 20 °С, – 960 кг/м<sup>3</sup>;
- содержание нефтепродуктов – 34,5-37,6 % мас.,
- содержание воды – 48-56,4 % мас.;
- механических примесей – 4,3-4,6 % мас.

Кроме того, в нефтешламе присутствуют природные эмульгаторы – смолы, асфальтены, высокоплавкие парафины.

**Цель работы** – использование нефтешлама в технологии стеновой керамики в качестве модифицирующего и топливосодержащего компонента.

**Методы исследований.** Для измельчения лёссовидного суглинка применяли лабораторную щековую дробилку марки ДЩ 80×150 и лабораторную шаровую мельницу марки МШЛ 250×100.

В процессе исследования использована испытательная лаборатория НИИ инжиниринга и ресурсосбережения Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана, региональная университетская лаборатория инженерного профиля «IPGETAC» по направлению: «Высокие технологии получения новых материалов на основе комплексного использования ресурсов горно-металлургической промышленности», Вос-

точно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева и лаборатория инженерного профиля «Методы физико-химического анализа» Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата.

Для определения кристаллических фаз, размера частиц и кристаллов, количественного соотношения кристаллической и аморфной фаз использовался просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100 фирмы «JEOL» (Япония).

Изучение топографии и микроструктуры поверхности, различных образцов, качественный и количественный анализ состава образца в точечной области, построение профилей распределения элементов вдоль выбранной линии, получение карт распределения элементов с выбранного участка производили растровым электронным микроскопом JSM-6390LV фирмы LEOL (Япония).

Качественный и количественный фазовый анализ, определение параметров ячейки и ориентировки кристаллов, анализ структур поликристаллов, микронапряжений и текстур, количественный элементный анализ неорганических веществ и материалов, изотопный анализ проводили на дифрактометре рентгеновский XPert PRO фирмы «PANalytical».

Для определения теплопроводности образцов, изготовленных из кремнистых и глинистых материалов, использовали измеритель теплопроводности ИТП-МГ-4 «Зонд».

Для проведения экспериментальных работ пробу лёссовидного суглинка подвергали дроблению в лабораторной щековой дробилке МШЛ 100×250 до образования фракций 5-10 мм, затем подвергали помолу в лабораторной шаровой мельнице МШЛ-1П до удельной поверхности и полного прохождения через сито с отверстием 1 мм.

Пробу нефтешлама ТОО «Жайык Мунай» (г. Уральск), полученную в результате зачистки резервуаров, предварительно подвергали усреднению путем механического перемешивания.

Для введения в керамическую массу нефтешлам из высоковязкого состояния переводили в капиллярно-пористое коллоидное состояние путем совместного перемешивания с тонкомолотым лёссовидным суглинком в соотношении «лёссовидный суглинок – нефтешлам» 3:1. Данная технологическая операция пе-

реводит нефтешлам в сыпучий конгломерат влажностью 12-15 % и обеспечивает удобную позицию для последующих технологических операций как дозирование и равномерность распределения при перемешивании с основной массой.

Из подготовленных компонентов составлялась сырьевая композиция путем взвешивания и дозирования. Конкретные компонентные составы исследуемого объекта представлены в табл. 2.

Из исследуемых составов приготавливалась керамическая масса с формовочной влажностью 20-22 %. Затем изготавливались образцы-цилиндры с диаметром и высотой 50 мм методом пластического формования. Отформованные образцы сушились в сушильном шкафу при температуре 75-85 °С до остаточной влажности 7-8 %. Высушенные образцы обжигались в электрической печи СНОЛ 80/12 по специально разработанному режиму. Термообработанные образцы-цилиндры подвергались испытанию по определению физико-механических свойств и микроскопическому структурному анализу. Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 3.

Таблица 2

**Компонентные составы керамической композиции**

№ состава	Компонент, мас. %	
	лессовидный суглинок	конгломератная смесь с нефтешламом
1	50	5,0
2	40	7,0
3	30	10,0
4	20	15,0
5	10	20,0

Таблица 3

**Физико-механические свойства исследуемых образцов**

№ состава	Коэффициент чувствительности к сушке по экспресс-методу Чижского, с	Температура обжига, °С	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Теплопроводность Вт/м·К	Водопоглощение, %
1	110	950±20	1450	11,7	5,4	0,38	22,8
2	125		1440	11,2	5,1	00,36	23,6
3	142		1430	11,1	4,8	0,34	25,1
4	157		1420	10,8	4,5	00,32	26,4
5	170		1370	10,4	4,3	00,3	28,2

Как показывают результаты экспериментальных исследований, с увеличением содержания конгломерата с нефтешламом за счет уменьшения лёссовидного суглинка наблюдается снижение средней плотности от 1450 до 1370 кг/м<sup>3</sup>. При этом увеличивается показатель водопоглощения термообработанных образцов, свидетельствующих о повышении пористости образцов. Низкие показатели средней плотности наблюдались у составов № 4 и 5 и находились в пределах 1420-1370 кг/м<sup>3</sup>. Аналогичные изменения происходят касательно теплопроводности и прочности при сжатии и изгибе. Минимальные значения прочности и теплопроводности также наблюдались у составов № 4 и 5. При этом прочность при сжатии и изгибе у этих составов находилась в пределах 10,4-10,8 МПа, а теплопроводность равна 0,3-0,32 Вт/м·К. Следует отметить, что с увеличением содержания конгломератной смеси с нефтешламом увеличивается время появления первых трещин от 110 до 170 с, что обусловлено снижением чувствительности к сушке керамической композиции. Микроскопический структурный анализ термообработанных образцов без добавки и с добавкой конгломератной смеси с нефтешламом (рис. 1) наглядно показывает, что у последних явно наблюдается значительное увеличение микропористости, так как происходит полное выгорание всех органических остатков конгломератной смеси с нефтешламом в процессе обжига.

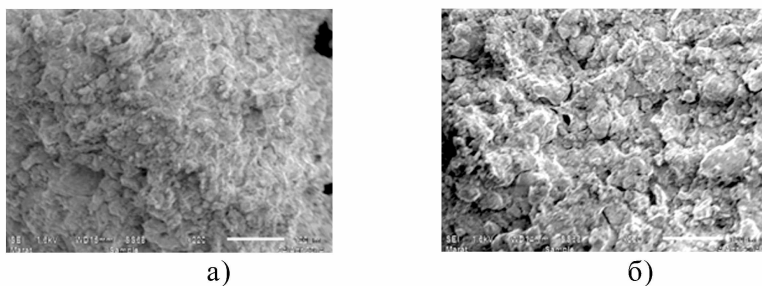


Рис. 1. Микроструктура обожженных керамических образцов при температуре 950 °С (увеличение 220-230): а) керамический образец без добавки; б) керамический образец с добавкой конгломерата с нефтешламом

**Результаты и обсуждение.** Общий анализ результатов экспериментальных исследований позволяет заключить следующее:

— линейная закономерность снижения средней плотности и прочности при сжатии и изгибе, сопровождающихся повышением показателей водопоглощения и снижением коэффициента теплопроводности термообработанных образцов, свидетельствует о выгорании конгломератной смеси с нефтешламом и образовании мелкопористой структуры керамического черепка;

— несмотря на значительную пористость керамического черепка, прочностные показатели образцов находятся на уровне ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия», что свидетельствует о положительном влиянии конгломератной смеси с нефтешламом на процесс спекания керамической массы;

— конгломератная смесь с нефтешламом положительно влияет и на процесс сушки керамической массы, о чем свидетельствуют экспериментальные показатели коэффициента чувствительности к сушке;

— добавка конгломератной смеси с нефтешламом в керамическую массу служит также в качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ) благодаря содержанию в них природных эмульгаторов в виде смол, асфальтенов и высокоплавких парафинов, что позволяет облегчить работу формующего оборудования и исключает свильеобразование формовочной массы и гарантирует получение отформованных изделий без трещин и посечек.

При термообработке сырьевой композиции, по нашему мнению, происходят следующие процессы:

— горение нефтешлама внутри продукта, и способствующее снижению перепада температур между центром и поверхностью изделий, что интенсифицирует процесс спекания изделий;

— за счет внутреннего горения нефтешлама сокращается продолжительность обжига, так как отформованный сырец обжигается быстрее, чем сырцы, отформованные по традицион-



ной технологии керамического кирпича;

— повышается температура среды внутри печи за счет горения нефтешлама, что обеспечивает снижение энергозатрат на стадии обжига;

— образуются легкоплавкие эвтектики за счет взаимодействия мелких частиц лёссовидного суглинка и мелкодисперсных механических примесей, присутствующих в составе нефтешлама, что способствует образованию стеклофазы в области низких температур. В результате структура керамического черепка представляет собой армированный спеченный каркас из стекло- и кристаллических фаз с пористой микроструктурой и, как следствие, снижение температуры обжига, средней плотности и теплопроводности при сохранении прочностных показателей готовых изделий.

**Выводы.** Доказана принципиальная возможность использования нефтешламов в качестве энерговыделяемого и модифицирующего компонента в технологии производства стеновой керамики. При этом достигается не только экономический, но и экологический эффект за счет утилизации нефтешламов с выходом готовой продукции.

### Список литературы

1 Материалы Междунар. форума «Нефтяной шлам»: как превратить отходы в доходы // Новые технологии переработки нефтяных отходов и рекультивации загрязненных земель, г. Москва, 18 июня 2012 г.

2 *Мустафин И.А.* Разработка комплексной установки утилизации нефтяных шламов: автореф. канд. дис.

3 O.Kizinievič, Žurauskienė, Ramunė [Zurauskiene, Ramunė]; Mačiulaitis, Romualdas [Maciulaitis, Romualdas]; Kičaitė, Asta [Kicaite, Asta]. Study of the technogenical raw materials (catalyst) of the oil industry and possibility to utilize them in the constructional ceramics production // The 7th International conference «Environmental engineering» [elektroninis išteklis]. May 22-23, 2008 Vilnius, Lithuania: proceedings [CD]. Vilnius: Technika, 2008. – P. 1-7.

4 O.Kizinievič, Mačiulaitis, Romualdas; Kizinievič, Viktor]; Yakovlev G.I. Utilization of technogenic material from an oil-processing company in the

production of building ceramics // Glass and ceramics. New York : Springer. ISSN 0361-7610. – 2006. – Vol. 63, iss. 1-2. – P. 64-67.

5 Kizinievič, Olga; Žurauskienė, Ramunė; Kizinievič, Viktor; Žurauskas, Rimvydas; Tumonis, Liudas. Application of technogenic-raw material and burning out additive in composite ceramic system / Materials science = Medžiagotyra : 20th International Baltic conference on Materials Engineering, Kaunas, October 27-28, 2011. Kaunas : Technologija. ISSN 1392-1320. Vol. 18, no. 3 (2012), p. 296-302. Prieiga per internetą:

6 *Fakhfakh E., Hadzhadzi. Century, Medhioub M.* Effects of sand In addition on production of light fillers from Tunisia the smektitovykh of rich clay breeds // Applied Science Knitting // Release 3-4, 2007. – P. 228-237.

7 Gonsalez-Korrochano. B., Alonso-azcarate.J. Productions the gegkikh of fillers from mountain and industrial wastes // Magazine of ecological management. – 2009. – Т. 90, release 8. – P. 2801-2812.

8 *Жумаев К.К., Орипова Л.Н.* Выбор метода обезвреживания и очистки нефтяных шламов // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 84-85.

9 *Ковалева Л.А., Миннигалимов Р.З, Зиннатуллин Р.Р.* Электромагнитные технологии в нефтедобыче и нефтяной экологии // Недропользование – XXI век. – 2009. – № 6.– С. 56-59.

10 *Котенев Ю.А., Андреев В.Е., Давыдов В.П., Юсупов О.М., Сиднев А.В.* Экологические аспекты функционирования нефтегазовых техноприродных систем: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998. – 101 с.

11 *Миннигалимов Р.З., Нафикова Р.А.* Методика расчета характеристик процесса разделения нефтяных шламов в поле центробежных сил: сб. науч. тр. // Технологии нефтегазового дела. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – С. 161-166.

12 *Валеев М.Д., Бриль Д.М., Миннигалимов Р.З.* Выбор технологии переработки нефтешламов на предприятиях АНК «Башнефть»: сб. науч. трудов БашНИПинепфть. – 1997. – Вып. 92. – С. 21-28.

13 *Булатов В.И.* Нефть и экология: научные приоритеты в изучении нефтегазового комплекса. – Новосибирск, 2004. – 156 с.

14 Инновационный патент № 29517 от 23.01.2015 г. «Способ получения стеновой керамики» / Монтаев С.А., Бисенов К.А., Таскалиева А.Т., Жарылгапов С.М. и др.

15 *Миннигалимов Р.З., Нафикова Р.А.* Современные пути решения проблем переработки шламов в нефтедобыче и в переработке: сб. науч.тр. // Технологии нефтегазового дела. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – С. 166-171.

16 *Магид А.Б., Купцов А.В., Шайбаков Р.А.* Технологические процессы переработки нефтешламов // Вестник АТИНГ. – 2005. – № 6-7. – С. 82-86.

17 *Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н., Десяткин А.А., Хафизов Ф.Ш.* Получение стойких топливных композиций с использованием нефтешлама // Нефтепереработка и нефтехимия- с отечественными технологиями в XXI век: тез. докл. II конгресса нефтегазопромышленников России. – Уфа: ИПНХП, 2000. – С. 164.

18 *Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н., Десяткин А.А., Хафизов Ф.Ш.* Создание агрегативно-устойчивых топливных смесей на основе тяжёлого котельного топлива и нефтешлама // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: тез. докл. XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Реактив, 2000. – С. 124.

19 *Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н., Десяткин А.А., Хусаинов Р.М., Рахметов Э.Э.* Разработка технологии утилизации нефтешлама // Нефтяные топлива и экология: тез. докл. Респ. конф. молодых ученых. – Уфа: УГНТУ, 2000. – С. 61.

***Монтаев Сарсенбек Алиакбарвич***, профессор, доктор технических наук; e-mail: montaevs@mail.ru

***Жарылгапов Сабит Муратович***, докторант  
тел. 8-702-766-6174; e-mail: sabit.raisa@mail.ru

***Бисенов Кылышбай Алдабергенович***, ректор, профессор, доктор технических наук

***Монтаева Айнур Сарсенбековна***, магистрант

***Тауышев Орынбек Утебаевич***, магистрант

# СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

МРНТИ 68.39.31, 68.39.13

*Н. И. Малмаков*

Научно-исследовательский институт овцеводства,  
с. Мынбаево, Казахстан

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ОВЕЦ УМЕНЬШЕННЫМИ ДОЗАМИ ЗАМОРОЖЕННОЙ СПЕРМЫ

---

**Аннотация.** В трех отарах племенных хозяйств «Мадина» и «Бултбек» Алматинской области после лапароскопического осеменения (ЛО) замороженной спермой двух баранов породы рамбулье объегнилось 35 % овцематок (28/80). Между 1-й и 2-й, 2-й и 3-й отарами обнаружены достоверные различия по числу окотившихся овец: 25,9 % (7/27), 56,5 % (13/23) и 26,7 % (8/30) соответственно ( $P < 0,05$ ). Разработан метод ЛО, заключающийся в осмотре левого яичника на наличие фолликула или овуляции и осеменении в ипсилатеральный рог матки, при испытании которого из 5 овец объегнилось 3 (60 %). Для широкого использования на практике этот метод должен быть испытан на большем поголовье животных. Сделан вывод, что ЛО уменьшенными дозами замороженной спермы можно успешно выполнять на малоплодных овцах с естественной половой охотой.

**Ключевые слова:** малоплодные овцы, лапароскопическое осеменение, замороженная сперма, фолликул, овуляция, ипсилатеральный рог.



**Түйіндеме.** Алматы облысының «Мадина» және «Бултбек» асыл тұқымды мал шаруашылықтарындағы үш отарда рамбулье тұқымының екі қошқарының мұздатылған шәуетімен лапароскопиялық ұрықтандырудан (ЛҰ) саулықтардың 35 % (28/80) төлдеді. Төлдеген саулықтардың саны бойынша 1-ші және 2-ші, 2-ші және 3-ші отарлар арасында шынайы айырмашылықтар анықталды ( $P < 0,05$ ): тиісінше 25,9 % (7/27), 56,5 % (13/23) және 26,7 % (8/30). Сол жақтағы аналық жыныс безінде фол-ликулдың немесе овуляцияның бар-жоқтығын тексеріп, жатырдың ипсилатеральді мүйізіне ұрықтандыруға негізделген ЛҰ әдісі шығарылды. Бұл әдісті сынау кезінде 5 саулықтың ішінде 3-уі төлдеді (60 %). Практикада кеңінен қолдану үшін

бұл әдісті малдың көп басына сынау қажет. Мұздатылған шәуеттің азайтылған дозаларымен ЛҰ-ды табиғи күйлеген төлшенділігі төмен саулықтарға сәтті жүргізуге болады деген қорытынды жасалды.

**Түйінді сөздер:** төлшенділігі төмен қойлар, лапароскопиялық ұрықтандыру, мұздатылған шәует, фолликул, овуляция, ипсилатеральді мүйіз.



**Abstract.** In three flocks of breeding farms «Madina» and «Bultbek» in the Almaty region after laparoscopic insemination (LI) with frozen semen of two sheep of Rambouillet, 35 % of ewes have yeaned (28/80). There are found significant differences between the 1st and 2nd, 2nd and 3rd flocks in the number of yeaning: 25.9 % (7/27), 56.5 % (13/23) and 26.7 % (8/30), respectively ( $P < 0,05$ ). It was developed the method of LI consisting in examination of the left ovary for the presence of follicle or ovulation and insemination in the ipsilateral uterine horn, while testing it, 3 ewes from 5 (60 %) have yeaned. This method should be tested on a larger number of animals for a wide use in practice. It is concluded that the LI can be successfully performed with reduced doses of frozen semen on oligocarpous sheep with natural oestrus.

**Key words:** oligocarpous sheep, laparoscopic insemination, frozen semen, follicle, ovulation, ipsilateral horn.

**Введение.** Искусственное осеменение (ИО) является ценным инструментом селекционных программ по генетическому улучшению животных. Оно позволяет быстро получать большое количество потомков от самых лучших производителей, обеспечивает более точную генетическую оценку животных и в то же время предотвращает и контролирует распространение болезней, передающихся половым путем. Согласно данным Lohuis [1], ежегодный генетический прирост при вольной случке составляет 0 %, при использовании ИО – 0,5 %, а при использовании ИО в сочетании с проверкой производителей по качеству потомства – 2,0 %. Эффективность ИО максимально увеличивается с использованием метода криоконсервации спермы. Хорошо известно, что в молочном скотоводстве благодаря ИО замороженной спермой высокопродуктивных быков-производителей, проверенных по качеству потомства и признанных улучшателями, в генетическом совершенствовании и увеличении продуктивности животных был достигнут значительный прогресс. В овцеводстве Казахстана метод криоконсервации спермы используется только в экспериментальных целях из-за низкой оплодотворяемости овец после цер-

викального осеменения замороженной спермой. Gordon [2] и Cseh et al. [3] отмечают, что разработка методов криоконсервации спермы барана происходит очень медленно и что для их улучшения до сих пор остается широкое поле деятельности.

Согласно расчетам Maxwell [4], лапароскопическое осеменение (ЛО) является ценным инструментом селекционных программ по генетическому улучшению овец, который позволяет спермой, замороженной за один год от одного генетически ценного высокопродуктивного барана, осеменить 25 тыс. овцематок и получить 12 тыс. ягнят. При ЛО Evans and Maxwell [5] рекомендуют введение общей дозы не менее 20 млн. подвижных сперматозоидов в оба рога матки. Когда сперму замораживают в соломинках объемом 0,25 мл, обычно ее разбавляют до концентрации 400 млн. подвижных клеток в 1 мл, что позволяет перед замораживанием поместить в каждую соломинку 100 млн. Если после оттаивания подвижность составляет 40-50 %, то в соломинке содержится 40-50 млн. подвижных сперматозоидов. Следовательно, если следовать рекомендации Evans and Maxwell [5], то содержимым одной соломинки можно осеменить двух овец.

В исследованиях Salamon et al. [6] и Maxwell [7] после ЛО дозой 10 и 5 млн. подвижных сперматозоидов обьягнилось 57,8 % (26/45) и 38,8 % (33/85) соответственно. De Graaf et al. [8] при использовании дозы 15 млн. получили 48,6 % (36/74) ягнений. В наших экспериментах [9] после введения в оба рога матки общей дозы 24 и 16 млн. подвижных спермиев обьягнилось 47,7 (110/230) и 55,8 (101/181) овец соответственно при недостоверной разнице между группами ( $P > 0,05$ ).

Многие породы овец Казахстана относятся к малоплодным и производят 1,1-1,2 ягнят/ягнение. Это означает, что у 70-80 % овцематок в конце естественной охоты овулирует только одна яйцеклетка. Если овец с одной овуляцией осеменить в оба рога матки, то 70-80 % спермы, введенной в контралатеральный рог, не участвует в оплодотворении и тратится впустую. При использовании на малоплодных овцах дорогой импортной спермы или спермы от особо ценных производителей, ЛО 10 млн. подвижных сперматозоидов в ипсилатеральный рог матки может пред-

ставлять собой метод, позволяющий экономить сперму и осеменять содержимым одной соломинки 4-5 голов. В данном эксперименте исследовалась эта гипотеза.

**Методы исследований.** Эксперимент был проведен в октябре 2014 г. на овцематках жаркентского типа казахской тонкорунной породы в племенных хозяйствах (ПХ) «Мадина» и «Бултбек» Панфиловского района Алматинской области. Всего было использовано 80 животных, в том числе 50 из двух отар ПХ «Мадина» и 30 из одной отары ПХ «Бултбек». Выборку овцематок в охоте выполняли с помощью баранов-пробников один раз в сутки с 6 до 7 ч утра.

Сперма чистопородных баранов рамбулье № 34 и № 1101, предоставленная университетом Висконсин-Мадисон, США, была заморожена в соломинках объемом 0,25 мл в концентрации 100 млн. подвижных сперматозоидов в соломинке перед замораживанием. Соломинки оттаивали в водяной бане при температуре 37-39 °С в течение 15-20 с.

ЛО выполняли по методике Evans and Maxwell [5] с помощью инструмента Робертсона (Минитьюб, Германия). Перед осеменением обследовали яичники на наличие зрелых фолликулов или свежих овуляций. Если овца имела фолликул или овуляцию, то 0,04 мл оттаянной спермы (1/5 часть содержимого соломинки) инъецировали в ипсилатеральный рог матки. Если овца имела фолликулы или овуляции на обоих яичниках или, если визуализация поверхности яичников была затруднена, то 0,08 мл спермы инъецировали в оба рога (0,04+0,04 мл).

Оплодотворяемость овец была оценена по результатам ягнения. Экспериментальные данные проанализированы с помощью пакета анализа данных Microsoft Excel 2010.

**Результаты и обсуждение.** Данные табл. 1 показывают, что в трех отарах племенных хозяйств «Мадина» и «Бултбек» после ЛО замороженной спермой баранов рамбулье объягнилось 35 % овцематок (28/80). Между 1-й и 2-й, 2-й и 3-й отарами были обнаружены статистически достоверные различия по количеству объягнувшихся овец: 25,9 % (7/27), 56,5 % (13/23) и 26,7 % (8/30) соответственно ( $P < 0,05$ ).

Таблица 1

**Результаты ягнения овец в племенных хозяйствах «Ма­дина» и «Бултбек» после ЛО замороженной спермой баранов породы рамбулье**

Хозяй-ство	Отара	Порода и номер барана	Осеменено овец, ед.	Окотилось овец		Получено ягнят, ед.
				п	%	
«Ма­дина»	1	Рамбулье 34	27	7	25,9 <sup>а</sup>	7
	2	Рамбулье 34	23	13	56,5 <sup>б</sup>	14
		<b>всего:</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>40,0</b>	<b>21</b>
«Бултбек»	3	Рамбулье 34	14	3	21,4 <sup>а</sup>	3
	3	Рамбулье 1101	16	5	31,3	6
		<b>всего:</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>26,7<sup>а</sup></b>	<b>9</b>
<b>Итого:</b>			<b>80</b>	<b>28</b>	<b>35,0</b>	<b>30</b>

<sup>а,б</sup>Разница между значениями с разными буквами в одной колонке статистически достоверна (P<0.05).

Не обнаружено статистически достоверной разницы по количеству обьягнвившихся овец после ЛО дозами 0,04 и 0,08 мл замороженной спермы: 32,8 % (21/64) и 43,8 % (7/16) соответственно (P>0,05; табл. 2), в том числе во 2-й отаре с более высокими результатами ягнения: 52,9 % (9/17) и 66,7 % (4/6) соответственно (P>0,05).

Таблица 2

**Результаты ягнения овец после лапароскопического осеменения дозами 0,08 и 0,04 мл замороженной спермы в оба рога или в один ипсилатеральный рог матки в зависимости от наличия фолликулов или овуляций на яичниках**

Доза спермы, мл	Место осеменения	Наличие фолликулов или овуляций на яичниках	Осеменено овец	Обьягнилось овец		Получено ягнят
				п	%	
0,08	в 2 рога	овуляции на 2-х яичниках	1	0	0	0
		осмотр затруднен	14	7	50,0	7
	в 1 рог	2 фолликула на яичнике	1	0	0	0
		<b>всего:</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>43,8</b>	<b>7</b>
0,04	в 1 рог	фолликул на яичнике	37	13	35,1	14
		овуляция на яичнике	22	5	22,7	5
	в 1 рог	осмотр левого яичника	5	3	60,0	4
		<b>всего:</b>	<b>64</b>	<b>21</b>	<b>32,8</b>	<b>23</b>
<b>Итого:</b>			<b>80</b>	<b>28</b>	<b>35,0</b>	<b>30</b>



В связи с тем, что количество животных в подгруппах осмотра яичников на наличие фолликулов или овуляций было небольшим, статистически достоверных различий по количеству обьягнвившихся овец между подгруппами не обнаружено (табл. 2). Тем не менее следует отметить, что овец, имевших овуляции во время осмотра, обьягнилось меньше, чем овец, имевших фолликулы: 21,7 % (5/23) и 34,2 % (13/38) соответственно ( $P > 0,05$ ). Среди 59 овец, у которых были обследованы оба яичника, только у двух овец (3,4 %) было по 2 овуляции или 2 фолликула. Из 14 животных, которые вследствие затрудненного осмотра яичников были осеменены в оба рога матки, обьягнилось 7 голов (50 %).

Лапароскопическое обследование яичников показало, что:

— после овуляции яичники не закрыты фимбрией (воронкой яйцевода);

— до овуляции яичник покрыт фимбрией, которую приходится отодвигать, чтобы приоткрыть и осмотреть яичник. Трудно обследовать задние участки яичника, находящиеся на противоположной от лапароскопа стороне. Доля животных с затрудненным обследованием составила 18,7 % (14/75);

— отодвигание металлическим стержнем фимбрии с яичника на некоторое время нарушает попадание (маршрут) яйцеклетки из фолликула в яйцевод;

— труднее обследовать правый яичник из-за того, что лапароскоп вводится в абдоминальную полость с левой стороны;

— лапароскопическое обследование яичников обычно занимает 2-3 мин., в трудных случаях – до 10-15 мин.

Так как обследование яичников (особенно правого) затруднено, в ходе эксперимента было предложено осматривать только левый яичник, если на нем имелся зрелый фолликул или свежая овуляция – осеменять в левый рог, если ничего не было – в правый. Такой подход был выполнен на 5 овцах, из которых 3, или 60 %, обьягнились и принесли 4 ягнят (табл. 2).

Низкую долю животных с двумя фолликулами или двумя овуляциями, составившую в нашем эксперименте всего лишь 3,4 % (2/59), вместо ожидаемых 20-30 %, можно объяснить труд-

ностью и, следовательно, неточностью лапароскопического обследования яичников, особенно задних участков, на которых мы могли не заметить некоторые фолликулы или овуляции.

Результаты эксперимента согласуются с данными исследований Maxwell [6], в которых после ЛО одинаковой общей дозой 20 млн. подвижных сперматозоидов на 1 гол. обьягнилось больше овцематок, осемененных в оба рога матки без осмотра яичников, чем овцематок, осемененных только в один ипсилатеральный рог после осмотра яичников: 76,8 % (53/69) и 44,9 % (33/75) соответственно ( $P < 0,001$ ). Более высокие результаты ягнения в работе можно объяснить тем, что автор осеменял овец с синхронизированной половой охотой за 1-2 ч до прогнозируемой овуляции. В нашем эксперименте использовали овец с естественной половой охотой, у которых согласно Evans and Maxwell [5] в практических условиях прогноз точного времени овуляции невозможен.

**Выводы.** Лапароскопическое обследование одного только левого яичника и последующее введение 10 млн. подвижных сперматозоидов в один ипсилатеральный рог матки на малом поголовье животных дали хорошие результаты ягнения, составившие 60 % (3/5). Необходимы дополнительные исследования для уверенного утверждения того, что этот метод является рациональным при ЛО малоплодных овец уменьшенными дозами замороженной спермы.

Относительно высокая доля обьягившихся овцематок во 2-й отаре, составившая 52,9 % (9/17) после введения 10 млн. сперматозоидов в один ипсилатеральный рог матки, позволяет нам констатировать, что ЛО уменьшенными дозами замороженной спермы можно успешно выполнять на малоплодных овцах с естественной половой охотой.

### Список литературы

1 Lohuis M.M. Potential benefits of bovine embryo manipulation technologies to genetic improvement programs // Theriogenology. – 1995. – Vol. 43. – P. 51-60.

2 *Gordon I.* Controlled reproduction in sheep and goats // CAB International, 1997. – 450 p.

3 *Cseh S., Faigl V., Amiridis G.S.* Semen processing and artificial insemination in health management of small ruminants // *Animal Reproduction Science.* – 2012. – Vol. 130. – P. 187-192.

4 *Maxwell W.M.C.* Current problems and future potential of artificial insemination programmes. In: D.R. Lindsay and D.T. Pearce (Editors), *Reproduction in Sheep.* Australian Academy of Science and Australian Wool Corporation, Canberra, 1984. – P. 291-298.

5 *Evans G. and Maxwell W.M.C.* Salamon's artificial insemination of sheep and goats. Sydney, Butterworths, 1987. – P. 8.

6 *Salamon S., Maxwell W.M.C. and Evans G.* Fertility of ram semen frozen-stored for 16 years // *Proc. Aust. Soc. Reprod. Biol.* – 1985. – Vol. 17. – P. 62.

7 *Maxwell W.M.C.* Artificial insemination of ewes with frozen-thawed semen at a synchronized oestrus. 2. Effect of dose of spermatozoa and site of intrauterine insemination on fertility // *Animal Reproduction Science.* – 1986. – Vol. 10. – P. 309-316.

8 *de Graaf S.P., Evans G., Maxwell W.M.C., Cran D.G., O'Brien J.K.* Birth of offspring of pre-determined sex after artificial insemination of frozen-thawed, sex-sorted and refrozen-thawed ram spermatozoa // *Theriogenology.* – 2007. – Vol. 67. – P. 391-398.

9 *Малмаков Н.И., Сейтпан К., Хамзин К.П., Сливаков В.А., Айбазов А.-М.М.* Результаты ягнения после внутриматочного осеменения овец замороженной спермой, импортированной из Новой Зеландии и США: сб. науч. тр. // *Животноводство и кормопроизводство.* – Ставрополь: СНИИЖК. – 2012. – Вып. 5. – С. 59-62.

**Малмаков Нурлан Икласович**, доктор сельскохозяйственных наук,  
тел./факс: 8 72770 64120 (приемная), + 7 705 170 2081  
e-mail: nurlan\_malmakov@mail.ru

Регистрационное свидетельство № 7528-Ж  
от 01.08.2006 г.  
выдано Министерством культуры и информации  
Республики Казахстан

Редактор *А. А. Козлова*  
Редактор текста на казахском языке *С. А. Оскенбай*  
Редактор текста на английском языке *Г. А. Айтжанова*  
Компьютерная верстка и дизайн *Л. П. Кадциной, С. А. Дерксен*  
Обложка *Е. С. Кадырова*

---

Подписано в печать 12.10.2015.  
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Усл. п. л. 13,1. Тираж 350 экз. Заказ 92.

---

Редакционно-издательский отдел НЦ НТИ.  
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

**ИНТЕРНЕТ-САЙТ ЖУРНАЛА**

[www.vestnik.nauka.kz](http://www.vestnik.nauka.kz)

Портал «НЦ НТИ» – [www.nauka.kz](http://www.nauka.kz)

*Здесь можно ознакомиться с международными правилами написания научных статей, оценить материалы, опубликованные ранее, которые помогут Вам в научной работе*

**УНИКАЛЬНЫЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД  
НЕПУБЛИКУЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ**

**НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**приглашает Вас стать нашими постоянными пользователями!**

- Отчеты НИОКР, докторские и кандидатские диссертации
- Диссертации докторов философии PhD
- Депонированные научные работы казахстанских авторов

**Более 50 тыс. документов со всего Казахстана**

*Материалы фонда помогут в подготовке научных статей, научных работ (магистерских, докторов философии PhD), лекций, докладов, сообщений, рефератов, подборки литературы к курсовой, дипломной или диссертационной работе.*

**Обращайтесь в областные научно-технические библиотеки  
и филиалы НЦ НТИ**

Акмолинский	ncnti_astana@mail.ru	(7172) 274213
Атырауский	cnti-atyrau@mail.ru	(7122) 450158
Восточно-Казахстанский	vkcnti@rambler.ru	(7232) 222742
Жамбылский	Inti-taraz@mail.ru	(7262) 461407
Жезказганский	centrinfo@inbox.ru	(7102) 761264
Западно-Казахстанский	zkf_ncnti@mail.ru	(7112) 535876
Карагандинский	karcnti@mail.ru	(7212) 561019
Кызылординский	kfnti@mail.ru	(7242) 270316
Кокшетауский	lenanga@rambler.ru	(7162) 255793
Южно-Казахстанский	ncsti@bk.ru	(7252) 221424

**Адрес:** Республика Казахстан, 050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

**Диссертационный зал:** 3-й этаж (ежедневно с 9 до 17 часов,  
кроме субботы и воскресенья)

**Тел.:** + 7 727 254-73-99. **E-mail:** [ogs@inti.kz](mailto:ogs@inti.kz), [www.Inti.kz](http://www.Inti.kz)