



# ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

*Сборник статей по материалам  
XXII международной научно-практической конференции*

№ 9 (21)  
Сентябрь 2014 г.

Издается с декабря 2012 года

Новосибирск  
2014

УДК 50  
ББК 20  
Е 86

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

**Козьминых Владислав Олегович** — д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой химии естественнонаучного факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета.

Редакционная коллегия:

**Гукалова Ирина Владимировна** — д-р геогр. наук, доц. ведущий научный сотрудник Института географии НАН Украины, доц. кафедры экономической и социальной географии Киевского национального университета им. Т. Шевченко;

**Данилов Виктор Павлович** — канд. с.-х. наук, зам. дир. по научной работе СибНИИ кормов СО Россельхозакадемии;

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

**Зеленская Татьяна Евгеньевна** — канд. физ.-мат. доц. кафедры высшей математики Югорского государственного университета;

**Романова Алла Александровна** — канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной физики Санкт-Петербургского государственного экономического университета;

**Рымкевич Павел Павлович** — канд. физ.-мат. наук, доц., проф. кафедры физики Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, чл.-кор. Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, член Экспертного совета по энергоэффективности зданий и сооружений Санкт-Петербурга;

**Сулеймен Ерлан Мэлсулы** — д-р филос. наук, канд. хим. наук, директор института прикладной химии при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева;

**Харченко Виктория Евгеньевна** — канд. биол. наук, доц. Луганского национального аграрного университета;

**Яковишина Татьяна Федоровна** — канд. с.-хоз. наук, доц., заместитель заведующего кафедрой экологии и охраны окружающей среды Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, член Всеукраинской экологической Лиги.

**Е86 Естественные и математические науки в современном мире / Сб. ст.**  
по материалам XXII междунар. науч.-практ. конф. № 9 (21). Новосибирск:  
Изд. «СибАК», 2014. 80 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Естественные и математические науки в современном мире» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

ISSN 2309-3560

© НП «СибАК», 2014

<b>Оглавление</b>	
<b>Секция 1. Математика</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Вещественный, комплексный и функциональный анализ</b>	<b>6</b>
МАТРИЧНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ С ПРИЛОЖЕНИЯМИ В ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ	6
Пешкичев Юрий Афанасьевич	
<b>Секция 2. Информационные технологии</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей</b>	<b>11</b>
МЕТОДЫ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ПРИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ	11
Клименко Анна Борисовна Клименко Владислав Валерьевич Таранов Антон Юрьевич	
<b>Секция 3. Физика</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Лазерная физика</b>	<b>19</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ НИТРИДА ГАЛЛИЯ	19
Колчинский Владислав Андреевич Черепяхин Артем Борисович Ромашко Роман Владимирович	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОХРОМНЫХ СВОЙСТВ НИТРИДА ГАЛЛИЯ	25
Колчинский Владислав Андреевич Черепяхин Артем Борисович Ромашко Роман Владимирович	

<b>Секция 4. Биология</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Медицинская биология</b>	<b>31</b>
ФИТОТЕРАПИЯ ЧЕРЕЗ ФИТОБАР	31
Лыгин Сергей Александрович	
Полякова Лариса Римовна	
ВЛИЯНИЕ ДЕПРИВАЦИИ СНА НА НЕКОТОРЫЕ	38
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗМА	
ЧЕЛОВЕКА	
Толстой Виктор Алексеевич	
Масюк Данил Мустафьевич	
Савилина Елизавета Олеговна	
<b>4.2. Экология и природопользование</b>	<b>44</b>
ФИТОРЕМЕДИАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ	44
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	
К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ПОЧВЫ	
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	
Яковишина Татьяна Федоровна	
<b>Секция 5. Химия</b>	<b>49</b>
<b>5.1. Неорганическая химия</b>	<b>49</b>
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ	49
И УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ	
$\text{V}_3\text{NB}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-\theta}$ ( $X \leq 0,05$ )	
Жук Надежда Алексеевна	
Кокшарова Людмила Алексеевна	
<b>Секция 6. Науки о Земле</b>	<b>54</b>
<b>6.1. Физическая география</b>	<b>54</b>
<b>и ландшафтоведение</b>	
ИНТЕГРАТИВНАЯ РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ	54
ГЕОГРАФИИ В СИСТЕМАТИЗАЦИИ	
ФИЗИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ШКОЛЬНИКОВ	
Аракчеева Зинаида Васильевна	
О СОВРЕМЕННОМ ГИДРОХИМИЧЕСКОМ	60
СОСТОЯНИИ РЕК АЗОВО-КУБАНСКОЙ РАВНИНЫ	
Марухно Анастасия Викторовна	
Ромашук Виктория Александровна	
Жирма Валерий Валерьевич	

## **6.2. Геоэкология**

**65**

ИНТЕГРАЦИОННЫЙ МИНЕРАЛЬНО-МАТРИЧНЫЙ  
МЕТОД ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ  
ОТХОДОВ БУРЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ  
Жабриков Станислав Юрьевич

65

## СЕКЦИЯ 1.

### МАТЕМАТИКА

#### 1.1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

#### МАТРИЧНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ С ПРИЛОЖЕНИЯМИ В ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

*Пешкичев Юрий Афанасьевич*

*канд. физ.-мат. наук, исполнитель, ООО «Интеграл-Хаб.»,  
РФ, г. Бердск  
E-mail: [peshyur@inbox.ru](mailto:peshyur@inbox.ru)*

#### MATRIX DIFFERENTIAL CALCULUS WITH APPLICATION IN THEORY OF ERRORS

*Yuriy Peshkichev*

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, performer,  
LLC "Integral-Khab.",  
Russia, Berdsk*

#### АННОТАЦИЯ

Изучаются дифференцируемые матричные поля в многомерном пространстве. Матричное дифференциальное исчисление в этой статье основано на матричном анализе с использованием понятий логарифмического градиента и числа обусловленности линейного оператора.

#### ABSTRACT

Studied differentiable matrix fields in mehrdimensional space. Matrix differential calculus in this article is based on matrix analysis using

the concepts logarithmical gradient and number conditionality linear operator.

**Ключевые слова:** матричное поле; логарифмический градиент; число обусловленности линейного оператора.

**Keywords:** matrix field; logarithmical gradient; number conditionality linear operator.

1. Использование результатов линейной алгебры советского периода.

В советской математической энциклопедии в пяти томах нет статьи, посвящённой МДИ. Переводная книга с таким названием [3] появилась уже в российский период отечественной математики. Но отдельные элементы МДИ можно обнаружить даже в учебной литературе советского периода. Так, в учебном пособии Д.В. Беклемишева изложена теория степенных рядов относительно матрицы  $A$  [1, с. 77], рассмотрено дифференциальное исчисление матричных функций скалярного аргумента [1, с. 96] с приложением к обыкновенным дифференциальным уравнениям. В учебнике В.А. Треногина рассмотрены ряды в пространстве линейных операторов [5, с. 120]. В пособии [1] на языке конечных разностей уже получены неравенства, предельный переход в которых после введения разделённых разностей приводит к результатам МДИ. В учебнике [5] по функциональному анализу подобные неравенства приводятся на языке погрешностей [5, с. 230]. Но для предельного перехода предпочтительнее использовать ниже перечисленные неравенства из [1]. Пусть дана система линейных уравнений  $Ax = b$ , где  $A$  — квадратная матрица порядка  $n$  с определителем  $\det A \neq 0$ . Рассмотрим возмущённую систему  $(A + \Delta A)(x + \Delta x) = b + \Delta b$ . Пусть  $\text{cond} A = \|A\| \cdot \|A^{-1}\|$  — число обусловленности линейного оператора матрицы  $A$  по некоторой норме,  $\delta A = \Delta A / \|A\|$  — относительное возмущение матрицы  $A$ . Тогда [1, с. 123] при условии  $\|A^{-1}\| \cdot \|\Delta A\| < 1$  будет  $|\delta x| \leq (\text{cond} A / (1 - \text{cond} A \|\delta A\|)) (\|\delta A\| + |\delta b|)$ .

Это предложение относится к верхней оценке возмущения решения системы линейных уравнений.

Теперь рассмотрим задачу о нахождении собственных векторов и их собственных значений. Пусть  $\lambda$  — некоторое собственное значение линейного преобразования матрицы  $A$  простой структуры,  $s$  — скалярное произведение соответствующих собственного вектора и вектора биортогонального базиса. Тогда [1, с. 131] выполняется неравенство  $|\Delta \lambda| \leq \|\Delta A\| / |s|$ .

Вопрос об обусловленности определителя квадратной матрицы рассмотрен в монографии С.К. Годунова [2, с. 147]:

$$|\delta \det A| \leq n \operatorname{cond} A \|\delta A\| / (1 - n \operatorname{cond} A \|\delta A\|).$$

Проведём теперь предельный переход в рассмотренных неравенствах с целью выхода на МДИ. Рассмотрим дифференцируемое в смысле монографии [3, с. 134] матричное поле  $A(\xi)$  в евклидовом пространстве  $n$  переменных  $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ . Введём понятие градиента  $\operatorname{grad} A(\xi)$  матричного поля  $A(\xi)$  как блочную матрицу, образованную упорядоченными градиентами всех её строк [3, с. 125]. Логарифмический градиент определяем по следующей формуле:  $\ln \operatorname{grad} A(\xi) = \operatorname{grad} A(\xi) / \Pi A(\xi) \Pi$ .

Аналогично вводится понятие логарифмического градиента скалярного и векторного полей. Тогда предельный переход при  $\Delta \xi \rightarrow 0$  в соответствующих разделённых разностях приводит к следующим утверждениям:

$$\begin{aligned} \Pi \ln \operatorname{grad} x \Pi &\leq \operatorname{cond} A (\Pi \ln \operatorname{grad} A \Pi + \Pi \ln \operatorname{grad} b \Pi), \\ |\ln \operatorname{grad} \lambda| &\leq \Pi \ln \operatorname{grad} A \Pi / |s|, \\ |\ln \operatorname{grad} \det A| &\leq n \operatorname{cond} A \Pi \ln \operatorname{grad} A \Pi. \end{aligned}$$

## 2. Матричный аналог логарифмической производной.

В этом пункте излагаются результаты автора [4] по исследованию свойств логарифмического градиента. Все они являются естественным аналогом следующих свойств логарифмической производной  $(\ln y)' = y'/y$ : 1) значение логарифмической производной сохраняется при переходе к обратной функции, 2) логарифмическая производная произведения двух функций равна сумме их логарифмических производных, 3) предельная относительная погрешность функции при неточном указании значения её аргумента равна абсолютной величине произведения логарифмической производной и приращения аргумента.

Свойство 1. Для невырожденной матрицы  $A$  выполняется тождество

$$\Pi \ln \operatorname{grad} A \Pi / \Pi \ln \operatorname{grad} A^{-1} \Pi = \operatorname{cond} A.$$

Свойство 2. Для невырожденных матриц одного порядка выполняется неравенство



$$\| \text{Ingrad}(AB) \| \leq (\| \text{Ingrad}A \| + \| \text{Ingrad}B \|) \text{cond}A \text{ cond}B / \text{cond}(AB).$$

Свойство 3. Величина  $\| \text{Ingrad}A(\xi) \| \cdot I \Delta \xi I$  служит предельной относительной погрешностью возмущения  $\Delta A$  матричного поля  $A(\xi)$ , вызванного изменением  $\Delta \xi$  аргумента.

Доказательство этих свойств проводится по образцу рассуждений [1, с. 122] и [2, с. 144].

3. Градиентные неравенства.

Как известно [1, с. 133], при отсутствии кратных собственных значений у матрицы  $A$  будет  $1/|s| \leq \text{cond}A$ . И тогда оценка модуля логарифмического градиента собственного значения принимает вид

$$\| \text{Ingrad} \lambda \| \leq \text{cond}A \| \text{Ingrad}A \|.$$

Здесь мы докажем ещё одно подобное неравенство для скалярной функции матрицы  $A$ .

Свойство 4. Для скалярного поля обусловленности  $\text{cond}A(\xi)$  выполняется неравенство

$$\| | \text{Ingrad}(\text{cond}A) | \| \leq (1 + 1/\text{cond}A) \| \text{Ingrad}A \|.$$

Доказательство. Так как по свойству обычного градиента скалярного поля

$$\text{grad}(\text{cond}A) = (\text{grad}A)A + (\text{grad}A^{-1})A^{-1},$$

то при делении на  $\text{cond}A = \| A \| \cdot \| A^{-1} \|$  получаем самостоятельное свойство

$$\| \text{Ingrad}(\text{cond}A) \| = \| \text{Ingrad}A \| + \| \text{Ingrad}A^{-1} \|.$$

Теперь остаётся использовать свойство  $\| \text{Ingrad}A \| \leq \| \text{Ingrad}A \|$  и свойство 1.

Если ещё вспомнить неравенство для логарифмического градиента определителя, то мы получим уже три реализации градиентного неравенства общего вида

$$\| \text{Ingrad}f(A) \| \leq g(\text{cond}A) \| \text{Ingrad}A \|,$$

где:  $f$  и  $g$  — скалярные функции своих аргументов.

### **Список литературы:**

1. Беклемишев Д.В. Дополнительные главы линейной алгебры. М.: Наука, 1983. — 336 с.
2. Годунов С.К. Современные аспекты линейной алгебры. Новосибирск: Научная книга, 1997. — 389 с.
3. Магнус Я.Р., Нейдеккер Х. Матричное дифференциальное исчисление с приложениями к статистике и эконометрике. Пер. с англ. / Под ред. С.А. Айвазяна. М.: Физматлит, 2002. — 496 с.
4. Пешкичев Ю.А. Матричный аналог логарифмической производной // Образование и наука: Проблемы и перспективы развития. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Махачкала, 2014. — С. 208—211.
5. Треногин В.А. Функциональный анализ: Учебник. 3-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 488 с.

## СЕКЦИЯ 2.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### 2.1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

##### МЕТОДЫ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ПРИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ

***Клименко Анна Борисовна***

*канд. техн. наук, младший научный сотрудник,  
научно-исследовательский институт многопроцессорных  
вычислительных систем имени академика А.В. Каляева  
ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет»,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [anna\\_klimenko@mail.ru](mailto:anna_klimenko@mail.ru)*

***Клименко Владислав Валерьевич***

*канд. техн. наук, научный сотрудник,  
научно-исследовательский институт многопроцессорных  
вычислительных систем имени академика А.В. Каляева  
ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет»,  
РФ, г. Таганрог*

***Таранов Антон Юрьевич***

*младший научный сотрудник,  
научно-исследовательский институт многопроцессорных  
вычислительных систем имени академика А.В. Каляева  
ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет»,  
РФ, г. Таганрог*

# **METHODS OF SIMULATED ANNEALING PARALLELIZING FOR THE SCHEDULING AND RESOURCE ALLOCATION DECENTRALIZED PROBLEM SOLVING**

***Klimenko Anna***

*Ph.D in Computer science, junior research fellow, SFedU Acad. Kalyaev  
Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems,  
Russia, Taganrog*

***Klimenko Vladislav***

*Ph.D in Computer science, research fellow, SFedU Acad. Kalyaev  
Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems,  
Russia, Taganrog*

***Taranov Anton***

*junior research fellow, SFedU Acad. Kalyaev  
Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems,  
Russia, Taganrog*

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грантов 14-08-00776,  
13-08-01172*

## **АННОТАЦИЯ**

Статья содержит аналитический обзор и сравнение методов распараллеливания имитации отжига применительно к решению задачи составления расписания с определением минимального количества ресурсов. Приведена формальная постановка задачи, рассмотрены наиболее известные методы параллельной имитации отжига, сделаны выводы о перспективности использования методов в условиях децентрализации системы.

## **ABSTRACT**

The paper contains the analytical review and comparison of the simulated annealing parallelizing methods applied to the scheduling and resource allocation problem. The problem formalization is presented, well-known methods of simulated annealing parallelizing are considered, the summary of the one's prospects in the decentralized system using are made.

**Ключевые слова:** параллельные вычисления; информационно-управляющая система; реконфигурация; восстановление; имитация отжига.

**Keywords:** parallel computing; informational-control system; reconfiguration; recovery; simulated annealing.

**Введение.** В настоящее время, учитывая практически повсеместное использование информационно-управляющих систем (ИУС), повышение их надежностных характеристик является одной из актуальных научных задач. В связи с этим активно ведутся работы в области синтеза структур отказоустойчивых ИУС, а также в области методов и алгоритмов организации их функционирования. Одним из многообещающих направлений в этой области являются распределенные ИУС с децентрализованным управлением, отличительной чертой которых является отсутствие выделенного центрального диспетчера, на который бы возлагались функции по управлению подчиненными узлами. Преимущества такого подхода очевидны: поскольку все узлы равноправны, сбой одного из них не приводит к общему сбою системы, а его функции могут быть временно возложены на работоспособные узлы. Кроме того, еще одним положительным моментом является унификация программного обеспечения (ПО), размещаемого на вычислительных устройствах (ВУ), что должно привести к сокращению как времени разработки ПО, так и материальных издержек на проект.

Одной из ключевых задач децентрализованного управления является организация восстановления после сбоя [2], то есть реконфигурация ИУС, которая заключается в перераспределении подзадач основной задачи управления (ЗУ) по работоспособным ВУ. Такое перераспределение является по сути составлением расписания выполнения подзадач ЗУ с одновременным формированием необходимых ресурсов с условием выполнения ЗУ в срок.

Следует отметить, что в случае работы системы реального времени реконфигурация подразумевает еще и следующее: не только подзадачи должны быть распределены по ВУ определенным образом, но еще и сама задача реконфигурации должна быть решена таким образом, что:

$$T_{ЗУ} + T_{РЕК} = T_{ДЕК}, \quad (1)$$

где:  $T_{ЗУ}$  — время решения подзадач ЗУ работоспособными ВУ;  
 $T_{РЕК}$  — время реконфигурации системы;

$T_{ДЕК}$  — время, за которой система должна восстановиться после сбоя.

Такая постановка вопроса делает нецелесообразным использование точных методов решения типа метода «ветвей и границ» даже при средней размерности входных данных. С другой стороны, перспективным кажется использование метаэвристик, которые позволяют получить приближенные решения за приемлемое время. Учитывая, что ИУС может включать более одного ВУ (а ИУС комплексных объектов, как правило, построены на основе многопроцессорных комплексов), применяемые алгоритмы могут быть распараллелены.

В данной статье авторы предлагают к рассмотрению метод имитации отжига, как один из широко используемых для решения задач, подобных сформулированной, и способы его распараллеливания. Основная задача статьи — в результате аналитического обзора методов распараллеливания имитации отжига установить пригодность последней для децентрализованного решения задачи составления расписания с определением минимального количества ресурсов. Применимость методов распараллеливания будет оценена в аспекте децентрализации, а именно:

- независимость параллельных ветвей вычислительного процесса друг от друга;
- степень децентрализации;
- перспективы получения решения при выходе из строя одного или нескольких ВУ.

#### **Формальная постановка задачи**

В качестве примеров формальной постановки задачи составления расписания с определением минимального количества ресурсов можно привести работы А. Барского и Костенко [1, 3]. В общем виде задача может быть формализована и следующим образом. Даны:

1) ациклический граф, описывающий задачу управления и разбитый на подзадачи, которые требуется распределить по ВУ:

$$G=(H,X,W), \quad (2)$$

где:  $H=\{j\}=\{1, \dots, n\}$  — вершины графа,

$X=\{x_j\}$  — трудоемкости задач,

$W$ - множество дуг, определяющих связи между задачами по информации, каждая из которых взвешена значением  $w_{kl}$ , которое определяет объем передаваемых данных между  $k$ -ой и  $l$ -ой задачами.

2) В общем случае неоднородное множество ВУ  $M=\{m_i, i=1, \dots, k,$

$$m_i = \langle i, prod_i, v_i, s_i \rangle, \quad (3)$$

где:  $i$  — порядковый номер ВУ,

$prod_i$  — производительность ВУ,

$s_i$  — стоимость ВУ;

$v_i$  — скорость передачи результата вычислений (решения задачи) в КС.

3) Максимально допустимое время решения задачи  $T_{plan}$ .

4) Также обозначим фактическое время решения задачи, описанной информационным графом  $G$  через  $T_c$ .

Таким образом, формально задача может быть представлена в следующем виде: среди множества вариантов комплектаций системы ВУ  $K=\{k_1, \dots, k_q\}$  с соответствующими стоимостями комплектации  $S=\{s_1, \dots, s_q\}$  с исходными данными, перечисленными в п.п. 1—4

$$S = \underset{K}{MIN} \left\{ \sum_i s_i \right\}$$

необходимо найти и план распределения задач по ВУ при выполнении условия:

$$T_c \leq T^{plan}; \quad (4)$$

### Параллельная ИО

Семейство алгоритмов имитации отжига (ИО) известно давно, многочисленно и реализовано в виде различных модификаций [4], поэтому в контексте данной статьи мы будем акцентировать внимание на используемых методах распараллеливания ИО, которое существенно осложнено тем, что метаэвристика ИО является последовательной. Наиболее широкое распространение получили следующие методы распараллеливания ИО [4—7]:

- независимые параллельные запуски с синхронизацией и асинхронные;
- распараллеливание, базирующееся на декомпозиции целевой функции;
- распараллеливание, базирующееся на разбиении пространства решений на подобласти;
- распараллеливание внутри температурной итерации с параллельным выполнением марковских цепей.

Рассмотрим кратко каждый из методов распараллеливания в выделенных аспектах.

Метод независимых параллельных запусков (Multiple Independent Runs, МИР) заключается в следующем: на множестве ВУ производится запуск алгоритмов ИО, возможно, с различными точками инициализации вычислений, с выбором наилучшего решения по завершении. Независимые параллельные запуски с синхронизацией предполагают периодический обмен текущими решениями между ВУ с выбором наилучшей точки для продолжения вычислений. Вполне очевидно, что метод независимых параллельных запусков может быть реализован как с использованием центрального управляющего элемента, так и без; в случае отсутствия последнего каждый ВУ должен будет перебрать решения, полученные другими ВУ системы, и здесь важную роль может играть топология соединения между ВУ. Аналогично метод, основанный на разбиении пространства решений на области, довольно просто реализуем децентрализованно, однако в [3] авторы говорят о проблемах отслеживания получаемых решений и их отношения к той или иной области пространства решений, особенно для задачи составления расписаний. Метод, в основу которого положена декомпозиция целевой функции, является проблемно-ориентированным и подходит для целевых функций вида:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(x_1) + F(x_2) + \dots + F(x_n). \quad (5)$$

Примером задачи, для которой применялся такой метод распараллеливания, является задача размещения транзисторов на интегральной схеме, поскольку если в качестве ЦФ рассматривать количество перекрывающихся элементов, то оно может быть посчитано как сумма перекрывающихся элементов отдельных участков интегральной схемы. Однако, при постановке задачи реконфигурации, как правило, в качестве ЦФ выбираются функции, которые затруднительно представить в виде (5): это либо стоимость системы ВУ, либо суммарное время выполнения ЗУ.

Последний метод с распараллеливанием марковских цепей предполагает наличие центрального управляющего элемента, который на первом этапе распределяет вычисления по ВУ, а затем занимается сбором результатов при изменении температуры.

#### **Анализ методов распараллеливания**

Сведем анализ методов распараллеливания в таблицу.



*Таблица 1.*

**Результаты сравнения методов распараллеливания имитации отжига**

	<b>Децентрализация</b>	<b>Отказоустойчивость</b>
Независимые запуски	Возможна реализация полностью независимых запусков экземпляров ИО	Высокая вследствие высокой децентрализации
Декомпозиция ЦФ	Возможна, но возникает ряд вопросов: как производить распределение вычислений, как производить агрегацию полученных результатов.	Низкая, поскольку при потере фрагментов ЦФ качество получаемого результата сомнительно
Декомпозиция пространства решений	Также необходимо решение вопросов деления пространства решений на области, агрегирования и анализа результатов работы каждого ВУ	Возможна потеря перспективных областей поиска, в результате чего снижается качество решения.
Декомпозиция на уровне цепей Маркова	Низкая, поскольку необходим сбор полученных результатов	В случае утраты функциональности управляющего элемента, получение решения представляется сомнительным.

**Выводы**

Обзор методов распараллеливания алгоритмов ИО и их анализ с точки зрения использования для децентрализованного решения задачи составления расписания с определением минимального количества ресурсов позволил сделать следующие предварительные выводы: наиболее подходящим методом распараллеливания имитации отжига для использования в децентрализованных ИУС является метод параллельных независимых запусков, поскольку наилучшим образом адаптируется для использования в системах с децентрализованным управлением. Следующим этапом проводимых исследований планируется получение количественных оценок эффективности методов распараллеливания имитации отжига в ИУС с децентрализованным управлением.

### Список литературы:

1. Барский А.Б. Параллельные процессы в вычислительных системах: планирование и организация. М.: Радио и связь, 1990.
2. Каляев И.А, Мельник Э.В. Децентрализованные системы компьютерного управления. Ростов н/Д: Издательство ЮНЦ РАН, 2011. — 196 с.
3. Костенко В.А. Проблемы разработки итерационных алгоритмов для построения расписаний с одновременным нахождением необходимого количества ресурсов и их характеристик // Искусственный интеллект (Донецк), — 2002. — № 2, — С. 141—150.
4. Alba E., Parallel Metaheuristics. A new class of algorithms. Wiley-interscience, New Jersey, 2005.
5. Azencott R., Ed., Simulated Annealing: Parallelization Techniques. New York: John Wiley and Sons. 1992. — P. 47—79.
6. Busetti F. Simulated annealing overview [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://citeseer.uark.edu:8080/citeseerx/viewdoc/summary;jsessionid=9F958F3AD8ACB341A84315A737883592?doi=10.1.1.66.5018> (дата обращения: 20.02.2012).
7. Ingber L., Simulated annealing: practice versus theory [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://citeseer.uark.edu:8080/citeseerx/viewdoc/summary?doi=10.1.1.15.104> (дата обращения 20.03.2013).

## СЕКЦИЯ 3.

### ФИЗИКА

#### 3.1. ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ НИТРИДА ГАЛЛИЯ

*Колчинский Владислав Андреевич*

*аспирант*

*Института Автоматики и Процессов Управления,*

*РФ, г. Владивосток*

*E-mail: [vladko.88@mail.ru](mailto:vladko.88@mail.ru)*

*Черепяхин Артем Борисович*

*студент Школы естественных наук*

*Дальневосточного Федерального Университета,*

*РФ, г. Владивосток*

*Ромашко Роман Владимирович*

*д-р физ.-мат. наук, зав.*

*кафедрой Квантовой и оптической электроники*

*Школы естественных наук*

*Дальневосточного Федерального Университета,*

*РФ, г. Владивосток*

*E-mail: [romashko@iacp.dvo.ru](mailto:romashko@iacp.dvo.ru)*

# GALLIUM NITRIDE REFRACTIVE INDEX MEASUREMENT

**Vladislav Kolchinskiy**

*postgraduate, Insitute of Automation and Control Processes,  
Russia, Vladivostok*

**Artem Cherepahn**

*student,  
School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

**Roman Romashko**

*doctor of sciences, professor, Department of Quantum and Optoelectronics,  
School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

*Исследование выполнено при поддержке Дальневосточного  
федерального университета, проект № 12-02-13009-42/13.*

## АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена измерению показателя преломления нитрида галлия. Цель работы: показать возможность измерения данного параметра с помощью лазерного профилометра. В связи с тем, что в оптическом диапазоне кристалл нитрида галлия имеет хорошие оптические характеристики [5], определение показателя преломления проводилось на длинах волн оптического диапазона из перечня доступных источников излучения (470, 561 и 632 нм). Измерение осуществлялось с помощью лазерного профилометра с разрешением между соседними пикселями 8 мкм. Экспериментальные значения совпали с теоретическими в пределах ошибки.

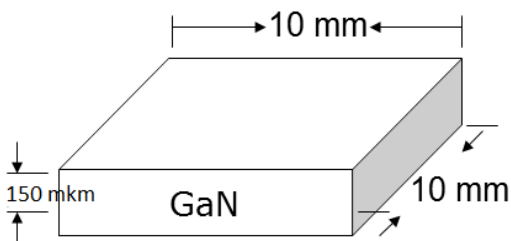
## ABSTRACT

This work is devoted to the measurement of the refractive index of gallium nitride. Objective: To demonstrate the ability to measure this parameter using a laser profilometer. Due to the fact that in the optical range crystal optical characteristic [5], the determination of refractive index was performed at wavelengths of the optical range from the list of available light sources (470, 561 and 632 nm). Measurement was carried out using a laser profilometer resolution between neighboring pixels 8 microns. The experimental values agreed with the theoretical within the error.

**Ключевые слова:** нитрид галлия; лазерный профилометр.  
**Keywords:** gallium nitride; a laser profilometer.

Благоприятное сочетание многих физико-химических свойств нитрида галлия открывает перед ним широкие перспективы применения в различных областях электронной техники [2]. Высокая термическая, химическая и радиационная стойкость нитрида галлия позволяет использовать его для изготовления приборов, работающих при повышенных температурах и в неблагоприятных условиях [1]. Хорошая теплопроводность снимает многие проблемы охлаждения рабочей области, а сочетание высокой скорости насыщения электронов [4] и значительного поля пробоя делает его пригодным к изготовлению мощных высокочастотных и высокотемпературных транзисторов. Прямой характер межзонных переходов, большая ширина запрещенной зоны (3,39 эВ при 300 К) обуславливают возможность значительного расширения спектрального диапазона работы изготавливаемых на его основе светоизлучающих и фотоприемных устройств [3, 6].

В настоящей работе проводилось определение показателя преломления чистого образца нитрида галлия GaN, толщиной 150 мкм, не легированный примесями (подготовленный коллегами из Университета Сунь Ятсена (размер 10x10 мм).

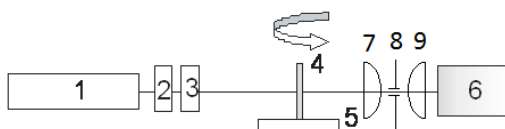


**Рисунок 1. Исследуемый образец нитрида галлия**

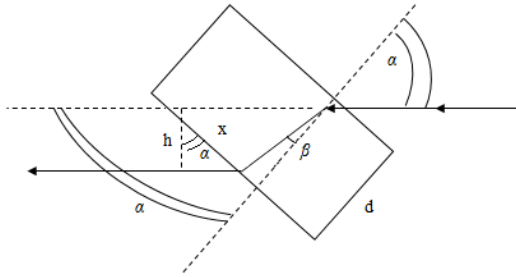
Показатель преломления является одним из важнейших оптических параметров материала. Существуют различные методы определения показателя преломления, среди которых гониометрический, рефрактометрический, эллипсометрический. В данной работе было произведено определение показателя преломления с помощью альтернативного метода лазерного профилометра. Данный способ позволяет определить показатель преломления с точностью до  $10^{-3}$ , что уступает выше указанным методам. Но данный недостаток компенсирует относительная простота измерения.

В связи с тем, что в оптическом диапазоне кристалл нитрида галлия имеет хорошие оптические характеристики [3], определение показателя преломления проводилось на длинах волн оптического диапазона из перечня доступных источников излучения (470, 561 и 632 нм). Измерение осуществлялось с помощью лазерного профилометра с разрешением между соседними пикселями 8 мкм. Образец помещался в вертикальном положении на прецизионную подвижку, с помощью которой осуществлялся точный поворот образца относительно лазерного излучения (вертикальной поляризации). Для стабильности работы лазера использовался оптический изолятор на выходе лазерного излучения, обеспечивающий пропускание света в одном направлении почти без потерь, а в другом (обратном) направлении с большим затуханием. Для более точного определения показателя преломления кристалла нитрида галлия с помощью профилометра, был использован пространственный фильтр, представляющий собой комбинацию плоско-выпуклых линз и диафрагмы.

Схема установки для измерения показателя преломления с лазерного профилометра приведена на рисунке 2. На рисунке 3 изображен ход лучей в образце нитрида галлия, представляющий собой плоскопараллельную пластину.



**Рисунок 2** *Схема установки: 1 — лазер, 2 — поляризатор, 3 —  $\lambda/4$  пластинка, 4 — образец, 5 — прецизионная подвижка, 6 — лазерный профилометр, 7 — плоско-выпуклая линза, 8 — диафрагма, 9 — плоско-выпуклая линза*



**Рисунок 3. Направление лучей в плоскопараллельной пластинке ( $\alpha$  — угол поворота,  $\beta$  — угол преломления,  $h$  — отклонение луча, определяемое с помощью лазерного профилометра,  $d$  — толщина образца,  $x$  и  $y$  — вспомогательные отрезки для вывода формулы)**

С помощью геометрических преобразований и используя закон Снеллиуса, была получена формула нахождения показателя преломления:

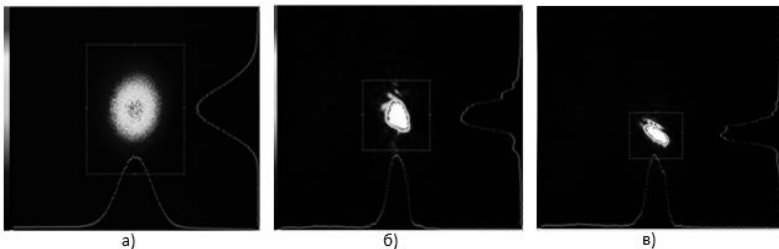
$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin(\arctg(\operatorname{tg}\alpha - \frac{h}{d \cdot \cos\alpha}))} \quad (1)$$

где:  $\alpha$  — угол поворота,

$h$  — отклонение луча, определяемое с помощью лазерного профилометра,

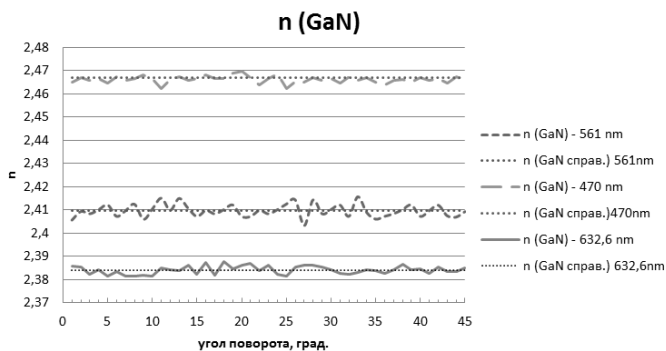
$d$  — толщина образца

На рисунке 4 изображены профили лазерного луча, полученные с помощью лазерного профилометра:



**Рисунок 4. Профили лазерного луча, полученные с помощью лазерного профилометра (а — без образца, б — после прохождения через образец, в — после прохождения через образец, повернутый на 35 градусов вдоль оси)**

На рисунке 5 приведен график расчета показателя преломления GaN при различных длинах волн в диапазоне поворота образца от 1 до 45 градусов относительно лазерного излучения. Показатель преломления на каждой длине волне на рисунке показан в сравнении со справочными данными [2].



**Рисунок 5. Показатель преломления GaN при различных длинах волн**

Полученные значения показателя преломления нитрида галлия при доверительной вероятности 0,95, рассчитанные с помощью формул Стьюдента:

$$n_{470} = 2,4677 \pm 0,0026$$

$$n_{561} = 2,4095 \pm 0,0055$$

$$n_{632} = 2,3844 \pm 0,0043$$

Таким образом, в ходе проделанной работы была выработана методика измерения показателя преломления с помощью лазерного профилометра и был измерен показатель преломления образца нитрида галлия на длинах волн 470, 561 и 632 нм. Экспериментальные значения совпали с теоретическими в пределах ошибки [4]. Данный метод является новизной в измерении показателя преломления и сочетание таких качеств, как простая схема установки и относительно малая стоимость, позволяет использовать данный метод для экспресс измерения показателя преломления.



## **Список литературы:**

1. Акчурин Р.Х., А.А. Мармалюк. Нитрид галлия — перспективный материал электронной техники Часть I. 1999
2. Туркин А.Н. Нитрид галлия как один из перспективных материалов в современной оптоэлектронике //Компоненты и технологии. — 2011. — Т. 5. — № 118.
3. Bass M. et al. Handbook of Optics, Volume IV: Optical Properties of Materials, Nonlinear Optics, Quantum Optics (set). McGraw Hill Professional, 2009. Т. 4.
4. Chin V.W.L., Tansley T.L., Osotchan T. Electron mobilities in gallium, indium, and aluminum nitrides //Journal of Applied Physics. — 1994. — Т. 75. — № 11. — С. 7365—7372.
5. Gunter P., Huignard J-P. Photorefractive Materials and Their Applications 2. Springer, 2007, — Ch. 11.
6. Edgar J.H. Properties, processing and applications of gallium nitride and related semiconductors. Iet, 1999.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОХРОМНЫХ СВОЙСТВ НИТРИДА ГАЛЛИЯ**

***Колчинский Владислав Андреевич***

*аспирант Института Автоматики и Процессов Управления,*

*РФ, г. Владивосток*

*E-mail: [vladko.88@mail.ru](mailto:vladko.88@mail.ru)*

***Черепяхин Артем Борисович***

*студент*

*Школы естественных наук Дальневосточного Федерального*

*Университета,*

*РФ, г. Владивосток*

***Ромашко Роман Владимирович***

*д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой*

*Квантовой и оптической электроники Школы естественных наук*

*Дальневосточного Федерального Университета,*

*РФ, г. Владивосток*

*E-mail: [romashko@iacp.dvo.ru](mailto:romashko@iacp.dvo.ru)*

# INVESTIGATION PHOTOCROMIC PROPERTIES OF GALLIUM NITRIDE

**Vladislav Kolchinskiy**

*postgraduate,  
Insitute of Automation and Control Processes,  
Russia, Vladivostok*

**Artem Cherepahin**

*student,  
School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

**Roman Romashko**

*doctor of sciences, professor, Department of Quantum and Optoelectronics,  
School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University,  
Russia, Vladivostok*

*Исследование выполнено при поддержке Дальневосточного  
федерального университета, проект № 12-02-13009-42/13.*

## АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена исследованию влияния примесей, вносимых в фоторефрактивный кристалл нитрида галлия, на изменение его фотохромных свойств. Были получены спектры фотоиндуцированного изменения поглощения образцов нитрида галлия под накачкой 400 и 470 нм. Полученные результаты могут быть полезны для реализации адаптивного интерферометра на основе тонких кристаллов нитрида галлия, работающего с использованием излучения из синей и/или УФ областей спектра.

## ABSTRACT

This paper investigates the influence of impurities introduced into the photorefractive crystal gallium nitride to change its photochromic properties. Spectra were obtained of the photoinduced changes in the absorption of samples of gallium nitride by pumping 400 and 470 nm. The results may be useful for the implementation of an adaptive interferometer based on thin gallium nitride crystals, working with radiation from blue and / or ultraviolet regions of the spectrum.

**Ключевые слова:** нитрид галлия; фотохромные свойства.

**Keywords:** gallium nitride; photochromic properties.

В настоящее время лазерные измерительные технологии находят все более широкое применение в задачах метрологии, в то время как методы оптической интерферометрии рассматриваются как одни из наиболее чувствительных для регистрации сверхмалых физических величин. Вместе с тем, такая высокая чувствительность интерферометрических систем делает их в значительной степени подверженными влиянию внешних неконтролируемых факторов (случайные механические воздействия, дрейф температуры, давления и пр.), что в большинстве случаев делает невозможным или крайне затруднительным практическое применение интерферометрических систем в реальных условиях. Альтернативой служит измерительная система [3], построенная на основе динамических фоторефрактивных голограмм, приобретающая адаптивные свойства, что обеспечивает высокую помехозащищенность измерительной системы и, как следствие, устойчивое детектирование слабых воздействий в реальных условиях.

Среди фоторефрактивных материалов [2, 3] одним из наиболее перспективных в настоящее время является нитрид галлия, поскольку обладает, с одной стороны, широкой запрещенной зоной (3,39 эВ), а с другой стороны — большой подвижностью зарядов (от 100 до 900 см<sup>2</sup>/В·с). Это обеспечивает возможность перехода в синюю область спектра при сохранении быстрого отклика, что открывает перспективы более эффективного применения оптической измерительной системы для исследования микромасштабных объектов за счет возможности обеспечения более плотной фокусировки.

В этой связи целью данной работы является исследование фоточувствительных сред на основе GaN для формирования динамических голограмм.

В настоящей работе проводилось исследование фотохромных свойств 5 различных образцов нитрида галлия, подготовленные коллегами из Университета Сунь Ятсена (размер 10x10 мм):

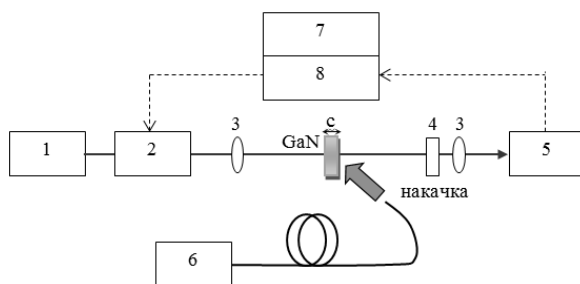
- (1) GaN, толщиной 150 мкм, не легированный примесями — образец 1;
- (2) GaN, толщиной 150 мкм, не легированный примесями, отожженный в вакуумной камере при 750 °С — образец 2;
- (3) GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, на сапфировой подложке, толщиной 70 мкм, не легированный примесями — образец 3;
- (4) GaN, толщиной 230 мкм, легированный кремнием — образец 4;
- (5) GaN bulk, толщиной 1000 мкм, не легированный примесями — образец 5.



**Рисунок 1. Чистый образец нитрида галлия и образец на сапфировой подложке**

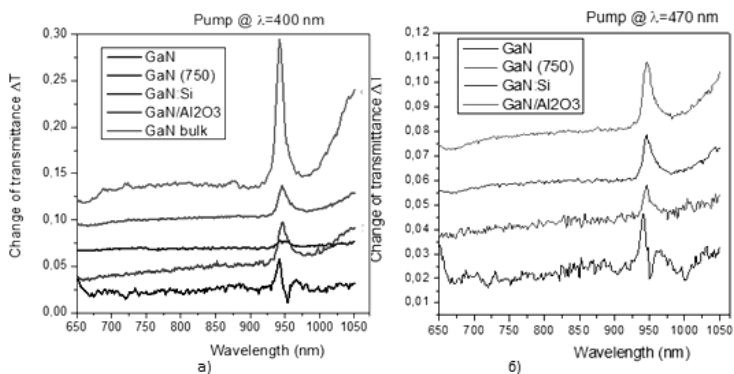
Фотохромизм — явление обратимого изменения окраски вещества, под действием света видимого и ультрафиолетового диапазона, результат перехода атомов или молекул из основного синглетного в возбуждённые синглетные или триплетные состояния. Изменение окраски в этом случае обусловлено изменением заселённости электронных уровней [1]. Фотохромные свойства определяются примесями, которые могут вноситься в кристаллы, как на стадии выращивания кристаллов, путем добавления в расплавы примесей, так и путем внесения примесей в уже выращенный кристалл методом диффузии.

Для исследования спектральных зависимостей фотоиндуцированного изменения пропускания и поглощения образцов GaN была собрана установка (рис. 2), состоящая из источника белого света, монохроматора, системы линз, светового фильтра, фотоприемника и лазерного диода, с помощью которого осуществлялось облучение кристаллов двумя различными длинами волн (400 и 470 нм).

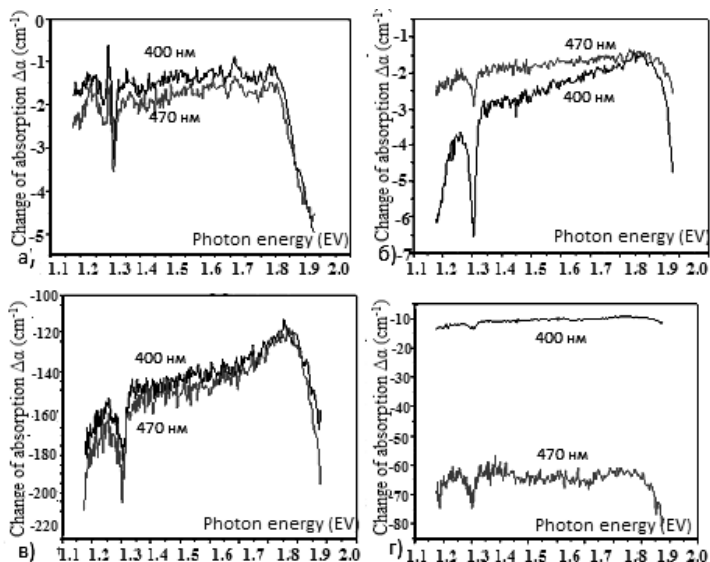


**Рисунок 2. Схема установки: 1 — источник белого света ( $\lambda = 350 - 1100$  нм), 2 — монохроматор, 3 — линзы, 4 — оптический фильтр ( $\lambda_{отсечки} = 630$  нм) 5 — фотоприемник, 6 — лазерный диод; 7 — ПК; 8 — контроллер**

Были получены фотохромные спектры исследуемых образцов нитрида галлия при облучении накачкой 400 и 470 нм (рис. 3).



**Рисунок 3** Фотохромный спектр образцов нитрида галлия под накачкой 400(а) и 470 нм (б)



**Рисунок 4** Спектры фотоиндуцированного изменения поглощения образцов нитрида галлия под накачкой 400 и 470 нм (а — GaN, б — GaN 750, в — GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, г — GaN:Si)

Параметры светоиндуцированного снижения поглощения различных образцов GaN приведены в табл. 1.

*Таблица 1.*

**Параметры светоиндуцированного снижения поглощения различных образцов GaN**

Образец	400 нм			470 нм		
	$\Delta\alpha_{\min},$ см <sup>-1</sup>	$\Delta\alpha_{\max},$ см <sup>-1</sup>	$\Delta\alpha_{\text{ср}},$ см <sup>-1</sup>	$\Delta\alpha_{\min},$ см <sup>-1</sup>	$\Delta\alpha_{\max},$ см <sup>-1</sup>	$\Delta\alpha_{\text{ср}},$ см <sup>-1</sup>
GaN	-1,8	-2	-1,25	-1,8	-2	-1,9
GaN 750	-2	-4	-3	-1,8	-2	-1,9
GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-10	-35	-22,5	-10	-35	-22,5
GaN:Si	-10	-14	-12	-12	-6	-9

Произведено исследование фотохромных свойств нитрида галлия. Как можно увидеть, все образцы проявляют светоиндуцированное снижение поглощения во всем спектральном диапазоне на обеих длинах волн накачки. Наибольшее снижение поглощения наблюдается у образца на сапфировой подложке и составляет -35 см<sup>-1</sup>. Следует отметить, что образец № 3 (GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) имеет относительно толстую подложку из сапфира, что также способствует поглощению света. Поглощение этого образца завышено (и изменение оптической плотности) из-за рассеяния света на подложку. Последнее верно и для образца №4 (нитрида галлия, легированного Si).

Полученные результаты могут быть полезны для реализации адаптивного интерферометра на основе тонких кристаллов нитрида галлия, работающего с использованием излучения из синей и/или УФ областей спектра.

**Список литературы:**

1. Барачевский В.А., Герман И.Л., Цехомский В.А. Фотохромизм и его применение. Химия, 1977.
2. Gunter P., Huignard J-P. Photorefractive Materials and Their Applications 2. Springer, 2007, — Ch. 11.
3. Stepanov S.I. Adaptive interferometry: a new area of applications of photorefractive crystals / International Trends in Optics, ed. J.W. Goodman. New York, London: Academic Press, Inc, 1991. — Ch. 9.

## СЕКЦИЯ 4.

## БИОЛОГИЯ

### 4.1. МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ

#### ФИТОТЕРАПИЯ ЧЕРЕЗ ФИТОБАР

*Лыгин Сергей Александрович*

*канд. хим. наук, доцент  
Бирского филиала Башкирского государственного университета,  
РФ, г. Бирск  
E-mail: [lygins@mail.ru](mailto:lygins@mail.ru)*

*Полякова Лариса Римовна*

*канд. сель.-хоз. наук, доцент  
Бирского филиала Башкирского государственного университета,  
РФ, г. Бирск*

#### PHYTOTHERAPY THROUGH PHYTO BAR

*Sergei Lygin*

*candidate of chemistry, associate professor  
Birsk branch of the Bashkir State University,  
Russia, Birsk*

*Larisa Polyakova*

*candidate of agricultural sciences, associate Professor  
Birsk branch of the Bashkir State University,  
Russia, Birsk*

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается использования лекарственных растений в профилактике простудных заболеваний учащихся, использование фитотерапии через организацию фитобаров.

Реализация предложенного проекта может способствовать формированию здорового образа жизни, углублению познания природы и повышению экологической грамотности.

#### **ABSTRACT**

The article discusses the use of medicinal plants in the prevention of students colds, use of phytotherapy by organizing a phyto bar.

The implementation of the proposed project may contribute to a healthy lifestyle, deepening the knowledge of nature and increase environmental awareness.

**Ключевые слова:** фитобар; фитотерапия; фитонапитки; экологическая грамотность; здоровьесберегающие технологии.

**Keywords:** phyto bar; phytotherapy; phyto drinks; environmental awareness; health saving technologies.

Испокон веков наши предки лечились травами, копился громадный опыт человечества, который во многом оказался утерянным. Непрерывающиеся археологические исследования обнаруживают все новые данные об использовании растений шумерами и другими древнейшими народами мира в лечебной практике. Лекарши Шумер из стеблей и корней растений изготавливали порошки и настои. Они считали, что груши и фиши обладают целебными свойствами, а молодые побеги ивы и сливового дерева, иглы сосны и пихты, высушенные и растерые, применяли в качестве компонента припарок и компрессов [4].

Наука и общество в XXI веке с новой силой принялось не только за лечение лекарственными растениями, но и за изучение воздействия трав на организм человека. Фитотерапия, скорее, грань, соединяющая официальную и нетрадиционную медицину. И та и другая использует траволечение в своей практике.

Эффект фитотерапии через проведение комплекса мероприятий по профилактике простудных заболеваний может способствовать повышению мотивации у детей младшего школьного возраста к здоровому образу жизни.

Важным этапом реализации программы можно считать межведомственное взаимодействие органов и учреждений в период подготовки и проведения здоровьесберегающего мероприятия. Был предложен, для реализации на базе Краснохолмской СОШ № 2, проект «Лесная аптека на службе человека». После обсуждения с педагогическим коллективом данный проект был согласован с районным управлением образования, родителями детей, а также заключен



договор о подготовке необходимых фиточаев с аптекой № 152 п. Краснохолмский. Была составлена смета, включающая оплату услуг на изготовление лечебных напитков. Денежные средства (внебюджетные) были предоставлены МОБУ Краснохолмской СОШ № 2 и спонсорами из числа предпринимателей района.

Следующим этапом стало изучение особенностей здоровья детей под руководством школьного врача-педиатра с учетом мнения родителей детей, ставших участниками эксперимента. Совместно с медицинским работником школы (Кузьминых Ольга Михайловна) было принято решение о проведении эксперимента с учащимися начальных классов, как наиболее уязвимой к простудным заболеваниям группы детей. Установлено, что в потоке детей начальных классов из 78 человек 98,8 % детей болеет ОРВИ и ОРЗ более 1 раза в год; 38 % детей болеет ОРЗ и ОРВИ более 4 раз в год. Из этих же детей 58 % перенесли осложнения после вирусной инфекции. Все это позволило предположить, что комплекс общеукрепляющих и профилактических мероприятий, направленных на оздоровление учащихся очень актуален, что определило *цель исследования*:

- использовать лекарственные растения в профилактике простудных заболеваний учащихся;
- повысить экологическую грамотность;
- улучшить познание природы;
- формировать здоровый образ жизни учащихся.

На сегодняшний день имеется необходимость разработки и внедрения в учебно-воспитательный процесс научно-обоснованной системы реабилитационных мероприятий в сочетании с индивидуальным подходом и обязательной оценкой эффективности. Существующая реальная действительность диктует необходимость поиска новых форм организации оздоровления в условиях школы. Один из вариантов решения данной проблемы — организация фитобара [1].

Фитобары давно зарекомендовали себя во многих санаториях, оздоровительных комплексах, фитнес клубах как прекрасное средство реабилитации больных с хроническими заболеваниями легких, опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, сердечнососудистыми заболеваниями, наряду с другими восстановительными средствами:

- лечебный массаж;
- гимнастика;
- аэрофитотерапия;

- фитолазеропунктура и пр.

При организации фитобара в школе необходимо выделить не только место, но и специальные подсобные помещения:

- технологическая комната;
- раздаточная (помещение для бармена);
- кладовая.

Желательно, чтобы эти помещения (кроме кладовой) были совмещены между собой.

Для приготовления чаев (настоев, отваров) обычно используют инфундирные аппараты марки АИ-3000 и АИ-3 болгарского производства или отечественный экстракционный аппарат СИ-1 емкостью 3—6 л.

Если школе позволяет площадь, на базе фитобара можно организовать кабинет для консультаций фитотерапевта (специалист может вести прием в определенные часы, 2 раза в неделю на договорных отношениях) или фито-лекторий, своего рода клуб по интересам. Рядом с фитобаром весьма кстати окажется книжная витрина, в которой будут представлены последние публикации по фитотерапии и прочее.

Время работы фитобара в основном совпадает со временем работы начальной школы, т. е. первая половина дня.

Фитобар — относительно новое явление в работе школ. Для оказания помощи при его организации необходимо пригласить профессионального фито-фармацевта-практика, который поможет составить оптимальный ассортимент фиточаев, напитков и коктейлей, подскажет способы приготовления, даст необходимые практические и методологические рекомендации, а также поможет в решении многих других вопросов, которые неминуемо возникают при каждом начинании.

Для успешной реализации проекта «Лесная аптека на службе человека» применим метод анкетирования, как с учащимися младших классов, так и с родителями этих детей. Прежде чем приступить к проведению педагогического эксперимента был изучен уровень познания учащихся о лекарственных растениях. Ребятам было предложено ответить на ряд вопросов:

1. Какие лекарственные растения ты знаешь?
2. Почему эти растения называют лекарственными?
3. Какие части растений используют как лекарство?
4. На какие группы можно разделить лекарственные растения?
5. Как ты думаешь, нужно ли охранять лекарственные растения? Почему?

6. Как правильно собирать лекарственные травы?
7. Что такое Красная книга?
8. Какие из лекарственных растений занесены в Красную книгу?
9. Какие лекарственные растения используют при простуде и ангине?
10. Как правильно хранить лекарственные травы?

В результате обработки данных выяснилось, что учащиеся младшего школьного возраста без дополнительной подготовительной работы могут самостоятельно не только перечислить основные виды лекарственных растений, но и указать на то, как их нужно хранить и собирать.

Сказанное позволяет сделать вывод о том, что первоначальные знания о растениях, в том числе и лекарственных, формируются у детей в раннем возрасте, наряду с развитием чувства любви к родине, окружающей природе, экологии. Источником формирования знаний является семья и применение традиций народной медицины в быту, а также развитие ребенка в системе общеобразовательной школы. Разница в содержании анкет учащихся 1 и 3 классов заключалась лишь в том, что дети более старшей исследуемой группы излагали мысли последовательно, демонстрируя причинно-следственные связи между употреблением лекарственных растений и их оздоравливающим эффектом.

Проведенный анализ говорит о необходимости углубления знаний учащихся о видах и пользе лекарственных растений Красной книги, оздоравливающем, профилактическом, общеукрепляющем воздействии целебных напитков на организм человека. Реализация проекта предполагает комплексный подход в работе с группой младших школьников над данной темой, с учетом мнения родителей о реализации практической части основного этапа, заключающегося в употреблении детьми фиточаев. В этом случае метод анкетирования помог сделать выводы до начала эксперимента и после него. В целях формирования группы детей-участников эксперимента родителям было предложено анкетирование, следующего содержания:

1. Ф.И.О. ребенка.
2. Возраст ребенка.
3. Перенесенные заболевания.
4. Какими заболеваниями болеет ребенок чаще?
5. Сколько раз в году ребенок болел простудными заболеваниями?

6. Согласны ли Вы, чтоб Ваш ребенок принял участие в проекте «Лесная аптека на службе человека»? Обоснуйте ответ.

7. Каких результатов вы ожидаете от участия Вашего ребенка в проекте?

8. Есть ли у ребенка аллергия на лекарственные растения (если да, то укажите на какие)?

9. Как Вы оцениваете состояние здоровья Вашего ребенка до начала проекта «Лесная аптека на службе человека»?

10. Нуждается ли Ваш ребенок в повышении иммунитета организма?

Таким образом, была сформирована группа детей, которые получали знания о растениях-целителях, и имели возможность испытать на себе благоприятное воздействие фиточая, заключающееся в общеукрепляющем и профилактическом эффекте. После реализации основной части проекта, родители вторично заполнили анкеты, содержащие следующие вопросы:

1. Ф.И.О. ребенка.

2. Возраст ребенка.

3. Оправдались ли Ваши ожидания от участия Вашего ребенка в проекте?

4. Наблюдали ли Вы признаки аллергии за период участия ребенка в проекте?

5. Как Вы оцениваете состояние здоровья ребенка после участия в проекте?

6. Как Вы считаете, удалось ли организаторам проекта повысить иммунитет Вашего ребенка?

На основании полученных данных были сделаны выводы о состоянии здоровья детей с 9 сентября по 26 декабря 2013 года. Количество детей, перенесших такие распространенные заболевания, как ОРВИ и ОРЗ на 2 % ниже в группе, где дети поддерживали свой организм витаминными коктейлями, изготовленными согласно договору в специализированной аптеке.

В целом, весь комплекс реализованных мероприятий проходил под лозунгом, что профилактика заболеваний должна быть эффективна, а укрепление организма безопасным и индивидуально ориентированным. Результаты анкетирования подтверждают, что многие заболевания действительно легче предупредить, нежели вылечить. Это говорит о необходимости постоянного совершенствования и развития профилактического воздействия фитопрепаратов на растущий организм ребенка. Нам важно не только поработать с детьми в течение

определенного периода времени, но и закрепить у них необходимость в дальнейшей потребности в здоровом образе жизни [2, 3].

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Лекарственные травы используются при определенных способах приготовления в точных дозировках. Лечение должно проводиться под контролем врача-травника. Растения, выращенные в пределах города, могут накопить токсические вещества, и тогда их использование нанесет непоправимый вред здоровью. Поэтому растения с лекарственного огорода не должны стать источником для самолечения, а служат для цели их разностороннего изучения.

2. Реализация проекта по применению фитотерапии в профилактике простудных заболеваний у часто болеющих детей «Лесная аптека на службе человека» в школе позволяет:

- использовать опыт межведомственного взаимодействия в целях реализации проекта;
- создать внутришкольную систему по сохранению и укреплению здоровья учащихся;
- обеспечить внедрение здоровьесберегающих технологий в школе;
- ввести медико-физиологический контроль показателей физического состояния обучающихся;
- устранить негативные факторы образовательного процесса, отрицательно влияющие на здоровье детей;
- снизить количество заболеваний, улучшив успеваемость обучающихся за счет уменьшения психофизиологической «стоимости» процесса обучения [5].

3. Программа по профилактике простуды у часто болеющих детей, направленная на организацию и проведение комплекса обучающе-оздоровительных мероприятий с учащимися начальных классов, способствовала повышению у детей мотивации к здоровому образу жизни, улучшению иммунитета подрастающего организма ребенка. Это обусловлено комплексным подходом к реализации программы, основанном на изучении и применении знаний из области медицины и педагогики. Две науки в своем сочетании помогли детям получить знания о лекарственных растениях, экологии, улучшить самочувствие, способствовали повышению мотивации к здоровому образу жизни и формированию активной жизненной позиции у подрастающего поколения, формированию чувства любви к родному краю.

### **Список литературы:**

1. Горлова О.А. Фитотерапия как эффективный метод оздоровления учащихся в школе. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://festival.1september.ru/articles/531433/> (дата обращения 20.03.2013).
2. Применение лекарственных трав. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.referat.www4.com/view-text-275090> (дата обращения 20.06.2013).
3. Туманова Н.П. Растения и аллергия. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.5ka.ru/50/11303/1.html> (дата обращения 20.11.2013).
4. Фармацевтический вестник — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.pharmvestnik.ru/issues/0321/documents/0321\\_14.htm...](http://www.pharmvestnik.ru/issues/0321/documents/0321_14.htm...) (дата обращения 20.03.2014).
5. Яковлева Л.Г. Организация здоровьесберегающего образовательного процесса. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://festival.1september.ru/articles/504510/>. (дата обращения 28.04.2014).

## **ВЛИЯНИЕ ДЕПРИВАЦИИ СНА НА НЕКОТОРЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

***Толстой Виктор Алексеевич***

*канд. биол. наук, доцент кафедры биологии  
Белорусского Государственного Медицинского университета,  
Республика Беларусь, г. Минск*

***Масюк Данил Мустафьевич***

*студент второго курса лечебного факультета  
Белорусского Государственного Медицинского университета,  
Республика Беларусь, г. Минск  
E-mail: [din.denz@mail.ru](mailto:din.denz@mail.ru)*

***Савилина Елизавета Олеговна***

*студент второго курса лечебного факультета  
Белорусского Государственного Медицинского университета,  
Республика Беларусь, г. Минск  
E-mail: [savilina-liza@mail.ru](mailto:savilina-liza@mail.ru)*

# EFFECT OF SLEEP DEPRIVATION ON SOME FUNCTIONAL INDICATORS OF HUMAN ORGANISM

*Tolstoy Viktor*

*candidate of Biological Sciences, assistant professor  
of biological department of the Belarusian State Medical University,  
Republic of Belarus, Minsk*

*Masuk Danil*

*second-year student of the medical faculty  
of the Belarusian State Medical University,  
Republic of Belarus, Minsk*

*Savilina Elizaveta*

*second-year student of the medical faculty  
of the Belarusian State Medical University,  
Republic of Belarus, Minsk*

## АННОТАЦИЯ

Депривация или недостаток сна наиболее часто слышимые слова, как в среде студентов, так и у представителей иных социальных групп [2, с. 75]. Это может быть обусловлено как генетическими причинами, так и внесенными факторами [1, с. 86]. Вследствие недосыпания человек может ощущать слабость, расстройство внимания, расстройства в сенсорной области, нарушения в моторной сфере, дефекты в памяти и мышлении, ослабление воли, сонливость [3, с. 239]. В данной статье приведено описание оригинально разработанных тестов для определения состояния некоторых систем и результаты проведённого эксперимента.

## ABSTRACT

Deprivation or lack of sleep most often audible words as among students, and representatives of other social groups [2, p. 75]. This may be due to genetic causes, and amended factors [1, p. 86]. Due to lack of sleep a person may feel weak, attention deficit disorder, disorder in the sensory area, in violation of the motor field, defects in memory and thinking, weakening of the will, drowsiness [3, p. 239]. This article describes originally developed tests to determine the status of some systems and the results of the experiment conducted.

**Ключевые слова:** сон; слуховая память; зрительная память; скорость реакции; резистентность.

**Keywords:** sleep; auditory memory; visual memory; reaction speed; resistance.

Актуальность работы состоит в том, что проверяемая категория людей — это молодые люди (от 18 до 21 года) — студенты. Очень многие в эти годы пренебрегают сном, предпочитая помимо учебы еще и интернет либо ночные дискотеки и т. д. И это может отрицательно сказываться на здоровье и учебе.

Поэтому мы поставили перед собой цель проверить, как влияет цикличность и прерывистость сна на организм.

Для проведения эксперимента нами были определены следующие показатели, по которым прослеживалось состояние испытуемого: зрительная и слуховая память (соответственно ЗП и СП), скорость реакции, резистентность к физическим нагрузкам, умственная деятельность (для оценки данного показателя был выведен коэффициент умственной деятельности КУД).

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. изучить определенные функциональные показатели человека в условиях различной продолжительности сна;
2. провести анкетирование среди молодых людей по вопросам условий и привычек в отношении сна;
3. провести статистическую обработку и анализ результатов исследования.

**Методика.** Для проведения исследования были набраны люди в возрасте от 18 до 21 года. Все испытуемые были разделены на три группы:

1 группа (контрольная) — 20 человек, которые в течение пяти суток должны были спать по 8 часов.

2 группа — 20 человек, которые должны были спать, следуя следующему плану в течение 8 суток:

- Первые сутки — 8-часовой сон;
- Вторые сутки — 6-часовой сон;
- Третьи сутки — 8-часовой сон (восстановление);
- Четвёртые сутки — 4-часовой сон;
- Пятые сутки — 8-часовой сон (восстановление);
- Шестые сутки — 2-часовой сон;
- Седьмые сутки — 8-часовой сон (восстановление);
- Восьмые сутки — ночь без сна.

3 группа — 20 человек, которые в течение 48-ми часов не спали, предварительно хорошо выспавшись.



Испытуемые всех групп проходили ряд оригинально разработанных тестов связанных с исследованием определённых показателей в одно и то же время суток (12.00), независимо от продолжительности сна.

К испытуемым были предъявлены обязательные условия проведения эксперимента:

1. Соблюдение режима (испытуемый первой (контрольной) группы должен вставать и ложиться в одно и то же время, испытуемые других групп должны строго следовать намеченному плану).

2. Запрещено употреблять различные энергетические напитки, продукты содержащие кофеин (кофе, чай, Coca-Cola), алкогольные напитки.

3. Курящие люди к эксперименту не допускаются (для предотвращения искажения результатов из-за возможных у них нарушений сна).

#### **Тесты, предоставляемые испытуемым:**

1) Тест на слуховую память

В среднем темпе однократно и отчетливо испытуемому диктуют 10 слов (приблизительно одно слово в секунду). Затем слова сразу воспроизводятся испытуемым в любом порядке. За каждое правильно воспроизведенное слово выставляется по одному баллу. Изменение слова считается ошибкой (солнце — солнышко, окно — окна).

2) Тест на зрительную память

Испытуемому предлагается рассмотреть и запомнить картинку, на которой изображено 9 разноцветных фигур в течение 15 секунд. После этого он должен воспроизвести рисунок на пустом бланке. Балл дается в случае правильного расположения и цвета фигуры, частично правильные ответы не принимаются.

3) Тест на умственные способности

Испытуемому предлагается решить 10 примеров на устный счет. Нужно их выполнить как можно правильнее и как можно быстрее. За каждый правильный ответ дается 1 балл. Затем высчитывается КУД:

$$КУД = \frac{B}{T}$$

где: B — количество правильных ответов;

T — время выполнения, с.

Чем больше правильных ответов (больше величина В) и чем быстрее выполнен тест (меньше величина Т), тем данный коэффициент тем выше.

#### 4) Резистентность к физическим нагрузкам

В начале опыта измеряется пульс покоя. После этого испытуемый должен пройти вверх 60 ступенек за 30 секунд, делая по 2 шага в секунду. Измеряется пульс после нагрузки. Далее высчитывается, на сколько процентов увеличился пульс нагрузки по сравнению с пульсом покоя. Вычисление проводится по формуле:

$$A = \frac{(ПН - ПП)}{ПН} \times 100\%$$

где: А — процент увеличения пульса нагрузки по сравнению с пульсом покоя;

ПН — пульс нагрузки;

ПП — пульс покоя.

#### 5) Определение скорости реакции

Проводится в программе “Reactiontest”, которая измеряет время, после которого испытуемый реагирует на изменение цвета данной геометрической фигуры. Программа проводит серию из пяти измерений и подсчитывает средний результат.

Статистическая обработка полученных данных проводилась в программе Microsoft Office Excel 2007. Проверка достоверности осуществлялась с использованием коэффициента Стьюдента. Все полученные данные достоверны ( $P < 0.05$ ).

По результатам проведённых исследований нами была составлена таблица, из которой видно, что во второй группе, по сравнению с группой контроля, недостаток сна наиболее отражается на значениях слуховой памяти и резистентности к физическим нагрузкам. В третьей группе по сравнению с группой контроля также как и во второй группе наиболее снизились значения показателей слуховой памяти и резистентности к физическим нагрузкам, но более выражено. В наименьшей степени в обеих группах снижается показатель скорости реакции. Однако снижение показателей зрительной памяти и КУД в группах различны: во второй группе более снижен показатель зрительной памяти, а в третьей КУД.

*Таблица 1.*

**Снижение показателей по сравнению с группой контроля  
(вторая группа),%**

<b>СП</b>	<b>-27,9</b>
ЗП	-17,6
КУД	-10,4
<b>Резистентность к физ. Нагрузкам</b>	<b>-21,2</b>
Скорость реакции	-7,8

*Таблица 2.*

**Снижение показателей по сравнению с группой контроля  
(третья группа),%**

<b>СП</b>	<b>-38,9</b>
ЗП	-15,3
КУД	-20
<b>Резистентность к физ. Нагрузкам</b>	<b>-39,5</b>
Скорость реакции	-8,9

В результате анкетирования выявлено, что большая часть респондентов испытывает недостаток сна (71 %), не имеет его четкого графика (95 %), но не ощущает отрицательного влияния на свой организм.

**Вывод:** полученные данные статистически подтверждают отрицательное влияние недостатка сна на психофизическое состояние человека. В ходе эксперимента установлено, что при недостатке сна больше всего страдают слуховая память и резистентность физическим нагрузкам.

**Список литературы:**

1. Алейникова Т.В. Возрастная психофизиология: учеб.пособие для студентов высших учебных заведений / Т.В. Алейникова. Ростов-н/Д.: УНИИ валеологии РГУ, 2002 — 146 с.
2. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А. Ритмы жизни / В.А. Доскин, Н.А. Лаврентьева. М.: Медицина, 1991. — 176 с.
3. Левитов Н.Д. О психических состояниях человека / Левитов Н.Д. М.: Изд-во «Просвещение», 1964 — 343 с.

## 4.2. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

### ФИТОРЕМЕДИАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

*Яковичина Татьяна Федоровна*

*канд. сель.-хоз. наук, доцент,  
доцент кафедры экологии и охраны окружающей среды,  
Государственное высшее учебное заведение “Приднепровская  
государственная академия строительства и архитектуры”,  
Украина, г. Днепропетровск*

*E-mail: [t\\_yakovyshyna@ukr.net](mailto:t_yakovyshyna@ukr.net)*

*E-mail: [tatyana\\_yakovyshyna@mail.ru](mailto:tatyana_yakovyshyna@mail.ru)*

### PHYTOREMEDIATION ABILITY OF THE CROP TO THE CONTAMINATION OF THE SOILS BY THE HEAVY METALS

*Tatyana Yakovyshyna*

*associate Professor of Ecology and Environmental  
Protection Department, Doctor of Philosophy (Ecology),  
Associate Professor State Higher Educational Establishment  
“Pridneprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture”,  
Ukraine, Dnipropetrovsk*

#### АННОТАЦИЯ

Проведена оценка фиторемедиационной способности зерновых культур (овес, яровой и озимый ячмень, озимая пшеница, тритикале, просо) к загрязнению почвы тяжелыми металлами по коэффициентам биологического поглощения и транслокации. Установлено, что только просо можно использовать для фитостабилизации почвы.

#### ABSTRACT

The estimation of the phytoremediation ability of the crop (oats, spring and winter barley, winter wheat, triticale, millet) has been conducted using coefficients of the biological uptake and translocation. Determined, that only millet can be used for the phytostabilization of the soil.

**Ключевые слова:** фиторемедиационная способность; загрязнение; тяжелые металлы; почва.

**Keywords:** phytoremediation ability; contamination; heavy metals; soil.

Создание устойчивых агросоциоконплексов предполагает получение качественной сельскохозяйственной продукции при условии минимизации антропогенного воздействия на окружающую природную среду, и прежде всего — почву, на которую значительную антропогенную нагрузку оказывает загрязнение тяжелыми металлами. Кроме того остается актуальным вопросом пригодность выбранной территории для безопасной жизнедеятельности населения, ведь в Украине под обустройство агросоциоконплексов, как правило, отводят земли подверженные сильному антропогенному воздействию с уровнем техногенной нагрузки по тяжелым металлам в 1,5—3,0 ПДК, что соответствует слабому и среднему уровням загрязнения по В.Б. Ильину (1995) [2, с. 95]. Поэтому возникает необходимость в подборе сельскохозяйственных культур устойчивых к загрязнению тяжелыми металлами.

Целью данной работы являлось изучение фиторемедиационной способности сельскохозяйственных культур к загрязнению почвы тяжелыми металлами с последующей их разбивкой на фитоэкстракторы и фитостабилизаторы. Следует отметить, что в условиях низкого и среднего уровня загрязнения важное значение приобретает фитостабилизация — выращивание культур, которые не выносят токсиканты из почвы и, соответственно, не накапливают их в своей биомассе; напротив, при высоком уровне загрязнения используют фитоэкстракцию — очистку почвы за счет поглощения катионов тяжелых металлов корневой системой с последующим накоплением их в надземной части растений. Наиболее перспективными фитоэкстракторами будут являться растения с высокими значениями коэффициентов биологического поглощения и транслокации [4, с. 264], а также базипетальным распределением химических элементов по органам, в то время как основным требованием фитостабилизации является акропетальное распределение токсикантов, что при наличии высокого геохимического барьера и защитных механизмов самого растения позволит получать качественную продукцию растениеводства, соответствующую санитарно-гигиеническим нормам с содержанием тяжелых металлов в товарной части в пределах ПДК. Однако, известно, что степень толерантности к тяжелым металлам сильно

варьирует не только у разных сельскохозяйственных культур, но даже по видам в пределах отдельно взятой культуры [3, с. 144].

Анализ фиторемедиационной способности по отношению к тяжелым металлам был проведен у зерновых (овес, яровой и озимый ячмень, озимая пшеница, тритикале, просо), как наиболее распространенных культур в Северной Степи Украины. Микрополевые опыты проводили в пятипольном зернопаропропашном севообороте с уровнем техногенной нагрузки в 5 ПДК по Cd, Pb и Zn, которые вносили в почву в виде водных растворов нитратных солей весной под предпосевную культивацию.

Для оценки фиторемедиационного потенциала сельскохозяйственных культур определяли коэффициент биологического поглощения, который рассчитывали, как отношение содержания тяжелого металла в растении к его валовому содержанию в почве, и транслокационный коэффициент — отношение содержания тяжелого металла в надземной части к его содержанию в корневой системе, что показывает распределение токсиканта по органам растения [1, с. 12]. Согласно классификации W.J. Fitz и W.W. Wenzel (2002) интерес для фитоэкстракции представляют растения, у которых эти коэффициенты выше 1. Напротив, для фитостабилизации следует выбирать сильные деконцентраторы по А.Л. Ковалевскому (1973).

Как показали результаты исследований, коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов из почвы у выше перечисленных культур увеличивался в ряде: просо < озимые зерновые < яровые зерновые (табл. 1). Высокоурожайные сорта, хорошо отзывчивые на повышение уровня минерального питания, были более чувствительны и к токсическому действию тяжелых металлов, что отражалось на морфо-биологических показателях и проявлялось в виде более интенсивного накопления их в товарной части. В пределах культуры наибольший коэффициент биологического поглощения был отмечен у озимой пшеницы сорта Красуня, озимой ржи — сорта Кормовая 51, а наименьший — у сортов Фантазия и Харьковская 98 соответственно.

Таблица 1.

**Коэффициенты биологического поглощения зерновых культур  
при загрязнении почвы тяжелыми металлами**

Культура, сорт	Загрязнение почвы в 5 ПДК		
	Cd	Pb	Zn
Яровой ячмень Джерело	0,1101	0,2422	0,3675
Яровой ячмень Престиж	0,1420	0,2853	0,3877
Яровой ячмень Галактик	0,1201	0,3020	0,3907
<b>Яровой ячмень Прерия</b>	0,1508	0,3394	0,4237
Овес Синельниковский 73	0,1126	0,2921	0,3799
Озимая пшеница Красуня	0,0989	0,2427	0,2929
Озимая пшеница Лада	0,0945	0,2349	0,2962
Озимая пшеница Одесская 162	0,1027	0,2287	0,2879
Озимая пшеница Фантазия	0,0917	0,2297	0,2830
Озимая пшеница Юна	0,0960	0,2302	0,2944
Озимый ячмень Силуэт	0,1061	0,2126	0,2719
Тритикале Амфидиплоид 42	0,0915	0,2162	0,2630
Озимая рожь Харьковская 98	0,1016	0,2209	0,2736
Озимая рожь Кормовая 51	0,1041	0,2235	0,2758
Просо Мироновское 51	0,0541	0,1845	0,2465

Все без исключения зерновые культуры характеризовались акропетальным распределением тяжелых металлов по органам растений, длительным периодом вегетации, медленно формирующейся биомассой, наличием признаков токсикоза, которые проявлялись в виде некротических пятен, задержки роста и развития растений, поэтому по транслокационному коэффициенту их нельзя рекомендовать использовать, в качестве фитоэкстракторов. Только просо, как наиболее толерантное из них к токсическому действию тяжелых металлов, у которого коэффициенты биологического поглощения и транслокации на порядок ниже единицы, а признаки токсикоза слабо выражены, является перспективным для фитостабилизации загрязненной почвы.

Подытожив выше изложенное, следует отметить, что анализ фиторемедиационной способности зерновых культур (овес, яровой и озимый ячмень, озимая пшеница, тритикале, просо) к загрязнению почвы тяжелыми металлами по коэффициентам биологического поглощения и транслокации свидетельствует о бесперспективности использования данных культур для фитоэкстракции и, напротив,

возможности использования проса для фитостабилизации загрязненной почвы.

### **Список литературы:**

1. Андреева И.В. Злобина М.В., Байбеков Р.Ф., Ганжара Н.Ф. Фиторемедиационная способность дикорастущих и культурных растений // Известия ТСХА. — 2010. — Вып. 1. — С. 8—17.
2. Ильин В.Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами // Агрохимия. — 1995. — № 1. — С. 94—99.
3. Яковишина Т.Ф. Методы детоксикации тяжелых металлов в почве. Saarbruchen: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. — 164 с.
4. Fitz W.J., Wenzel W.W. Arsenic transformation in the soil — rhizosphere — plant system, fundamentals and potential application of phytoremediation // Journal of Biotechnology. — 2002. — V. 99. — P. 259—278.



## СЕКЦИЯ 5.

### ХИМИЯ

#### 5.1. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

#### ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ И УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ В $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-\theta}$ ( $x \leq 0,05$ )

*Жук Надежда Алексеевна*

*канд. хим. наук, доцент  
Сыктывкарского государственного университета,  
РФ, г. Сыктывкар  
E-mail: [nzhuck@mail.ru](mailto:nzhuck@mail.ru)*

*Кокшарова Людмила Алексеевна*

*бакалавр кафедры химии  
Сыктывкарского государственного университета,  
РФ, г. Сыктывкар  
E-mail: [lyuda2701@yandex.ru](mailto:lyuda2701@yandex.ru)*

#### DIELECTRIC CONSTANT AND TOTAL ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-\theta}$ ( $x \leq 0,05$ )

*Zhuk Nadezhda*

*candidate of Science, assistant professor of Syktyvkar State University,  
Russia, Syktyvkar*

*Koksharova Lyudmila*

*bachelor of the department of chemistry of Syktyvkar State University,  
Russia, Syktyvkar*

#### АННОТАЦИЯ

Представлены результаты измерений емкости и тангенса диэлектрических потерь образцов твердых растворов  $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-\theta}$

в температурном интервале от 313 К до 1053 К при частотах переменного поля 1 кГц — 100 кГц.

### ABSTRACT

The results of measurement of the capacitance and dielectric loss tangent of samples of solid solutions  $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-0}$  in the temperature range from 313 K to 1053 K at frequencies of field 1 kHz — 100 kHz were shown.

**Ключевые слова:** твердые растворы; гетерогенное замещение; ниобат висмута; общая удельная электропроводность; диэлектрическая проницаемость.

**Keywords:** solid solutions; heterogeneous substitution; bismuth niobate; dielectric constant; total electrical conductivity.

В настоящее время продолжают интенсивные исследования твердых электролитов на основе оксида висмута, обладающих высокой кислородной проводимостью, и перспективных в качестве материалов для топливных элементов, кислородпроводящих мембран каталитических реакторов. Высокотемпературная кубическая фаза оксида висмута ( $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ ) признана одним из лучших твердотельных оксидных проводников.

Высокопроводящая  $\delta$ -фаза оксида висмута стабильна в узком температурном интервале от 730—825 °С, стабилизировать  $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$  можно путем частичного изовалентного (Gd, Y, Er) и гетеровалентного (Nb, Ta, W) замещения атомов висмута.

Наибольший интерес представляет вариант замещения висмута атомами ниобия вследствие высокой стабильности образующейся кубической фазы ( $\text{Bi}_3\text{NbO}_7$ ) при комнатной температуре. Ниобат висмута  $\text{Bi}_3\text{NbO}_7$  уступает  $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$  по величине электропроводности [9], в связи с меньшим количеством кислородных вакансий в структуре. С целью увеличения электропроводности ниобата висмута проведено гетеровалентное замещение атомов ниобия атомами циркония [6], иттрия [7], эрбия [6].

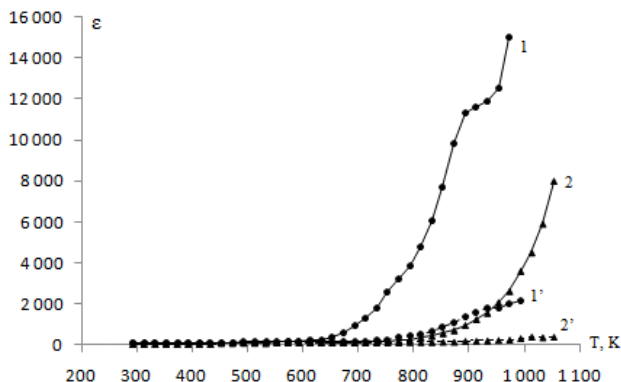
В настоящей работе проведен синтез никельсодержащих твердых растворов и исследованы их электрофизические свойства с целью выявления влияния гетеровалентного замещения ионов ниобия (V) на электрофизические свойства ниобата висмута [1—3].

Ниобат висмута  $\text{Bi}_3\text{NbO}_7$  кубической модификации имеет дефектную флюоритоподобную структуру (Fm3m) с параметром ячейки  $a = 0.5479$  нм. Атомы висмута и ниобия распределены в одной

системе кристаллографических позиций в мольном соотношении  $n(\text{Bi})/n(\text{Nb}) = 3/1$ .

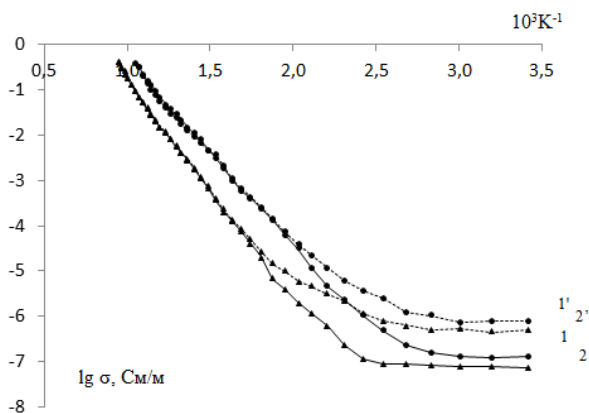
Образцы твердых растворов  $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-0}$  синтезировали на воздухе по стандартной керамической технологии из смеси стехиометрических количеств оксидов висмута (III), ниобия (V), никеля (II) при температуре 650 °С, 950 °С [4]. Фазовый состав керамических образцов контролировали методами рентгенофазового анализа (ДРОН-4-13, в фильтрованном  $\text{CuK}\alpha$ -излучении) и сканирующей электронной микроскопии (электронный микроскоп JSM-6400).

Для измерений электрофизических характеристик твердых растворов  $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{7-0}$  ( $x = 0,005, 0,01, 0,03, 0,05$ ) на торцы образцов в форме диска нанесен токопроводящий серебряный слой путем вжигания серебряной пасты при 873 К в течение часа. Образец помещали в кварцевую трубку в трубчатой муфельной печи и зажимали платиновыми электродами. Измерения емкости и тангенса диэлектрических потерь проведены в температурном интервале от 313 К до 1053 К в режиме нагрева с использованием моста переменного тока — измерителя LCP-МТ 4090 ( $\omega = 1$  кГц, 10 кГц, 100 кГц, 200 кГц). Температуру в печи контролировали хромель-алюмелевой термопарой, присоединенной к цифровому вольтметру. В результате обработки экспериментальных данных построены температурные зависимости диэлектрической проницаемости  $\varepsilon = f(T)$  (рис. 1) и общей удельной электропроводности  $\lg\sigma = f(1000/T)$  (рис. 2).



**Рисунок 1.** Температурные зависимости диэлектрической проницаемости твердых растворов  $\text{Bi}_3\text{Nb}_{0.95}\text{Ni}_{0.05}\text{O}_{7-0}$  (1, 1') и  $\text{Bi}_3\text{Nb}_{0.995}\text{Ni}_{0.005}\text{O}_{7-0}$  (2, 2') при 1 кГц (1, 2) и 10 кГц (1', 2') в температурном интервале 350 К-700 К (А) и 293 К-1053 К (Б)

В результате измерений электрофизических характеристик образцов никельсодержащих твердых растворов установлено, что величины диэлектрической проницаемости и удельной электропроводности образцов тем больше, чем выше содержание никеля в твердых растворах во всем исследованном температурном интервале, что связано, по-видимому, с концентрацией кислородных вакансий, возникающих при гетеровалентном замещении (рис. 1, 2). Величина общей удельной электропроводности возрастает, примерно на порядок, при увеличении концентрации никеля в твердых растворах в десять раз. В высокотемпературной области ( $T > 500$  К) прямые удельной электропроводности линейны и подчиняются уравнению Аррениуса с энергией активации  $E_a = 0,97$  эВ для всех исследованных твердых растворов, что сопоставимо с величиной энергии активации ниобата висмута  $Bi_3NbO_7$  кубической модификации ( $E_a = 0,99$  эВ) и свидетельствует о подобном механизме проводимости [5].



**Рисунок 2. Температурные зависимости десятичного логарифма удельной электропроводности твердых растворов  $Bi_3Nb_{0,95}Ni_{0,05}O_{7-\theta}$  (1, 1') и  $Bi_3Nb_{0,995}Ni_{0,005}O_{7-\theta}$  (2, 2') при 1 кГц (1, 2) и 10 кГц (1', 2')**

Частотная зависимость удельной электропроводности проявляется при температуре ниже 500 К, причем чем больше частота, тем выше величина удельной электропроводности. Протяженность низкотемпературной области с ростом частоты увеличивается, например, в случае  $Bi_3Nb_{0,95}Ni_{0,05}O_{7-\theta}$ , от 293 К до 373 К (1 кГц) и до 500 К (100 кГц) соответственно, что может быть связано с различным

типом проводимости. Как отмечается в работах [2—4], твердые растворы ниобата висмута по типу проводимости относятся к смешанным электронно-ионным полупроводникам.

### **Выводы**

Гетеровалентное замещение атомов ниобия атомами никеля в пределах пяти мольных процентов приводит к увеличению значений электропроводности образцов, в среднем, на порядок по сравнению с ниобатом висмута кубической модификации. По величине энергии активации (0,97 эВ) твердые растворы относятся к группе ионных проводников. Для никельсодержащих твердых растворов наблюдается частотная зависимость удельной электропроводности при температуре ниже 500 К.

### **Список литературы:**

1. Жук Н.А., Пийр И.В., Чежина Н.В. Магнитные и электрические свойства медьсодержащих твердых растворов ортониобата висмута // ЖОХ. — 2007. — Т. 77. — № 2. — С. 240—245.
2. Жук Н.А., Пийр И.В., Пименов А.Л., Чежина Н.В. Магнитные и электрические свойства медьсодержащих твердых растворов ниобата висмута  $\text{Bi5Nb3O15}$  // ЖОХ. — 2008. — Т. 78. — № 3. — С. 353—357.
3. Жук Н.А., Пийр И.В. Электропроводность и диэлектрическая проницаемость твердых растворов  $\text{Bi5Nb3-3xM3xO15-}\theta$  (M-Cr, Cu, Ni) // Неорг. матер. — 2008. — Т. 78. — № 6. — С. 1504—1509.
4. Жук Н.А., Гируть Е.С., Попова Т.А., Обедина Т.В. Синтез, электрофизические и магнитные свойства марганецсодержащих твердых растворов ниобата висмута  $\text{Bi3NbO7}$  кубической модификации // Изв. Коми НЦ УрО РАН. — 2014. — Т. 17. — № 1. — С. 10—15.
5. Жук Н.А., Рожкина Н.В. Влияние нестехиометрии состава на фазообразование и электрофизические свойства  $\text{Bi3NbO7}$  // Изв. вузов. Химия и хим. технология. — 2014. — Т. 57. — Вып. 1. — С. 61—64.
6. Abrahams I., Krok F., Wrobel W., Kozanecka-Szmigiel A., Cham S.C.M. Defect structure in  $\text{Bi3Nb1-xZrxO7-y}$  // Solid State Ionics. — 2008. — Vol. 179. — P. 2—8.
7. Abrahams I., Krok F., Kozanecka-Szmigiel A., Wrobel W., Cham S.C.M., Dygas J.R. Effects of ageins on defect structure in the  $\text{Bi3NbO7-Bi3YO6}$  system // J. Power Sources. — 2007. — Vol. 173. — P. 788—794.
8. Leszczynska M., Holdynski M., Krok F., Abrahams I., Liu X., Wrobel W. Structural and electrical properties of  $\text{Bi3Nb1-xErxE7-y}$  // Solid State Ionics. — 2010. — Vol. 181. — P. 796—811.
9. Castro A., Aguado E. et al. The new oxygen-deficient fluorite  $\text{Bi3NbO7}$ : synthesis, electrical behavior and structural approach // Mater. Res. Bull. — 1998. — Vol. 1. — P. 31—41.

**СЕКЦИЯ 6.  
НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**6.1. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ  
И ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ**

**ИНТЕГРАТИВНАЯ РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ  
В СИСТЕМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ  
ШКОЛЬНИКОВ**

*Аракчеева Зинаида Васильевна*

*канд. пед. наук, доцент*

*МГТУ им. Г.И. Носова,*

*РФ, г. Магнитогорск*

*E-mail: z.eva [1215@yandex.ru](mailto:1215@yandex.ru)*

**INTEGRATIVE PROPERTIES OF PHYSICAL GEOGRAPHY**

*Arakcheeva Zinaida*

*cand.. ped. sciences, associate professor*

*of MGTU to them G.I. Nosova,*

*Russia, Magnitogorsk*

**АННОТАЦИЯ**

Целью исследования явилось исследование наличия определенной системы физических знаний у школьников, их использование в курсе физической географии для изучения взаимодействий природно-территориальных комплексов. Однако, несмотря на наличие определенной системы таковых знаний, их конкретное «теоретическое приложение» к исследованиям взаимодействий природно-территориальных комплексов далеко от желаемого. В связи с этим, необходимо научить школьников прогнозировать будущие состояния природно-территориального комплекса, то есть решать основную задачу физической географии.

## ABSTRACT

The aim of the study was to investigate whether a specific system of physical knowledge among schoolchildren, their use in the course of physical geography for the study of the interactions of natural-territorial complexes. However, despite the presence of a certain system of such knowledge, their particular "theoretical application to studies of interactions of natural-territorial complexes is far from desirable. In this regard, it is necessary to teach students to predict the future state of natural-territorial complex, that is, to solve the basic problem of physical geography.

**Ключевые слова:** Физическая география; природно-территориальный комплекс; теоретическое мышление; физическая величина; инертная масса; гравитационная масса; механическая энергия; факторность.

**Keywords:** Physical geography; natural-territorial complex; theoretical thinking; physical quantity; the inertial mass; gravitational mass; mechanical energy; faktornosti.

В физической географии единодушно считается, что взаимовлияние природно-территориальных комплексов друг на друга обуславливается двумя процессами: «обменом масс» и «обменом энергией». Эти обмены между природно-территориальными комплексами осуществляются в результате трех типов кругооборота: биологического, водного, энергетического.

Проанализируем вначале дидактические возможности теоретического изучения взаимовлияния природно-территориальных комплексов в результате обмена массами. Напомним, что теоретическое мышление формируется на основе теоретических понятий, отражающих существенные свойства объектов и явлений. Можно ли понятие «масса», которым владеют восьмиклассники, считать теоретическим? Нет! Дело в том, что научное понятие массы начинает формироваться у школьников в курсе физике 7-го класса. Так, например, в учебнике физики А.В. Перышкина дается следующее определение: «масса тела — это физическая величина, которая характеризует его инертность». Более полное определение приводится в учебнике физики А.И. Подольского: «Масса — физическая величина, характеризующая инертность тела и равная числу эталонных масс в этом теле».

Таким образом, в физике понятие массы вводится как понятие об инертной массе. Правда, в дальнейшем, решая проблему

определения массы тела в измерениях, А.В. Перышкин и другие авторы описывают измерение массы тел на весах. Однако хорошо известно, что на рычажных весах определяется не инертная масса тела, а гравитационная, так как на рычажных весах сравниваются не инертные свойства тел (свойства сохранять свое состояние неизменным), а гравитационные свойства тел (свойства «тяготеть» к другим телам). Таким образом в физике в неявном виде вводится понятие гравитационной массы. Гравитационной массой называется физическая величина, характеризующая свойство тела притягиваться к другому телу. В 8-м классе никакого понятийного развития «масса» не получает.

Дело осложняется еще больше «географами»: учеными, методистами, учителями. Дело в том, что, говоря о переносе масс, например, о переносе воздушных масс из одного природно-территориального комплекса в другой, географы говорят о количестве перенесенного воздуха, то есть — о количестве вещества, а не о количестве инертных или гравитационных свойств этого вещества. Вот что о количестве вещества говорится, например, в справочнике по физике, рекомендованном для учащихся: «Любое вещество состоит из частиц, поэтому количество вещества принято считать пропорциональным числу частиц. Единица количества вещества называется молем (моль). Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же частиц, сколько содержится атомов в 0,012 кг углерода  $^{12}\text{C}$  ... Количество вещества  $\nu$  можно найти как отношение числа  $N$  атомов или молекул вещества к постоянной Авогадро  $N_A$ :

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

[5, с. 73]. Однако указанное понятие формируется у школьников лишь в 10-м классе. В сложившейся ситуации становится ясным, что теоретический путь исследования первого процесса невозможен: у школьников отсутствуют для этого необходимые теоретические знания, научные понятия. Более обнадеживающим выглядит второй процесс: «обмен энергией». Понятие механической энергии формируется у учащихся 7 класса в курсе физики: «Энергия — физическая величина, показывающая, какую работу может совершить тело (или несколько тел)». Более полно и точно это определение звучит следующим образом: «Механическая энергия — физическая величина, характеризующая способность тела совершать работу и численно равная работе, совершенной над этим телом». Здесь же «вводятся» понятия о видах механической энергии: кинетической



и потенциальной. «Потенциальной (от лат. потенция — возможность) энергией называется энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела» [8, с. 154]. «Энергия, которой обладает тело вследствие своего движения, называется кинетической (от греч. кинема — движение) энергией». Кроме указания на качественные видовые отличия приводятся также и количественные видовые отличия. Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести Земли определяется по формуле:  $E_{п}=gmh$ , а кинетическая энергия — по формуле:

$$E_{е} = \frac{m\mathcal{V}^2}{2}$$

[8, с. 155]. Здесь же у учащихся формируется «закон превращения одного вида механической энергии в другой» или в неявном виде — «закон сохранения механической энергии». В самом начале 8-го класса в физике «вводится» понятие о внутренней энергии тела: «Энергию движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела». Кроме этого, «вводятся» понятие о таком важном для физической географии процессе, как теплопередача и понятия о ее видах: теплопроводности, конвекции и излучении. К чести «физиков» следует указать на то, что в § 7 «Примеры теплопередачи в природе и технике» рассмотрено то, что «ветры представляют собой конвекционные потоки огромного масштаба» и т. п., а также влияние различных видов теплопередачи на растительный мир.

В этом же разделе 8-классники знакомятся с такими важными для энергетических процессов характеристиками (физическими величинами), как количество теплоты, удельная теплоемкость, энергия топлива, удельная теплота сгорания топлива, а также овладевают способами расчета этих величин. В заключении, учащиеся расширяют знания о законе сохранения механической энергии до закона сохранения и превращения энергии как одного из основных законов природы.

Во втором разделе физики 8-го класса учащиеся изучают агрегатные состояния вещества и процессы перехода вещества из одного агрегатного состояния вещества в другое: плавление, кристаллизация, испарение, конденсация и т. п., а также важнейшие величины, характеризующие эти процессы: удельная теплота плавления и кристаллизации, удельная теплота парообразования и конденсации. Восьмиклассники овладевают и способами расчета количества теплоты, затраченной или выделившейся в этих процессах.

Все эти знания очень важны для изучения взаимодействия различных природно-территориальных комплексов с помощью второго процесса: обмена энергией.

Однако, несмотря на наличие определенной системы физических знаний у школьников, их использование в курсе физической географии для исследования взаимодействий природно-территориальных комплексов далеко от желаемого. А то, что такое «желание» есть, можно видеть из различных программных источников. Так, например, давая краткую характеристику традиционного содержания и структуры школьной географии, И.В. Душина пишет: «В содержании курсов физической географии особое внимание уделялось изучению физико-географических процессов, протекающих в географической оболочке..., а также процессов взаимодействия между компонентами природного комплекса [3, с. 47]. Однако анализ «традиционных» учебников не позволяет нам сделать аналогичный вывод в отношении изучения взаимодействий природно-территориальных комплексов. Лишь эпизодически при описании какого-либо природно-территориального комплекса вдруг указывалось влияние на его характеристики другого природно-территориального комплекса. При этом физические знания никак не использовались, особенно на эмпирическом (количественном) уровне.

Давая характеристику стандарта современного географического образования, стандарт вновь указывает, на то, что в нем 5 линий и одна из них — это «типовая структура географической характеристики территории, овладение которой школьниками будет способствовать познанию территориальных (географических) систем в их взаимодействии».

Анализ содержания современных учебников вновь показывает, что структурирование и отбор содержания образования таковы, что ни о каком «познании систем в их взаимодействии» говорить не приходится. Например, в учебнике И.И. Бариновой при описании «опорного края державы» — природно-территориального комплекса Урал — ни слова не говорится о том, как же он взаимодействует со своими западным и восточным соседями: природно-территориальным комплексом Российской равнины и природно-территориальным комплексом Западно-Сибирской низменности. Только лишь случайно, в одном из сотен предложений, школьник может узнать о таком взаимодействии: «Поскольку Уральские горы — это преграда на пути атлантических воздушных масс, Предуралье и Зауралье получают разное количество осадков» [2, с. 191].

Таким образом, по второму блоку можно сделать неутешительный вывод — методически изучение взаимодействия различных природно-территориальных комплексов абсолютно не проработано, хотя такая задача, как мы видели, поставлена. Очень слаба связь физической географии с физикой. Физические знания у 8-классников явно недостаточны для изучения физической географии на теоретическом уровне, но даже те знания, которые у учащихся есть, не используются или используются неправильно, неточно, слишком вольно с точки зрения физики.

И, наконец, в третьем блоке школьники должны научиться объяснять, почему состояние исследуемого природно-территориального комплекса сейчас именно таковое, а не иное. Кроме того, как мы уже говорили ранее, один из признаков теории — прогностичность. В связи с этим, необходимо научить школьников прогнозировать будущие состояния природно-территориального комплекса, то есть решать основную задачу физической географии. Однако в связи с тем, что условие основной задачи физической географии России (*и не только*) оказывается не полностью заданным (школьники не могут охарактеризовать внешние влияния, то есть факторность других природно-территориальных комплексов в отношении исследуемого природно-территориального комплекса), эта задача не может быть решена.

Правда, в настоящее время эта рефлексия приведет школьников к неутешительным выводам. Но это и хорошо. Именно эти выводы позволят учащимся понять то, что знаниями и методами физической географии в восьмом классе они еще не овладели, что физику как методологическую науку по отношению к физической географии надо знать в совершенстве, а следовательно, надо знать и математику, не помешают также и химические знания и т. д. В этом, как раз, и проявятся интегративные свойства географии и как науки, и как учебного предмета, о чем так упорно говорят все географы.

### **Список литературы:**

1. Аракчеева З.В. Формирование теоретического мышления школьников в процессе изучения физической географии в 8 классе: монография / З.В. Аракчеева; М-во образования и науки Российской Федерации, ГОУ ВПО «Магнитогорский гос. ун-т». Магнитогорск, 2008.
2. Барина И.И. География России. Природа. 8 кл.: учебник для общеобразоват. учеб. заведений / И.И. Барина. М.: Дрофа, 1999. — 288 с.

3. Душина И.В. Методика и технология обучения географии: пособие для учителей и студентов пед. ин-тов и ун-тов / И.В. Душина. М.: ООО «Издательство Астрель»; ООО «Издательство АСТ», 2004. — 203 с.
4. Исаченко А.Г. Теория и методология географической науки / А.Г. Исаченко. М.: Мысль, 2004. — 208 с.
5. Кабардин О.Ф. Физика: справ. материалы: учеб. пособие для учащихся / О. Ф. Кабардин. 3-е изд. — М.: Просвещение, 1991. — 367 с.
6. Новые взгляды на географическое образование: пособие ЮНЕСКО: пер. с англ. / под ред. В.П. Максаковского и Л.М. Панчешниковой. М.: Прогресс, 1986. — 463 с.
7. Подольский А.И. Системная психодидактика: монография / А.И. Подольский. Уфа: Изд-во «Творчество», 2005. — 328 с.
8. Перышкин А.В. Физика, 7 кл. / А.В. Перышкин. М.: Дрофа, 2000. — 192 с.

## **О СОВРЕМЕННОМ ГИДРОХИМИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ РЕК АЗОВО-КУБАНСКОЙ РАВНИНЫ**

***Марухно Анастасия Викторовна***

*аспирант кафедры физической географии  
Кубанского государственного университета,  
РФ, г. Краснодар*

***Ромашук Виктория Александровна***

*студент магистратуры направления физическая география  
Кубанского государственного университета,  
РФ, г. Краснодар*

***Жирма Валерий Валерьевич***

*канд. геогр. наук,  
доцент, кафедры физической географии  
Кубанского государственного университета,  
РФ, г. Краснодар  
E-mail: [zhirma@mail.kubsu.ru](mailto:zhirma@mail.kubsu.ru)*

## ABOUT MODERN HYDROCHEMICAL STATE OF THE RIVERS OF AZOV-KUBAN PLAIN

*Marukhno Anastasia*

*phD student*

*at the Department of Physical Geography of Kuban State University,  
Russia, Krasnodar*

*Romaschuk Victoria*

*master student*

*at the Department of Physical Geography of Kuban State University,  
Russia, Krasnodar*

*Zhirma Valeriy*

*phD Candidate of Geographical Sciences, associate professor  
at the Department of Physical Geography of Kuban State University,  
Russia, Krasnodar*

### АННОТАЦИЯ

Рассматриваются современные гидрохимические характеристики степных рек, показана роль антропогенных факторов в формировании качества вод.

### ABSTRACT

The article overviews modern hydrochemical characteristics of steppe rivers, indicates the impact of anthropogenic factors in water quality.

**Ключевые слова:** степные реки; минерализация; загрязнение.

**Keywords:** steppe rivers; mineralization; pollution.

Химический состав речных вод определяется совокупностью природных (питание и физико-географические условия в бассейне) и техногенных (хозяйственная деятельность) факторов. Экстремальные природные явления (паводки, наводнения, крупные оползни, подъём уровня грунтовых вод) могут вносить значительные изменения в распределение гидрохимических характеристик [1, с. 1430].

Краснодарский край обладает значительными запасами природных ресурсов, в особенности поверхностными водами. В пределах края традиционно принято выделять следующие относительно самостоятельные гидрологические бассейны: бассейн рек Азово-Кубанской равнины, бассейн реки Кубань, Закубанские реки и бассейн рек

Черноморского побережья. В данной работе рассматривается современное состояние степных рек Азово-Кубанской равнины.

Рассматриваемые степные реки маловодны, с весенним половодьем. В засушливое время года, они местами пересыхают и образуют мелководные разобщенные плесы. Одна из особенностей малых рек — ярко выраженная зависимость водности, гидрологического режима и качества воды от состояния поверхности водосбора, значение которого может оказаться в ряде случаев важнее климатических и погодных факторов, из-за чего гидрологические и гидрохимические показатели малых рек могут резко отличаться от среднестатистических зональных и районных [3, с. 20].

Реки Азово-Кубанской низменности, в целом обладают высокой минерализацией (табл. 1), причем основным анионом являются сульфаты. Натрий и магний являются основными катионами [2, с. 13].

*Таблица 1.*

**Минерализация некоторых степных рек  
Азово-Кубанской равнины (2012 г.) [2, с. 46]**

<b>Реки</b>	<b>Р.Понура ст. Новотитаровская</b>	<b>Р.Кирилли ст. Кирильская</b>	<b>Р.Бейсуг п. Октябрьский</b>	<b>Р.Челбас п. Привольный</b>	<b>Р.Ея ст. Крыловская</b>
Общая минерализация мг\дм <sup>3</sup>	610	820	2788	3363	5452
ПДК, мг\дм <sup>3</sup>	1000				
Жесткость, мг\дм <sup>3</sup>	7,8	7,2	20	20	37

Из таблицы 1 видно, что наиболее высокой минерализацией характеризуется вода реки Ея. Она — самая длинная и многоводная река территории и вторая по длине в Краснодарском крае. Зарождается у одного из отрогов Ставропольской возвышенности, в пяти километрах к югу от станицы Новопокровской. Площадь водосборного бассейна 8650 км<sup>2</sup>. Высокая минерализация реки Ея делает технические и питьевые качества воды очень низкими. Такая вода, также не пригодна для орошения, причём она обладает сульфатной

агрессией на обычном цементе. По классификации О.А. Алёкина, река Ея относится к сульфатонатриевым второго типа [2, с. 6].

Одними из важных показателей, которые показывают степень загрязненности воды в реках, являются ХПК и БПК<sub>5</sub>, которые, по данным ФБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу», варьируют в нашем случае от 2,1 до 4,0 мг/дм<sup>3</sup>, и от 9,7 до 29 мг/дм<sup>3</sup>, соответственно (табл. 2).

**Таблица 2.**

**Показатели БПК и ХПК в водах степных рек  
Азово-Кубанской равнины (2012 г.)**

Реки	Р. Понура Ст. Новотитаровская	Р. Кирпили Ст. Кирильская	Р. Бейсуг П. Октябрьский	Р. Челбас П. Привольный	Р. Ея Ст. Крыловская
БПК <sub>5</sub> мг/дм <sup>3</sup>	3,3	3,7	2,1	4,0	3,7
ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	2,0				
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	9,7	9,7	20	20	30
ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	30				

Воды рек данного района характеризуются высоким содержанием органического вещества, как видно из таблицы 2 по ХПК и БПК<sub>5</sub>, особенно у рек Ея, Челбас, Бейсуг. Данный результат вполне ожидаем, так как реки располагаются в районе высокой плотности населения, развитого сельскохозяйственного производства.

Одной из причин увеличения биогенных элементов в реках, является применение удобрений, которые используют для выращивания товарной рыбы. Во время выращивания рыбы используется порядка 1—4 ц/га аммиачной селитры и суперфосфата и 10 ц/га известки, которые в свою очередь содержат различные тяжелые металлы в своём составе [2, с. 14].

Следует отметить, что водная масса степных рек, судя по состоянию водных организмов, справляется с антропогенной нагрузкой. Однако, осенью при дефиците воды и крайне слабом водообмене на устьевых участках рек Понура, Ея, Бейсуг, Челбас,

Кирпили, создаются неблагоприятные условия для развития гидробионтов [2, с. 15].

Таким образом, среди факторов, определяющих современное гидрохимическое состояние степных рек Азово-Кубанской равнины, следует выделить антропогенные: поступающий в водные объекты поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, с территорий животноводческих предприятий, с объектов сельхозхимии и неорганизованный сброс неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод.

### **Список литературы:**

1. Жирма В.В., Пейсахович А.Н., Жирма В.В. О техногенных изменениях химического состава речных вод Краснодарского края/ Известия Самарского научного центра РАН. — Том 13 (39), — № 1(6), — 2011. — С. 1430—1432.
2. Схема комплексного использования и охраны водных объектов рек бассейна Азовского моря междуречья Кубани и Дона. КБВУ, Краснодар. — [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: [http://www.kbvru-fgu.ru/\\_files/ovos/ovos.pdf](http://www.kbvru-fgu.ru/_files/ovos/ovos.pdf).
3. Тхагапso Ф.А., Жирма В.В. К исследованию цикла водных ресурсов в орошаемом земледелии Краснодарского края// Мелиорация и водное хозяйство. — № 3, — 2009. — С. 19—22.



## 6.2. ГЕОЭКОЛОГИЯ

### **ИНТЕГРАЦИОННЫЙ МИНЕРАЛЬНО-МАТРИЧНЫЙ МЕТОД ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**

*Жабриков Станислав Юрьевич*

*главный инженер проекта  
Научно-технического центра «Технологии XXI века»,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [zhabrikov@nw-tech.ru](mailto:zhabrikov@nw-tech.ru)*

### **INTEGRATION MINERAL MATRIX METHOD ECOLOGICAL NEUTRALIZATION OF WASTE DRILLING AND PRODUCTION EQUIPMENT FOR ITS REALIZATION**

*Stanislav Zhabrikov*

*chief project engineer  
of the Scientific-technical center "Technologies of XXI century",  
Russia, Saint-Petersburg*

#### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрены широко применяемые на территории Российской Федерации методы утилизации отходов бурения и технологическое оборудование, реализующее их. Освещены преимущества интеграционной минерально-матричной технологии (ИММ-технологии) перед другими химическими методами переработки и утилизации отходов бурения. Проанализирован состав и технические характеристики мобильной установки экологической нейтрализации отходов бурения СУПО-1М, как оборудования, способного в полной мере и с максимальной эффективностью реализовать принципы ИММ-технологии.

#### **ABSTRACT**

In the article widely used on the territory of the Russian Federation methods of drilling waste disposal and processing equipment implements them. Covered the advantages of the integration mineral matrix technology (IMM-technology) from other chemical methods of processing and disposal

of drilling wastes. Analyzed the composition and technical characteristics of mobile installation ecological neutralization of drilling wastes, SUPO-1M, as equipment that can fully and with maximum effectiveness in implementing the principles of IMM-technology.

**Ключевые слова:** интеграционная минерально-матричная технология; грунт укрепленный техногенный; мобильная установка СУПО-1М; переработка отходов бурения.

**Keywords:** integration mineral-matrix technology; soil fortified technological; mobile installation SUPO-1M; processing drilling waste.

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения негативное воздействие на атмо-, гидро- и литосферу сопутствующих процессу бурения и нефтедобычи отходов, которыми прежде всего являются загрязненные нефтепродуктами грунты, буровые сточные воды (БСВ), буровые шламы (БШ) и отработанные буровые растворы (ОБР). Содержащиеся в них тяжелые металлы и органические загрязнители, мигрируя в окружающую среду, способны не только оказать острое токсическое воздействие, но и вызвать нарушения экологического равновесия биотопов при их взаимодействии с абиотической средой, в то время как естественное самоочищение природной среды в основных регионах нефтедобычи на территории Сибири и Крайнего Севера происходит крайне медленно.

Учитывая это, представители экологического сообщества усиливают давление как на предприятия и организации, занимающиеся непосредственно нефтедобычей, так и на законодательные органы и профильные министерства, вследствие чего, наблюдается тенденция к поиску и внедрению эффективных технологий, а также к последовательному и планомерному ужесточению нормативно-правовых актов в области природопользования Российской Федерации.

В связи с постоянным наращиванием поисково-разведывательных и эксплуатационных буровых работ, вопросу утилизации отходов нефтедобычи уделяется значительное внимание, а поиск экологически эффективных методов переработки отходов бурения и экономически обоснованных (рентабельных) технологических линий и оборудования, способных их реализовать, становится приоритетной задачей для всех участников рынка добычи углеводородов.

Можно выделить ряд получивших наиболее широкое применение на территории нефтедобывающих регионов России методов и технологического оборудования предназначенных для переработки отходов бурения:

#### Физические методы:

- централизованный комплекс и мобильная установка от компании “Mi-SWACO” (Великобритания), предназначенные для закачки бурового шлама в пласт. На территории РФ применяется в СП «Сахалин-2», ОАО «Роснефть»;
- различные способы и методики гравитационной сепарации и размещение буровых отходов в шламовых амбарах.

Данные методы нельзя назвать способами утилизации в полном смысле этого слова, так как в лучшем случае они способны лишь разделить жидкую и твердую фракции отходов с последующим выделением углеводородных составляющих. Чаще же всего, они являются лишь возможностью переложить ответственность за решение экологических проблем на плечи последующих поколений.

#### Термические методы:

- термодесорбционная модульная установка ТДУ-3 (TDU-3) компании Holoflete (Германия), предназначенная для переработки твердых шламовых осадков, образованных в процессе работ на центрифугах, фильтр-прессах, а также нефтешлама, образовавшегося в результате бурения;
- сушильно-обжиговые барабаны от компании ООО «Промышленные технологии» (Россия), предназначенные для термической утилизации бурового шлама. Используется ООО «РН-Юганскнефтегаз», м/р Приобское;

При реализации данных методов происходит сгорание углеводородной и стеклование минеральной составляющих экотоксикантов. На осуществление этого процесса затрачивается большое количество тепловой энергии, а также выбрасывается в атмосферу значительные объемы продуктов сгорания, большая часть из которых является токсичными.

#### Химические методы:

- стационарная установка переработки бурового шлама ООО ««Научно-исследовательский институт экологии и рационального использования природных ресурсов», г. Тюмень (Россия). Применяется в ТПП «Урайнефтегаз», на м/р «Каменное»;
- мобильная установка переработки бурового шлама компании ООО «Нефтегазмаш-Технологии» г. Краснодар (Россия). Применяется в ОАО НК «Роснефть» (Россия), ТОО «Реал Ракурс» (Казахстан), АФ ООО «ЗапКазплюсХолдинг» (Казахстан), ТОО «Атырау» (Казахстан);

#### Химреагентные методы:

- установка переработки бурового шлама УС-3 компании ООО «Уралэнергопром», г. Уфа (Россия);

- установка переработки бурового шлама «Крот» компании ООО «Сан-Эко», г. Уфа (Россия);
- мобильная установка переработки бурового шлама УБШ-1,5 от компании ООО «Геомодуль» г. Москва (Россия). Установка проходит испытания в ОАО «Славнефть», г. Мегйон и на Ямале.

Данный комплекс методов можно назвать одним из перспективных направлений переработки отходов бурения. Все вышеперечисленные образцы оборудования, по сути, являются смесительными установками и обеспечивают введение в отход необходимых сорбентов и нейтрализующих агентов, их тщательное перемешивание и, за счет протекания химических реакций, поглощение либо связывание экотоксикантов, что в конечном итоге, снижает их миграционную способность.

Однако наиболее широкое распространение из всех химических методов утилизации получил способ так называемой «буролитовой» смеси. Такой «популярности» он обязан, в первую очередь, простоте своей реализации, которая достигается либо за счет применения набора простейшего смесительного оборудования, либо за счет внесения компонентов в отход и его перемешивания с помощью общестроительной техники (экскаватора) непосредственно в шламовом амбаре.

Существует множество рецептов приготовления буролитовых смесей, однако их прототипом служит строительная смесь «Буролит» [10]. Суть данного метода заключается во внесении в буровой отход вяжущих веществ, минерального наполнителя и пенопласта. Одну из вариаций буролитовой смеси реализует компания ООО «СЕВЕРЭКОСЕРВИС» (г. Нижневартовск, Россия) в проекте «Рекультивация нарушенных земель, занятых под шламовые амбары и других площадных объектов для нефтегазовых месторождений ХМАО-Югры с применением буролитовой смеси» [8]. В соответствии с техническими условиями данной организации (ТУ-5710-001-90898453-2011 от 17.11.2011 г) предусматривается внесение в буровой шлам цемента марки М 400 (10—20 % от веса бурового шлама), песка (10—20 % от объема бурового шлама) и карбомидного пеноизола (10—25 % от объема бурового шлама).

Несколько вариантов рецептов предлагает Тюменский государственный нефтегазовый университет (г. Тюмень, Россия). В них предполагается либо смешивание бурового шлама только с измельченным карбомидным пенопластом [13], либо добавление в отход, наряду с последним, песка, цементных вяжущих (портланд цемент, золы, известь молотая негашеная, стекло натриевое жидкое,

сода кальцинированная, гипс строительный), сорбентов (пеноизол, торф, пропант термообезвреженный, сорболит) и др. [5].

Еще один вариант предлагает ООО «Научно-производственное предприятие «Союзгазтехнология» (г. Тюмень, Россия). Для его осуществления необходимо произвести смешивание бурового шлама с минеральными добавками (суглинок, песок, песчано-глинистую фракцию), ускорителями (хлористый кальций и/или натрий), осушителями (один из: торф, минеральная вата, шлаковата, волокна целлюлозы, силикагель, пеноизол), отвердителями (цемент и/или битум) и, дополнительно, с карбоксиметилцеллюлозой — КМЦ и/или поливинилацетатом — ПВА [1].

Для реализации процесса капсулизации экотоксикантов, т. е. в качестве основного нейтрализующего агента, препятствующего миграции загрязнителей, во всех рецептах буролитовой смеси используется карбамидоформальдегидный пенопласт. Производимый в соответствии с ГОСТ 16381-77 он относится к органическим ячеистым карбамидным пенопластам и изготавливается беспрессовым способом и без термической обработки из пенообразующего состава, включающего полимерную смолу, пенообразователь, воду и специальные модификаторы. Другими словами, карбамидные пенопласты изготавливаются в процессе вспенивания карбамидоформальдегидной смолы. Кроме того, что материал сам по себе является токсичным, он имеет ограниченный срок службы, составляющей, в зависимости от типа, от 20 до 50 лет, по истечении которого происходит его неконтролируемое разрушение с выделением поглощенных загрязняющих веществ в окружающую среду.

Незначительное содержание вяжущих веществ, характерное для данных методов, влечет за собой формирование малопрочной структуры, которая, в свою очередь, подвержена выщелачиванию, карбонизации и стремительной деградации под воздействием грунтовых и дождевых вод. В виду чего из получаемого материала будет наблюдаться постоянная диффузия экотоксикантов в окружающую среду. Это подтверждается результатами исследования буролитовой смеси на растениях, в ходе которых наблюдалось замедление большинства морфометрических показателей (высота растений, длина вегетативных органов), а также торможение роста и развития органов и тканей растений [2]. Данные исследования показали токсичность буролитовой смеси для растений, произрастающих на ней.

Кроме того, как и для всех химрегентных методов, для полноценного функционирования буролитовой смеси основопола-

гающим принципом является высокое качество смешивание и гомогенность смеси. Ввиду этого, вызывает сомнения тот факт, что описанная технология перемешивания компонентов, а именно: «Перемешивание бурового шлама и капсулизирующих компонентов до получения гомогенной, быстро густеющей массы производят с помощью экскаватора “Hitachi” за счет движения ковша экскаватора в продольном и поперечном направлениях. При этом тщательно размалываются сгустки бурового шлама и сгустки цемента» [10], способна достичь необходимых параметров смеси, тем более в случае реализации метода в сложных климатических и природных условиях нефтедобывающих регионов нашей страны.

Таким образом, все известные в настоящее время многочисленные рецепты «буролитовых» смесей, рекомендуемых к применению в различных вариантах реагентных технологий, способны реализовать только способ механической капсулизации (инкапсуляции) экотоксикантов, в результате чего, применение данного блока технологий не способно комплексно решить поставленные экологические задачи, в лучшем случае, позволив переложить эти проблемы на плечи последующих поколений.

Одним из наиболее перспективных методов утилизации можно считать метод экобетонирования, сущность которого заключается в смешивании токсичных отходов, после их нейтрализации, с вяжущими веществами, такими как цемент, известь и диоксид кремния, обеспечивающих отверждение получаемой смеси. При этом экотоксиканты оказываются связанными с твердой фракцией, что препятствует их выщелачиванию и миграции в окружающую среду. Основными недостатками данного метода являются большой расход вяжущих веществ и значительный расход реагентов, необходимых для нейтрализации токсичных отходов. Так же немаловажным минусом является ограниченный срок службы получаемого материала, который, по сравнению с продолжительностью течения природных экологических процессов, очень мал.

Разработанная и запатентованная основателями группы компаний ООО «НТЦ» Технологии XXI века» (г. Санкт-Петербург, Россия) Кнатько М.В., Кнатько В.М. и Гончаровым А.В. интеграционная минерально-матричная технология обезвреживания токсичных отходов выгодно отличается от рассмотренных ранее методов тем, что при ее реализации используется химическая активность токсичных веществ. Данные вещества участвуют в процессах синтеза новообразований, обладающих вяжущими свойствами, и в результате этого они становятся компонентами новой структуры формирую-

щегося композиционного материала. При этом в их состав вовлекаются всевозможные (органические и неорганические) химически активные экотоксиканты. Наиболее активные химические соединения, такие как комплексы тяжелых металлов, становятся центрами формирования новой равновесной структуры [6].

То есть, физико-химическая сущность экологической нейтрализации отходов заключается в воспроизведении природных процессов минералообразования, проще говоря, камня, но занимающих значительно меньшее количество времени. При этом в отличие от экобетонирования, экотоксиканты не связываются, а сами встраиваются в структуру нового образования, благодаря чему их миграционная способность максимально снижается.

В качестве вносимых в отход компонентов по данной технологии выступают вяжущие вещества (цемент марки М-400, М-600), песок, суглинок (легкий песчанистый или легкий пылеватый) и модифицирующая комплексобразующая добавка (МКД), представляющая собой микрочастицы алюмосиликатных минералов, модифицированных ионами щелочноземельных металлов [7]. Соотношение компонентов смеси варьируется в зависимости от желаемых характеристик конечного материала и представлено в таблице 1 [4].

**Таблица 1.**

**Соотношение вносимых компонентов при реализации ИММ-технологии**

Соотношения сухая смесь: отходы, весовые %	Отходы, весовые %			Сухая смесь, весовые % к смеси отходов		Дополнительные материалы (на 100 % смеси отходов с сухой смесью), весовые %
	БШ	ОБР	БСВ	Цемент	МКД	
100:100	100	0	0	8—20	8—20	—
100:110	100	5	5	10—22	10—22	—
100:120	100	10	10	10—25	10—25	10—15
100:130	100	15	15	12—25	12—25	15—25
100:140	100	20	20	13—28	13—28	18—30
100:180	100	40	40	15—30	15—30	20—40

С момента своего изобретения ИММ-технология была внедрена на ряде опытных и промышленных объектов на территории РФ, таких как: Скв. № 112 Тэдинска; ЗАО «Севергеолдобыча»; Куст скважин К-1 Тэдинского месторождения ООО «БОВЭЛ»; ОАО «Архангельскгео-

добыча»; ОАО «Лукойл-Калининградморнефть»; ОАО «НК Роснефть-Пурнефтегаз»; ГУП «Водоканал».

За 15-летнюю историю эксплуатации технологического оборудования, позволяющего реализовать ИММ-технологии, было выявлено огромное количество как существенных, так и эргономических недостатков. Результатом проведенной работы над ошибками, в том числе учитывающей пожелания эксплуатирующих организаций, стала мобильная установка СУПО-1М, предназначенная для обезвреживания бурового шлама, отработанного бурового раствора и буровых сточных вод. При этом утилизация отходов может производиться совместно (все три вида отхода), по отдельности (один какой-либо отход) и комбинированно (два каких-либо отхода).

Установка изготавливается и поставляется компанией ООО «НТЦ «Технологии XXI века» (г. Санкт-Петербург, Россия), является блочно-модульной, состоит из четырех компоновочных узлов-блоков, имеющих габариты стандартных 20/40 футовых морских контейнеров. Подобное конструктивное решение позволило минимизировать логистические издержки, сократить временные затраты на проведение монтажных и пуско-наладочных работ, оптимизировать процесс передислокации установки на новый участок эксплуатации. Блоки установки доставляются к месту размещения, полностью готовыми к использованию, со вмонтированным в них технологическим оборудованием.

В зависимости от характера и условий решаемых задач, установка может быть изготовлена в различных климатических исполнениях, а в случае необходимости — доукомплектована специальным (вспомогательным) оборудованием.

С целью создания условий растарки МКД без применения дополнительных модулей, в установке предусмотрена возможность вскрытия мягкой полипропиленовой упаковки непосредственно в бункерах хранения сыпучих компонентов, оснащенных так же системами пылеудаления и «воздушной завесы». Данное технологическое решение обеспечивает легкость и простоту процесса загрузки МКД, и сводит к минимуму вероятность попадания комплексобразователя на открытые участки кожи, а отсутствие взвешенных частиц в воздушном пространстве рабочей зоны препятствует проникновению порошка в слизистую оболочку и дыхательные пути обслуживающего персонала.

Установка оборудована контрольно-измерительными приборами и оснащена современными системами автоматизации, в том числе предусмотрен режим дистанционного контроля параметров и управление



работой установки посредством выносного (за пределы 5-ти метровой зоны) пульта управления.

К технологическим особенностям процесса, реализуемого на данной установке, можно отнести:

- Обезвреживание отходов бурения предусматривает комплексную утилизацию бурового шлама, отработанного бурового раствора и буровых сточных вод;

- Утилизация отходов бурения обеспечивает их обезвреживание (экологическую нейтрализацию) и перевод в твердое состояние;

- Конечный продукт переработки представляет грунт укрепленный техногенный (ГУТ), в соответствии с ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства».

- Конечный продукт обладает конкретными, прогнозируемыми физико-механическими характеристиками и пригоден к использованию при отсыпке дорог, обваловке, рекультивации временных шламовых накопителей и устройства гидроизоляционных конструктивных слоев, расположенных на промплощадке буровой установки.

- Конечный продукт по токсичности классифицируется по ГОСТ 12.1.007-76 как «малоопасный, не обладающий общим токсическим действием на организм теплокровных и гидробионтов», а по экологическим, контролируется в соответствии с МУ 2.1.674-97 «Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промышленных отходов».

На технологический комплекс был получен сертификат соответствия техническому регламенту о безопасности машин и оборудования (Постановление Правительства РФ от 15.09.2009 № 753 с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 24.03.2011 № 205).

Также получена декларация о соответствии оборудования требованиям следующих технических регламентов Таможенного союза:

- «О безопасности машин и оборудования» ТР ТС 010/20011, утвержденного Решением Комиссии Таможенного союза 18.10.20011 г. № 823

- «О безопасности низковольтного оборудования» ТР ТС 004/20011, утвержденного Решением Комиссии Таможенного Союза от 16.08.20011 г. № 768":

- «Электромагнитная совместимость технических средств» ТР ТС 020/20011, утвержденного Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.20011 г. № 879.

Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека выдано экспертное заключение [11, 12] о соответствии технологического регламента «Переработка отходов бурения (буровой шлам, буровой раствор и буровые сточные воды) в грунт укрепленный техногенный» действующим санитарным нормам и правилам РФ и экспертное заключение о соответствии технических условий «Грунт укрепленный техногенный (ГУТ)», производимый с использованием отходов бурения, действующим санитарным нормам и правилам РФ. Указанные ТУ и ТР [3, 9] были разработаны с учетом реализации ИММ-технологии на установке СУПО-1М.

Основные технические характеристики установки приведены в таблице 2.

Принцип работы установки состоит из следующих операций (рисунок 1):

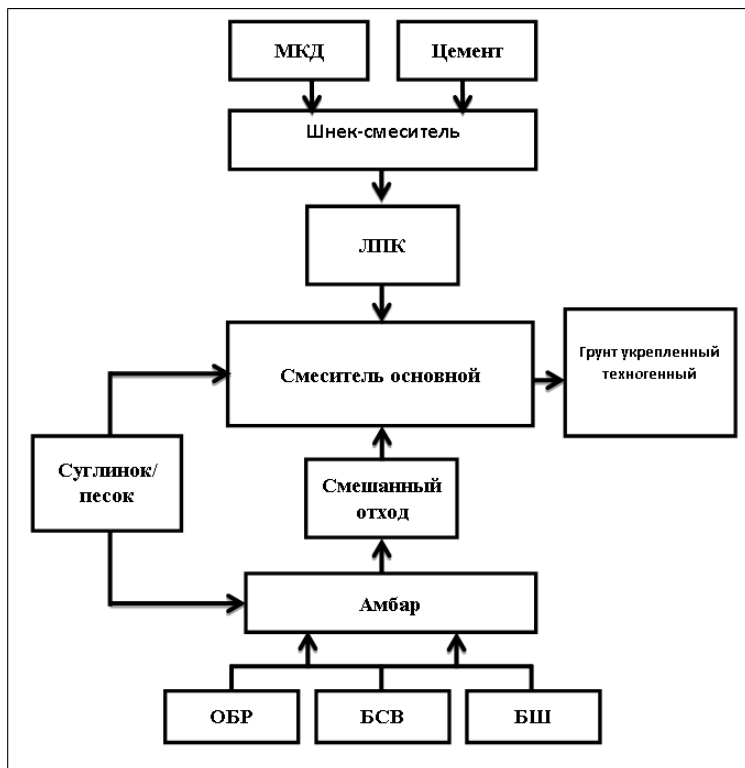
I. Все три отхода БШ, ОБР и БСВ подаются к установке СУПО-1М и складированы в один амбар, где смешиваются и усредняются. При этом суммированный отход (в дальнейшем БО) имеет среднюю плотность 1,5 кг/дм<sup>3</sup> и представляет собой жидкую вязкопластичную массу с высоким влагосодержанием (до 70 % и более).

II. Буровой суммарный отход БО экскаватором подается в загрузочную воронку с периодичностью 4,5 мин., ритм загрузки задает сигнальная лампа. Загрузочная воронка изготовлена с обогреваемыми стенками. Из воронки отход с помощью питателя шнекового дозированно подается в смеситель основной.

**Таблица 2.**

**Основные технические характеристики установки СУПО-1М**

<b>№</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Значение/перечень</b>
1	Оборудование	
1.1	Максимальная производительность по отходу	7,5 т/час
1.2	Максимальная производительность по ГУТ	9,8 т/час
1.3	Климатическое исполнение	УХЛ 1
1.4	Габаритные размеры (L x B x H)	11 м. x 8,2 м. x 5,2 м.
1.5	Гарантийный срок службы	1 год
1.6	Максимальный срок службы	10 лет
2	Инженерная инфраструктура	
2.1	Электроснабжение	3 класс; 50 Гц; 380 В;
2.2	Водоснабжение	техническое
3	Потребляемые ресурсы	
3.1	МКД	1,5 т/час
3.2	Цемент высокомарочный М400-500	1,0 т/час
3.3	Песок	до 4—5 т./час
3.4	Суглинок	до 0,5 т./час
3.5	Электроэнергия	35 кВт*час
3.6	Вода	1,5 м <sup>3</sup> /сут.
4	Штат обслуживающего персонала	
4.2	Оператор СУПО-1М	2
4.4	Электрик	1
4.7	Подсобный рабочий	1
5	Дополнительные требования	
5.1	Требования к размещению	Открытая площадка
5.2	Необходимость дополнительных площадей	Амбар для усреднения отхода



**Рисунок 1. Блок-схема работы мобильной установки переработки отходов бурения СУПО-1М**

III. Сухие компоненты (цемент и МКД) подаются в расходные бункера, где с помощью специально установленных ножей происходит вскрытие мягкой упаковки и высыпание ее содержимого.

IV. С помощью шнеков-дозаторов каждый из двух компонентов дозированно подается в суммирующий шнек, где происходит их предварительное перемешивание в процессе транспортировки в смеситель основной. Полученная сухая смесь носит название литифицирующий порошковый комплексообразователь (ЛПК).

V. После загрузки суммарного отхода и ЛПК в заданных пропорциях в смеситель, происходит перемешивание массы до полной гомогенизации состава в течении 15—20 минут.

VI. Затем готовый продукт выгружается при помощи питателя шнекового.

Все вышеописанное выгодно отличает рассмотренную мобильную установку СУПО-1М от применяемых сегодня технологических комплексов и позволяет использовать ее непосредственно на буровых площадках с обеспечением условий безамбарного способа бурения и с реализацией принципа «нулевого сброса». Также становится целесообразным ее использование при рекультивации шламовых амбаров, причем как вновь образованных, так и уже накопленных за предшествующие годы, а также на территориях с ограниченной транспортной доступностью, в так называемых полевых условиях, где затруднено или экономически неоправданно создание специальных площадок для размещения оборудования. Получаемый же в процессе эксплуатации установки строительный материал экологически безопасен и обладает конкретными физико-механическими характеристиками, что способствует повышению экономической эффективности от использования данного оборудования.

### Список литературы:

1. Аксютин О.Е., Гафаров Н.А., Меньшиков С.Н., Облеков Г.И., Уткина Н.Н.. Патент № 2399440 (Российская Федерация). Смесь для получения строительного материала.//2009.
2. Антропов А.А., Петухова Г.А. Оценка влияния буролитовой смеси на растения // Успехи современного естествознания. — 2007. — № 2 — стр. 36—36 [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7777858](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7777858) (дата обращения: 12.08.2014).
3. Грунт укрепленный техногенный (ГУТ) производимый с использованием буровых шламов, отработанных буровых растворов и буровых сточных вод. Технические условия ТУ 5745-005-58330067-2013// ООО «НТЦ» Технологии XXI века»// 2013.
4. Грунт укрепленный техногенный, производимый с использованием буровых шламов, отработанных буровых растворов и буровых сточных вод. Рецептúra РЦ 5745-005/4-58330667-2013// ООО «НТЦ» Технологии XXI века»// 2013.
5. Денек Ю.В., Рядинский В.Ю. Патент № 2490224 (Российская Федерация). Смесь для получения строительного материала.//2011.
6. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В., Гончаров А.В., Гончарова Н.В. Патент № 2184095 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации бытовых и промышленных отходов, донных осадков, шламов и нефтезагрязненных грунтов.// 2001.

7. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакова Е.В., Гончаров А.В. Патент № 2199569 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации буровых шламов и нефтезагрязненных грунтов.// 2003.
8. Материалы оценки воздействия на окружающую среду при реализации проекта рекультивация нарушенных земель занятых под шламовые амбары и других площадных объектов для нефтегазовых месторождений ХМАО-Югры с применением буролитовой смеси. Нефтеюганск: 2012. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [econadzor.com/files/images/ovos\\_burolit\\_sm.doc](http://econadzor.com/files/images/ovos_burolit_sm.doc) (дата обращения: 08.08.2014).
9. Переработка отходов бурения (буровой шлам, буровой раствор и буровые сточные воды) в грунт укрепленный техногенный. Технологический регламент ТР-5745-002/2-58330067-2013// ООО «НТЦ» Технологии XXI века// 2013.
10. Пыгалев С.В. Патент № 2303011 (Российская Федерация). Строительный материал "Буролит"//2006.
11. Санитарно-эпидемиологическое заключение № 78.01.06.574.Т.338 от 25.02.2014 г.// ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге»// 2014.
12. Санитарно-эпидемиологическое заключение № 78.01.06-4/221 от 26.02.2014 г.// ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге»//2014.
13. Сивков В.П., Рядинский В.Ю. Патент № 2298567 (Российская Федерация). Способ переработки бурового шлама.//2005.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**Научное издание**

**«ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

Сборник статей по материалам  
XXII международной научно-практической конференции

№ 9 (21)  
Сентябрь 2014 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 09.09.14. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 5. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 15  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3