



ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 13 (72) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Алиева Тарана Ибрагим кызы, *кандидат химических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Данилов Олег Евгеньевич, *кандидат педагогических наук*

Дёмин Александр Викторович, *кандидат биологических наук*

Дядюн Кристина Владимировна, *кандидат юридических наук*

Желнова Кристина Владимировна, *кандидат экономических наук*

Жуйкова Тамара Павловна, *кандидат педагогических наук*

Игнатова Мария Александровна, *кандидат искусствоведения*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Кузьмина Виолетта Михайловна, *кандидат исторических наук, кандидат психологических наук*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Ткаченко Ирина Георгиевна, *кандидат филологических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

*На обложке изображен Александр Ерминингельдович Арбузов (1877–1968) — русский химик-органик, создатель современной экспериментальной органической химии.*

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.**

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**Международный редакционный совет:**

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмуратович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

**Художник:** Евгений Шишков

**Верстка:** Павел Бурьянов

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Бобылева О. В.**  
Математические аспекты  
метода Вагнера-Фишера.....1

### ФИЗИКА

- Данилов О. Е.**  
Демонстрация явления интерференции волн  
от двух точечных источников с помощью  
компьютерной модели ..... 5
- Фролова М. А.**  
Инфографика: новое или хорошо забытое  
старое? ..... 10

### ХИМИЯ

- Арсентьев М. Ю., Калинина М. В., Егорова Т. Л., Шмигель А. В.**  
Композиционные металлоксидные электроды  
для суперконденсаторов  
с водным электролитом.....14
- Исмоилова Х. Д., Бозорова Н. Х.**  
Характеристика сетчатой структуры  
модифицированных сополимеров ..... 17
- Кировская И. А., Нор П. Е.**  
Оптические и электрофизические свойства  
полупроводников системы CdS–CdTe .....22

### ИНФОРМАТИКА

- Данилов О. Е.**  
Дизайн компьютерных приложений  
для визуализации информации об учебных  
компьютерных моделях.....26

- Николаев П. Л.**  
Применение облачных технологий в системах  
умного дома ..... 37

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Бородавкин Д. Г., Сычев А. А., Хромый К. С., Ярмизина А. Ю.**  
Исследование температурных полей в методе  
неразрушающего контроля двухслойных  
полимерно-металлических изделий ..... 40
- Дрянин Р. А., Сехпосян Г. П., Ананьев С. В., Калашников В. И.**  
Влияние содержания микрокремнезема  
на повышение прочности реакционно-  
порошковых бетонов .....44
- Коробков М. А.**  
Алгоритм USA-Root-Rare для задач пеленгования  
источников радиоизлучения однородной  
кольцевой антенной решёткой ..... 47
- Коробков М. А.**  
Корреляционные методы пеленгования  
источников излучения .....55
- Мороз М. Н., Петухов А. В., Калашников В. И.**  
Мелкозернистые бетоны на карбонатно-  
и глиношлаковых вяжущих,  
гидрофобизированных стеаратом цинка .....59
- Нгуен Т. М., Нгуен Х. Х.**  
Экспериментальное определение угловой  
поперечной жёсткости кузова на подвеске  
относительно опорных колёс автомобиля ..... 61
- Нестеренко А. А., Шхалахов Д. С.**  
Сыровяленные колбасы из мяса птицы.....66
- Нестеренко А. А., Шхалахов Д. С.**  
Применение консорциумов микроорганизмов  
для обработки мясного сырья в технологии  
колбасного производства..... 71

**Нестеренко А. А., Шхалахов Д. С.**

Функциональные мясные продукты, получаемые при помощи биомодификации .....76

**Перекопский А. Н., Махмудова Н. С.**

Обоснование вариантов технологии плющения фуражного зерна .....79

МЕДИЦИНА

**Воронцова И. Л., Прокопьев Н. Я.**

Продольные и поперечные размеры грудной клетки как анатомические показатели физического развития мальчиков 8–12 лет г. Тюмень, имеющих нарушения прикуса .....82

**Гальчин Е. С.**

Расстройства спектра аутизма у детей — синдром Аспергера. Клиническое наблюдение .....85

**Плескановская С. А., Тачмухаммедова А. Х.,**

**Овезклычев П. Т., Овезова А. А.**  
О влиянии отвара можжевельника туркменского (*Juniperus turcomanica*) на эритрограмму условно здоровых лиц *in vitro* .....87

**Черных А. А., Кравченко А. Я.**

Прогнозирование риска почечной дисфункции при вариабельности артериального давления (литературный обзор).....94

ВЕТЕРИНАРИЯ

**Остапчук А. Н., Зверев Д. В.**

Антилитогенная терапия. Комплексная диагностика и лечение мочекаменной болезни собак .....100

ГЕОЛОГИЯ

**Ильина Г. Ф., Ильин Н. Н.**

Текущая ситуация в сфере геологоразведочных работ на территории Томской области .....104

ЭКОЛОГИЯ

**Кузнецов А. Л., Будаева В. А.**

Антропогенное влияние человека на водную экосистему Верхней Волги (г. Дубна — п. Белый Городок).....108

**Николаев А. И.**

Исследования лесных насаждений с применением беспилотных дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов (БДПЛА) .....113

**Яргин С. В.**

Ecological damage, climate change and demography .....115

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

**Сеник Я. С., Гоков И. А., Юнин В. А., Зыков А. В.**

Закономерности процесса распределения жидкого консерванта при его внесении в провяленную траву влажностью 25–55% при подборе пресс-подборщиком.....119



# МАТЕМАТИКА

## Математические аспекты метода Вагнера-Фишера

Бобылева Оксана Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент  
Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова (г. Абакан)

*В статье разобрано математическое содержание метода Вагнера-Фишера.*

**Ключевые слова:** нечеткий поиск, математическая логика.

Логика — это фундаментальная основа информатики как науки. Элементы и основы математической логики заложены в логические элементы и логические устройства ЭВМ, в основы алгоритмизации и языки программирования, в процедуры поиска информации в базах данных и в сети Интернет, а также в системах логического программирования, базах знаний и экспертных системах на ЭВМ.

Математическая логика, возникшая почти 100 лет назад в связи с внутренними потребностями математики, нашла применение в теоретическом (и практическом) программировании. Математическая логика занимается построением формальных языков, предназначенных для представления таких фундаментальных понятий, как функция, отношение, аксиома, доказательство, и изучением основанных на этих языках логических и логико-математических исчислений. Именно в недрах математической логики были найдены математически точные понятия алгоритма и вычислимой функции, развита семантика формальных языков и теорий, построены системы логического вывода — и все это, заметим, было сделано в 30–40-х годах, т. е. еще в «докомпьютерную эру». Программирование также имеет дело с формальными языками — языками программирования, являющимися средствами общения человека и компьютера. В своем стремлении сделать эти средства удобными и естественными для человека вычислительная наука не могла пройти мимо тех языков описания, которые были созданы в рамках математической логики с учетом многовекового математического опыта. С другой стороны, языки высокого уровня нуждаются в детально проработанной семантике, которая выходит на первый план при написании трансляторов. И здесь идеи и аппарат математической логики, уже занимавшейся проблемами семантики, оказались весьма кстати. Поначалу для формализации смысла программ использовалось известное логикам еще с 30-х годов бестиповое лямбда-исчисление А. Чёрча, а затем абстрактным базисом денотационной семантики стала мощная и элегантная теория областей, развитая Д. Скоттом. Важное значение приобретает теория логического вывода, причем не только в задачах искусственного интеллекта, но и как средство рассуждения о программах и доказательства их свойств (скажем, правильности относительно спецификации) или, наоборот, как метод построения правильных программ (например, путем их извлечения из конструктивных доказательств) [1].

Наиболее часто встречающимся в программировании действием является поиск. Методы поиска могут быть классифицированы различными способами. В большинстве случаев под поиском понимают задачу выборки, в которой требуется найти элемент, удовлетворяющий некоторым условиям [2]. Однако возникают ситуации, когда поиск представляет собой нахождение объектов, похожих, в определенном смысле, на заданный объект. В таких случаях принято говорить об использовании алгоритмов нечеткого поиска [3]. Алгоритмы нечеткого поиска являются основой систем проверки орфографии полноценных поисковых систем вроде Google или Yandex.

Существуют различные подходы к реализации нечеткого поиска в реляционных базах данных. Одним из подходов является использование нечеткого текстового поиска: искомый объект и запись таблицы базы данных преобразуются в строки путем слияния атрибутов, затем с помощью алгоритмов нечеткого поиска строк вычисляется степень их схожести [3]. Алгоритмы нечеткого поиска характеризуются *метрикой* — функцией расстояния между двумя словами, позволяющей оценить степень их сходства в данном контексте. В данном подходе под поиском по сходству подразумевается отыскание всех слов, для которых метрика до поискового шаблона не превышает заданную величину.

ОПР. 1 [4]. Пусть  $X$  произвольное непустое множество. Говорят, что на  $X$  задана метрика (расстояние), если для каждой пары элементов  $x, y \in X$  поставлено в соответствие единственное неотрицательное число  $\rho(x, y)$ , удовлетворяющее следующим трем условиям:

- 1)  $\rho(x, y) = 0$  тогда и только тогда, когда  $x = y$  (аксиома тождества);
- 2)  $\rho(x, y) = \rho(y, x)$  для  $\forall x, y \in X$  (аксиома симметрии);
- 3)  $\rho(x, y) + \rho(y, z) \geq \rho(x, z) \forall x, y, z \in X$  (аксиома треугольника).

Строгое математическое определение метрики включает в себя необходимость соответствия условию неравенства треугольника. Между тем, в программировании под метрикой подразумевается более общее понятие, не требующее выполнения такого условия.

Таким образом, задачу нечеткого поиска можно сформулировать так: «По заданному слову найти в тексте или слове размера  $n$  все слова, совпадающие с этим словом (или начинающиеся с этого слова) с учетом  $k$  возможных различий».

Нечеткий поиск является крайне полезной функцией любой поисковой системы. Вместе с тем, его эффективная реализация намного сложнее, чем реализация простого поиска по точному совпадению [5].

В числе наиболее известных метрик — расстояния Хемминга, Левенштейна и Дамерау-Левенштейна.

ОПР. 2. Расстояние Хэмминга — число позиций, в которых соответствующие символы двух слов одинаковой длины различны [6].

В более общем случае расстояние Хэмминга применяется для строк одинаковой длины любых  $q$ -ичных алфавитов и служит метрикой различия объектов одинаковой размерности. Т. е., расстояние Хемминга является метрикой только на множестве слов одинаковой длины, что сильно ограничивает область его применения.

Наиболее популярная из существующих метрик — это функция Левенштейна-Дамерау.

ОПР. 3. Расстояние Левенштейна равно минимальному числу элементарных операций редактирования, необходимых для преобразования одной строки в другую, в том числе операции замены, вставки и удаления одного символа [7]. В модификации расстояния редактирования, предложенной Дамерау, в множество элементарных операций включены транспозиции символов.

На базе метрики Левенштейна — Дамерау построено большое число поисковых алгоритмов, в т. ч.: сигнатурные алгоритмы, алгоритмы  $n$ -граммной индексации, строковые trie-деревья, алгоритмы расширения выборки и последовательного перебора [8].

Введем следующие обозначения.

Строка  $x$  длины  $|x| = m$  записывается как  $x_1x_2...x_m$ , где  $x_i$  представляет  $i$ -й символ  $x$ .

Подстрока  $x_i x_{i+1} ... x_j$  строки  $x$ , где  $i \leq j \leq m$ , будет обозначаться  $x(i, j)$ .

Цену преобразования символа  $a$  в символ  $b$  обозначим через  $w(a, b)$ . Таким образом,  $w(a, b)$  — это цена замены одного символа на другой, когда  $a \neq b$ ,  $w(a, \varepsilon)$  — цена удаления  $a$ , а  $w(\varepsilon, b)$  — цена вставки  $b$ .

Используя введенные обозначения, можно переформулировать определение расстояния Левенштейна:

ОПР. 4. Расстояние  $d$  является расстоянием Левенштейна, когда выполнены следующие условия:

$$w(a, \varepsilon) = 1, w(\varepsilon, b) = 1, w(a, b) = 1, \text{ если } a \neq b, w(a, b) = 0, \text{ если } a = b$$

Рассмотрим наиболее популярный алгоритм расчет — метод Вагнера-Фишера.

В методе динамического программирования последовательно, по предыдущим значениям, вычисляются расстояния между все более и более длинными префиксами (начало строки) двух строк до получения окончательного результата (т. е. используются рекуррентные соотношения). Опишем этот процесс более подробно.

Пусть  $d_{i,j}$  есть расстояние между префиксами строк  $x$  и  $y$ , длины которых равны, соответственно,  $i$  и  $j$ , то есть

$$d_{i,j} = d(x(1,i), y(1,j))$$

**Теорема 1.** Расстояние между префиксами строк  $x$  и  $y$ , длины которых равны, соответственно,  $i$  и  $j$  вычисляются с помощью следующего рекуррентного соотношения:

$$d_{i,j} = \min\{d_{i-1,j} + w(x_i, \varepsilon), d_{i,j-1} + w(\varepsilon, y_j), d_{i-1,j-1} + w(x_i, y_j)\}$$

**Доказательство:** Предположим, что известна цена преобразования  $x(1, i-1)$  в  $y(1, j)$ , тогда цену преобразования  $x(1, i)$  в  $y(1, j)$  получим, добавив к ней цену удаления  $x_i$ . Аналогично, цену преобразования  $x(1, i)$  в  $y(1, j)$  можно получить, прибавив цену вставки  $y_j$  к цене преобразования  $x(1, i)$  в  $y(1, j-1)$ . Наконец, зная цену преобразования  $x(1, i-1)$  в  $y(1, j-1)$ , цену преобразования  $x(1, i)$  в  $y(1, j)$  получим, прибавив к ней цену замены  $x_i$  на  $y_j$ . Из определения  $d_{i,j}$  среди трех получившихся значений выбираем минимальное.

Процесс вычислений значений  $d_{i,j}$  удобно записывать с помощью матрицы размерности  $(m+1) \times (n+1)$ . Перед тем, как начать вычислять  $d_{i,j}$ , надо установить граничные значения  $m$  и  $n$ . Что касается первого столбца матрицы, то значение  $d_{i,0}$  равно сумме цен удаления первых  $i$  символов  $x$ . Аналогично, значения  $d_{0,j}$  первой строки задаются суммой цен вставки первых  $j$  символов  $y$ . Итак, имеем формулы (1):

$$d_{0,0} = 0;$$

$$d_{i,0} = \sum_{k=1}^i w(x_k, \varepsilon) \text{ для } 1 < i < m;$$

$$d_{i,j} = \min\{d_{i-1,j} + w(x_i, \varepsilon), d_{i,j-1} + w(\varepsilon, y_j), d_{i-1,j-1} + w(x_i, y_j)\}.$$

Для расстояния Левенштейна формулы (1) примут вид (2)

$$d_{0,0} = 0;$$

$$d_{i,0} = i \text{ для } 1 < i < m;$$

$$d_{0,j} = j \text{ для } 1 < j < n;$$

$$d_{i,j} = \min\{d_{i-1,j} + 1, d_{i,j-1} + 1, d_{i-1,j-1} + w(x_i, y_j)\}, \text{ причем}$$

$$w(x_i, y_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i \neq y_j \\ 0, & \text{если } x_i = y_j \end{cases}$$

**Замечание.** Процесс вычислений удобно выполнять в таблице, в которой к искомой матрице добавляем две строки (номер  $i$ , само слово) и, аналогично два столбца.

Последовательность операций редактирования для преобразования  $x$  в  $y$  можно получить с помощью теории графов. След из  $x$  в  $y$  можно описать как соединение символов строки  $x$  с символами помещенной под ней строки  $y$  ребрами, причем каждый из символов соприкасается не больше чем с одним ребром, и никакие два ребра не пересекаются. Представляя ребро из  $x_i$  в  $y_j$  как упорядоченной парой целых чисел  $(i, j)$ , след из  $x$  в  $y$  можно формально определить как множество упорядоченных пар, удовлетворяющих следующим условиям:  $1 < i < m, 1 < j < n$ ; для разных ребер  $(i_1, j_1), (i_2, j_2) i_1 \neq i_2$  и  $j_1 \neq j_2, i_1 < i_2 \Leftrightarrow j_1 < j_2$ .

Последовательность операций редактирования можно получить из следа следующим образом. Все не касающиеся ребер символы  $x$  надо удалить, а аналогичные символы  $y$  вставить. Для каждого ребра  $(i, j)$  в следе,  $x_i$  заменить на  $y_j$ , если  $x_i \neq y_j$ , если же  $x_i = y_j$ , то редактирование не требуется.

**Пример.** Вычислить расстояние Левенштейна между строками «логика» и «ложка». Записать последовательность операций редактирования.

Решение.

	$j$	0	1	2	3	4	5	6
$i$			л	о	г	и	к	а
0		0	1	2	3	4	5	6
1	л	1	0	1	2	3	4	5
2	о	2	1	0	1	2	3	4
3	ж	3	2	1	1	2	3	4
4	к	4	3	2	2	2	2	3
5	а	5	4	3	3	3	3	2

1. Заполняем первую строку и первый столбец.

2. Найдем элемент матрицы  $a_{22}$ . В этом случае  $i = 1$  и  $j = 1, d_{0,0} = 0, d_{0,1} = d_{1,0} = 1$ , (шаг 1),

$x_1 = y_1 = л \Rightarrow w(x_1, y_1) = 0$ , получаем

3.  $d_{1,1} = \min\{1 + 1, 1 + 1, 0 + 0\} = 0$ .

4. Найдем элемент матрицы  $a_{23}$ . В этом случае  $i = 1$  и  $j = 2$ ,

5.  $d_{0,1} = 1, d_{0,2} = 1$  (шаг 1),  $d_{1,1} = 0$  (шаг 2),

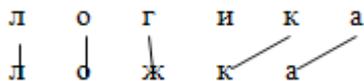
6.  $x_1 = y_2 \Rightarrow w(x_1, y_2) = 1$ , получаем

7.  $d_{1,1} = \min\{0 + 1, 2 + 1, 1 + 1\} = 1$ .

Аналогично вычисляем все оставшиеся элементы матрицы.

Получаем, что расстояние Левенштейна есть  $d_{5,6} = 2$ , т. е. минимальное число элементарных операций редактирования, необходимых для преобразования строки «логика» в строку «ложка» равно двум.

Запишем последовательность операций редактирования.



Из матрицы и графа видно, что символы 1-«л», 2-«о», 5-«к», 6-«а» — остаются; символ 3-«г» меняется на «ж» (первая операция); символ 4-«и» удаляется (вторая операция).

В статье излагается метод вычисления редакционного расстояния при использовании небольшого объема памяти, без существенной потери скорости. Данный подход может быть применен для больших строк (порядка  $10^5$  символов, т. е. фактически для текстов) при получении не только оценки «схожести», но и последовательности изменений для перевода одной строки в другую. Возможно, использование математического аппарата позволит улучшить данный метод и расширить область его применения.

#### Литература:

1. Математическая логика в программировании: Сб. статей 1980–1988 гг.: Пер. с англ. — М.: Мир, 1991. — 408 с.
2. Макконнелл Дж. Основы современных алгоритмов. — М.: Техносфера, 2004.
3. Сонькин, М. А., Лещик Ю. В. Применение алгоритмов нечеткого поиска в системах мониторинга лесопожарной обстановки // Известия Томского политехнического университета. — 2012. — №5, Т. 321. — с. 98–101.
4. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа/А. Н. Колмогоров, С.В. Фомин. — М.: Наука, 1981.
5. <http://habrahabr.ru/post/114997/>(дата обращения: 18.04.2014).
6. M. Minsky and S. Papert. Perceptrons. MIT Press, Cambridge, MA, 1969.
7. В. И. Левенштейн. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов // Доклады Академии Наук СССР. — 1965. — С. 845–848.
8. Бойцов, Л. М. Классификация и экспериментальное исследование современных алгоритмов нечеткого словарного поиска [текст] // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: RCDL2004: тр. 6-й Всеросс. науч. конф. URL: <http://www.rcdl.ru/papers/2004/paper27.pdf> (дата обращения: 24.04.2014).

## ФИЗИКА

### Демонстрация явления интерференции волн от двух точечных источников с помощью компьютерной модели

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук, доцент  
Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко (Удмуртская Республика)

*В статье кратко описана методика учебного исследования явления интерференции волн от двух точечных источников с помощью компьютерной модели данного явления. Компьютерную программу, моделирующую интерференцию, предлагается использовать для объяснения результатов опыта Юнга.*

**Ключевые слова:** визуализация, демонстрация явления, компьютерная визуализация, моделирование, компьютерное моделирование, модель, учебная компьютерная модель, физическая модель, предметная модель, интерференция, когерентные волны, опыт Юнга.

Моделированием называют такой метод познания, который подразумевает построение новых или выбор готовых моделей и изучение их в целях получения новых (в случае учебных моделей — субъективно новых) фактов и знаний об изучаемых объектах. В зависимости от того, что из себя представляют эти модели, научное моделирование может быть:

- предметным;
- мысленным;
- физическим;
- предметно-математическим;
- абстрактно-математическим (символьным).

Под предметным моделированием чаще всего понимают исследование характеристик объекта с помощью создания его уменьшенной копии с характеристиками, свойственными оригиналу. Это могут быть геометрические, физические, динамические, функциональные и другие свойства объекта. Мысленное моделирование осуществляется с помощью мысленных образов объекта, которые в определенных ситуациях могут вообще не иметь аналогов в реальном мире. Физическим моделированием в данном случае мы называем воспроизведение тех или иных физических процессов, протекающих в природе, в искусственно созданных условиях [1]. При предметно-математическом моделировании возможно проведение исследования, во время которого опытным путем изучается какой-либо объект физической природы, отличный от реально интересующего исследователя, но описываемый теми же математическими соотношениями, что и моделируемый объект. Абстрактно-математическое моделирование предполагает создание знаковых или символьных моделей, которыми могут являться формулы,

схемы, чертежи и т. п. Процесс моделирования может быть автоматизирован с помощью вычислительной техники. В этом случае говорят о компьютерном моделировании [2; 3; 4; 5; 7; 8].

При обучении физике знания об объекте исследования могут быть усвоены обучающимися путем наблюдения за этим объектом и экспериментирования с ним. Но не всегда интересующие обучающего характеристики объекта легко поддаются выявлению и быстрому усвоению знаний о них обучающимися. Возникает методическая необходимость использовать при обучении не сам объект исследования, а его учебную модель. Учебная модель — это объект со своей структурой и функцией, отображающий некоторые элементы структуры и функции оригинала [11, с. 162]. Мы в своей работе используем учебные компьютерные модели, специально созданные нами для изучения обучающимися тех или иных физических явлений и процессов [2; 3; 4; 5; 7; 8; 9]. Эти модели представляют собой учебные модели (компьютерные программы), работа с которыми осуществляется с помощью компьютерной техники, которая в данном случае выполняет роль как устройства автоматизации вычислений, так и устройства, позволяющего визуализировать свойства объектов исследования, не поддающиеся непосредственному наблюдению [5; 6; 7; 8].

Рассмотрим, каким образом может быть организован учебный процесс по изучению явления интерференции с помощью компьютерной модели этого явления. Отметим, что данный компьютерный (вычислительный) эксперимент может сочетаться с учебным натурным экспериментом, подтверждающим те же положения теории явления интерференции [9; 10; 12]. Итак, при знакомстве

обучающихся с явлением интерференции когерентных волн от двух точечных источников им демонстрируют следующую иллюстрацию (рис. 1), с помощью которой осуществляется вывод формулы, указывающей примерное расположение максимумов интерференционной картины вдоль прямой, параллельной отрезку, соединяющему источники. В результате использования некоторых приближенных математических выражений, которые мы опустим в этой работе, получается следующая формула, определяющая расположение максимумов интенсивности интерферируемой волны [9]:

$$x_{k,max} = ky\lambda / d, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

где  $x_{k,max}$  — координата максимума интенсивности,  $k$  — порядок максимума интенсивности,  $y$  — расстояние от источников до интерференционной картины (одномерного распределения интенсивности, представленного в виде графика),  $\lambda$  — длина волны,  $d$  — расстояние между источниками. Учитывая это, можно получить формулу, определяющую расстояние между соседними максимумами интерференционной картины [9]:

$$\Delta x = y\lambda / d.$$

Вообще говоря, обучающиеся должны знать, что интерференционная картина в данном случае не является плоской или одномерной. При интерференции двух одинаковых сферических волн (а именно такими и будут волны

от точечных источников) поверхностями равных разностей фаз являются гиперболоиды вращения с фокусами в точках расположения источников волн [2]. Иными словами, распределения характеристик интерферируемой волны будут четырехмерными (каждой точке распределения будут соответствовать три пространственные координаты и четвертый параметр — характеристика волны в этой точке). В таком виде визуализация распределений для учебных целей невозможна, так как слишком сложна для восприятия обучающимися. В этом случае в научной визуализации, как правило, используют такой известный прием, как снижение размерности [2]. Поэтому при создании моделирующей явление программы мы избавились в первом случае от одной, а во втором случае от двух пространственных координат, получив соответственно трехмерное и двумерное представления картины интерференции. Трехмерное представление распределения характеристик результирующей волны на координатной плоскости мы изображаем, сопоставив каждому значению характеристики интерферируемой волны в данной точке экрана соответствующий оттенок одного цвета, например, зеленого (светлые оттенки соответствуют большим значениям, темные — меньшим значениям). Такое распределение уже можно изобразить на экране для последующего анализа, причем его изображение будет двумерным,

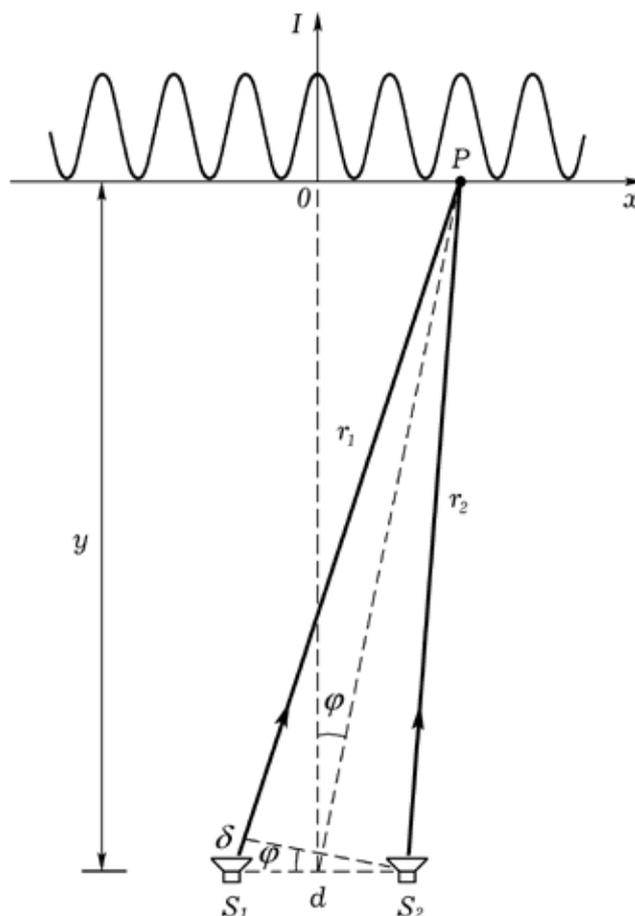


Рис. 1. Схема для расчета приближенной интерференционной картины от двух точечных источников волн

что делает его более понятным для обучающихся (рис. 2). Кроме того, на экран выводится распределение характеристики волны вдоль некоторой прямой, расположение которой задается пользователем программы. Оно размещается над первым распределением и позволяет осуществить количественную оценку исследуемого явления. В программе предусмотрено, что характеристиками волны могут выступать смещение, модуль смещения и интенсивность волны в данной точке пространства. Выбор характеристики, распределения которой выводятся в данный момент времени на экран, также осуществляется пользователем.

Предлагаемая нами программа предоставляет преподавателю возможность познакомить обучающихся с одним из современных методов исследования — компьютерным моделированием. При этом следует отметить, что при моделировании достаточно часто представляют интерес не абсолютные, а относительные значения величин, характеризующих моделируемый объект. В нашем случае, также, в первую очередь, для обучающихся будут важны относительные распределения смещения, модуля смещения и интенсивности волны на плоскости и вдоль прямой в волновом поле. А наиболее важным будет то, каково соотношение этих величин для рассматриваемых нами волн, то есть равны ли эти величины, а если не равны, то какая из них больше (или меньше) и во сколько раз [2]. Иными словами, моделирование в предлагаемой нами программе не связано с каким-то определенным типом волн, оно лишь отражает наиболее общие закономерности волновых явлений.

Методика изучения явления с помощью компьютерного моделирования заключается в следующем. Сначала

моделируют распределения смещения волны от первого источника (рис. 2). Выясняют, что моделируемая волна является сферической, так как наблюдается двумерное распределение, где линии равных фаз представляют собой окружности с центром в точке расположения источника волны. С помощью одномерного распределения (графика зависимости смещения от пространственной координаты) можно легко убедиться, что данная волна является еще и гармонической. После этого моделируют распределения смещения уединенной волны, распространяющейся от второго источника (рис. 3). Волна должна иметь ту же длину волны, как и та, что наблюдалась в первом случае. Отметив, что волны являются когерентными, преподаватель может создать проблемную ситуацию, задав вопрос о том, что будет наблюдаться, если обе эти волны будут распространяться в данном месте пространства одновременно при том же расположении источников волн. После дискуссии демонстрируется результат наложения волн (рис. 4). При этом важно обратить внимание на то, что между источниками когерентных волн возникла так называемая стоячая волна. Наблюдаемые динамические картины распределений смещения результирующей волны позволяют сформировать у учащихся наглядный образ явления интерференции.

После этого моделируют распределение интенсивности результирующей волны (рис. 5). Такое моделирование помогает сформировать понятие интенсивности волны, как некоторой усредненной по времени характеристики, так как обучающиеся видят, что в случае демонстрации распределений интенсивности волны картины распределений становятся статичными. На этом этапе

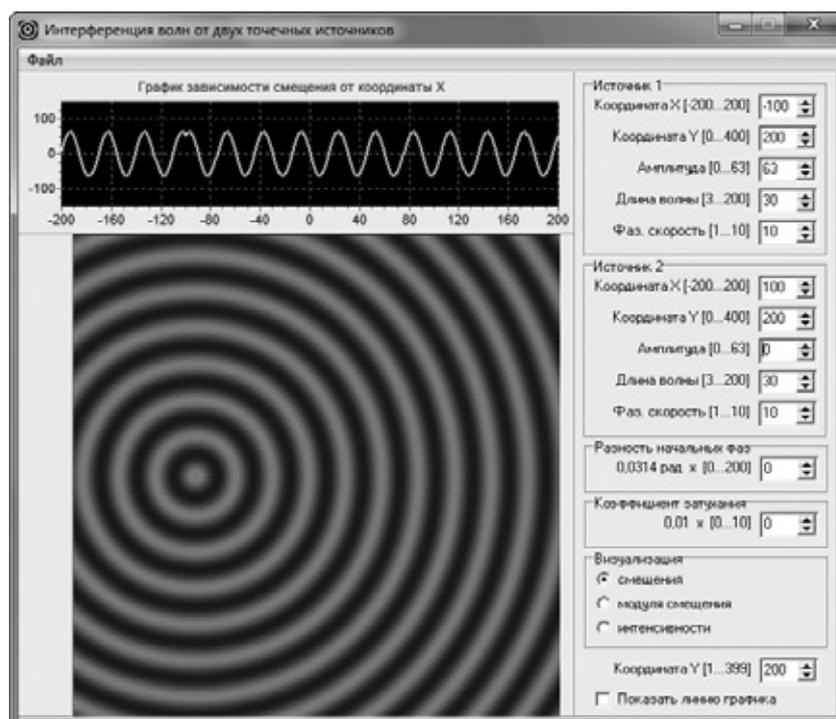


Рис. 2. Демонстрация волны от первого источника

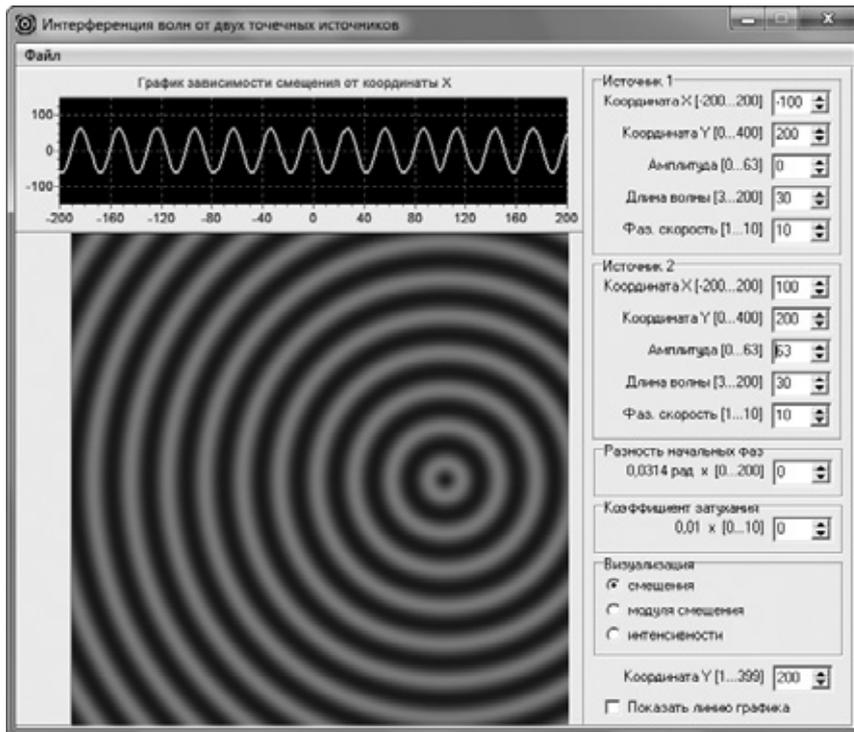


Рис. 3. Демонстрация волны от второго источника

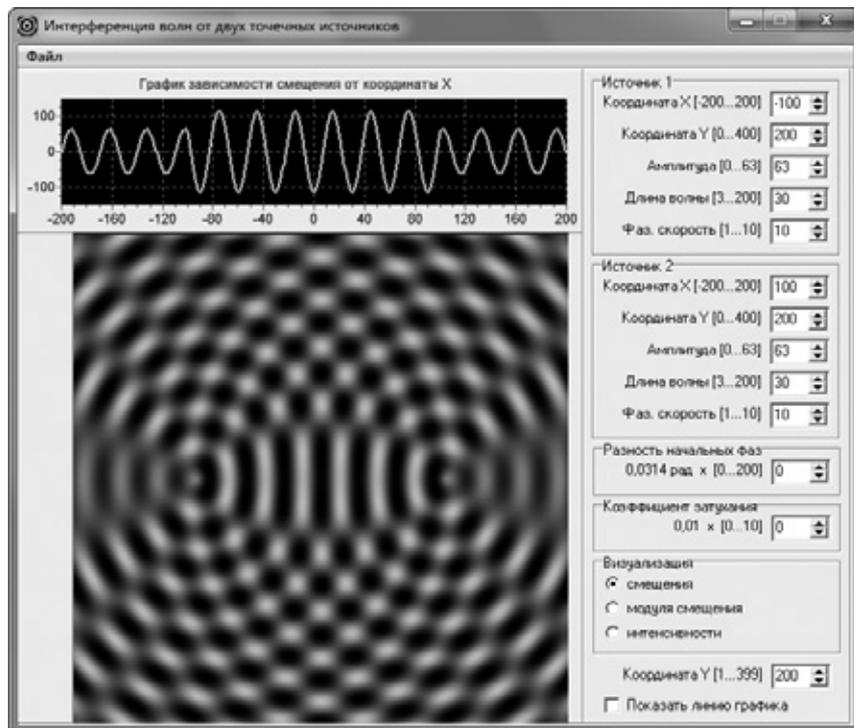


Рис. 4. Демонстрация наложения волн от двух источников

формируется понятие максимумов и минимумов интерференционной картины. Методика формирования этих понятий известна, поэтому приводить ее в этой статье мы не будем. Отметим только то, что сначала на экран выводится распределение интенсивности между источниками

волн (рис. 5), а затем — расположенное на некотором удалении от них (рис. 6)[2].

В дальнейшем возможно исследование зависимости интерференционной картины (распределения интенсивности) от условий виртуального эксперимента. Следует

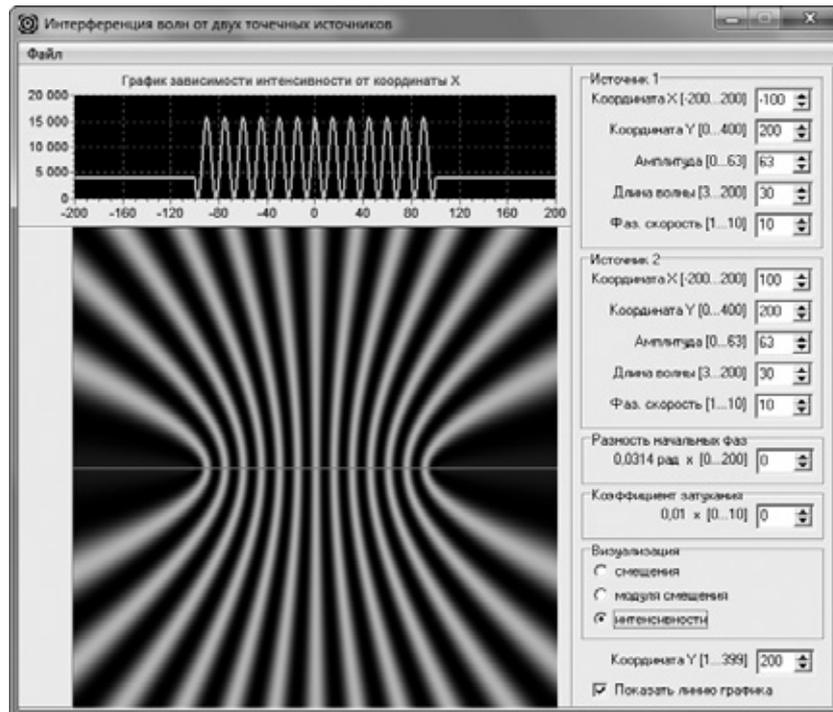


Рис. 5. Демонстрация интерференционной картины (распределений интенсивности результирующей волны вдоль отрезка прямой, соединяющего источники волн, и на плоскости)

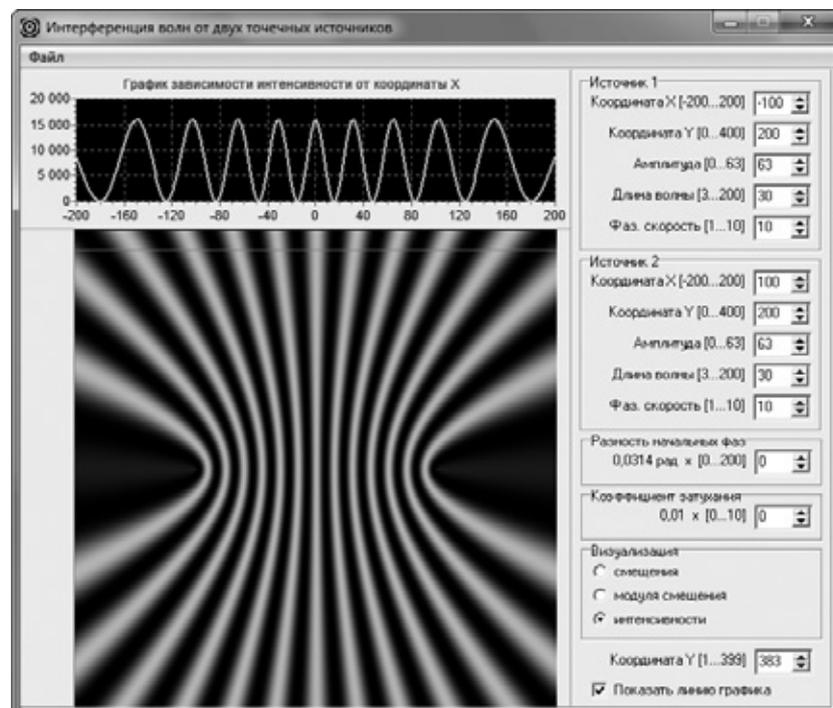


Рис. 6. Демонстрация интерференционной картины вдоль отрезка прямой, удаленного от источников волн на некоторое расстояние

отметить, что наблюдаемые графические картины распределений будут отличаться от картин, приведенных в учебниках. Это объясняется тем, что картины, изображенные в учебниках, получены аналитическим путем, когда счита-

лось, что расстояние от источников до наблюдаемой интерференционной картины является «очень большим» по сравнению с расстоянием между источниками, в то время, как в рассматриваемых моделях оно соизмеримо с ним [2].

## Литература:

1. Данилов О. Е. Изучение веса и невесомости с помощью модели упругого тела / О. Е. Данилов // Учебная физика. — 2001. — № 6. — с. 3–7.
2. Данилов О. Е. Изучение интерференции с помощью компьютерного моделирования / О. Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — № 9. — с. 50–58.
3. Данилов О. Е. Компьютерное моделирование движения молекул газа / О. Е. Данилов // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных и методических работ. Выпуск 2. — Глазов: ГППИ, 1996. — с. 78–80.
4. Данилов О. Е. Компьютерное моделирование колебательного движения. Численные методы решения задач: учебно-методическое пособие / О. Е. Данилов, А. Ю. Трефилова. — Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2012. — 36 с.
5. Данилов О. Е. Обучение компьютерному моделированию на примере создания компьютерной модели кругового математического маятника / О. Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — № 10. — с. 80–87.
6. Данилов О. Е. Педагогические исследования по доказательству эффективности применения метода компьютерного сканирования полей при обучении физике / О. Е. Данилов // Инновации в образовании. — 2014. — № 6. — с. 147–158.
7. Данилов О. Е. Применение имитационного моделирования механических взаимодействий при обучении физике / О. Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2014. — № 5. — с. 97–103.
8. Данилов О. Е. Учебная компьютерная модель дифракции / О. Е. Данилов // Теория и практика образования в современном мире: материалы IV междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, январь 2014 г.). — СПб.: Заневская площадь, 2014. — с. 198–199.
9. Данилов О. Е. Формирование умения проводить теоретическое исследование при изучении распределения физической величины в пространстве с помощью компьютерной модели / О. Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — № 7. — с. 84–94.
10. Данилов О. Е. Экспериментальное изучение интерференции звука на зеркале Ллойда с помощью компьютерных технологий / О. Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2014. — № 4. — с. 89–94.
11. Смирнов А. В. Методика применения информационных технологий в обучении физике: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / А. В. Смирнов. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 240 с.
12. Danilov O. Particular didactic principles on the use of computer visualization of the fields of physical quantities in the educational process / O. Danilov // Young Scientist USA: Education. — Lulu, 2014. — P. 29–32.

## Инфографика: новое или хорошо забытое старое?

Фролова Мария Александровна, аспирант

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

На современном этапе модернизации образования процесс обучения вообще и, физике в частности, предполагает ориентацию на развитие и воспитание личности обучающегося, формирование мышления, осознания необходимости приобретения знаний для их практического использования. В работах по философии образования прослеживается тенденция усиления деятельностного компонента обучения; воспитания креативного, ценящего достижения своей страны гражданина. Общество, родители требуют от средней школы обучить и воспитать творчески активную, инициативную, любознательную, трудолюбивую, культурную личность, способную успешно социализироваться в обществе, видящую смысл в освоении и сохранении окружающего мира. На выполнение этих требований направлено из-

менение отношений педагога и ученика. Отношения «объект — субъект», когда мнение учителя доминирует, переходят к отношениям «субъект-субъект», предполагающим сотрудничество. Педагог выступает не как информатор, а как наставник, консультант, фасилитатор, помогая ученикам самостоятельно организовывать совместную деятельность, во время которой они приобретают опыт сотрудничества, взаимопонимания, общения, распределения ролей и обязанностей, установления временных рамок выполнения работы, достижения требуемого результата. Анализ психолого-педагогической, методической литературы, практики преподавания в школе, результаты ЕГЭ позволяют указать на наличие противоречия между потребностью общества, производства, родителей в личности качественно нового уровня образо-

ванности и недостаточным уровнем школьной подготовки по ведущим дисциплинам естественнонаучного цикла, не дающим учащимся осмысленно, творчески, продуктивно осваивать знания и реализовывать их в практической деятельности. Это противоречие свидетельствует об актуальности поиска эффективных методов преподавания предметов естественнонаучного цикла, вызывающих наибольшую трудность при их изучении учащимися. Средством, позволяющим объединить информатику, математику, физику и другие предметы; обобщить полученные сведения служит инфографика. Инфографика графически подаёт информацию, усиливая визуальное, логическое, абстрактное, смысловое восприятие, позволяя учащимся ярко, эмоционально представить изучаемые явления. На современном этапе инфографика применяется в основном в экономике, жур-

налистике, рекламе, но в последнее время она начинает проникать в образование.

Историю развития инфографики можно представить как ряд относительно самостоятельных этапов, каждый из которых пополняется новыми элементами. Столетия отделяют примитивные рисунки, воспроизводящие быт древних людей; первые географические карты от современных видов цифровой инфографики, насыщенной значительными объемами информации, «упакованной» в небольшом «рабочем окне» весьма разнообразными способами: схемами, графиками, диаграммами, анимацией, таблицами, статичными и интерактивными моделями. При помощи инфографики можно быстро охватить большой объём информации, воспроизвести и реконструировать разные процессы и события, изложить учебный материал в увлекательной, запоминающейся форме (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. Вавилонская карта мира к VIII — н. VII века до н. э.

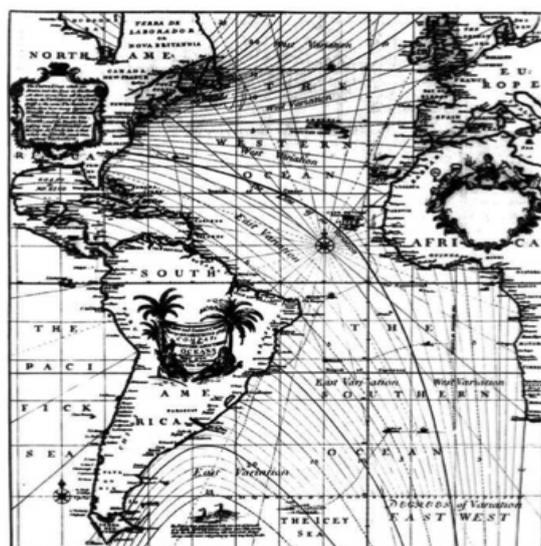


Рис. 2. Первый пример наложения данных на географическую карту

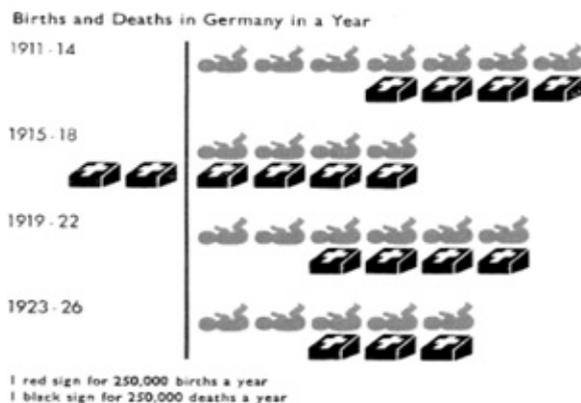


Рис. 3. Иллюстрация рождаемости и смертности в Германии за год

Проблема обучения естественным наукам и, в частности физике, была актуальной всегда, а сегодня — особенно. Ведь физика — это не только совокупность конкретных научных результатов, позволяющих осуществить прорыв в других науках и сферах деятельности человека, но и наука, воздействующая на характер мышления человека, его мировоззрение; определяющая выбор жизненных ценностей, отношение к окружающей среде; расширяющая возможности снова и снова открывать мир.

В одном мгновенье — видеть вечность

Огромный мир — в зерне песка.

В единой горсти — бесконечность

И небо — в чашечке цветка.

У. Блейк

Содержание предмета «Физика» и глубина его описания на самом деле нужны не всем учащимся; оно не должно тонуть в формулах, но при этом необходимо для развития основ полноценного мировоззрения и интеллекта учащегося на школьном этапе его образования и воспитания. Физика практико-ориентированная наука; она знакомит подростков с технологией многих производственных процессов в машиностроении, энергетике, автоматике, радиоэлектронике, кибернетике, транспорте, связи и т.д. Обеспечить доступность изложения довольно сложного материала с учётом возраста учащихся и степенью их общеобразовательной подготовки помогает инфографика. Инфографика, учитывая разное восприятие и способы познания мира, может стать инструментом индивидуализации, так как развивает аудиальные, визуальные, кинестетические и другие способности обучающихся. Синтез физики и инфографики способствует развитию воображения, логико-математического мышления; формированию визуально-пространственных, вербально-лингвистических, коммуникативных навыков; креативности. На школьном уровне основные законы физики длительное время остаются неизменными, а применение этих законов в практической деятельности постоянно изменяется. Для изучения естественнонаучных предметов профессором А.И. Маркушевичем была предложена «модель информации», согласно которой сле-

дует выделить «ядро» учебного материала, включающее основной, почти не меняющийся со временем материал, и «оболочку», меняющуюся сравнительно быстро. Эту идею, отражающую практическое использование действия физических законов, развил выдающийся физик, доктор физико-математических наук В.А. Фабрикант; он же сформулировал основные дидактические принципы преподавания физики:

— начинать обучение физике нужно с изучения явлений, затем переходить к понятиям и их определению;

— в образовании увеличение объёма изучаемого материала приводит к снижению качества;

— необходимое условие для восприятия нового — чувство удивления;

— соотношение в преподавании физики и математики определяет границы практического использования физических явлений.

Современному производству, сфере обслуживания требуются работники высокой квалификации, способные управлять сложными машинами, автоматами, владеющие компьютерными технологиями. Для того, чтобы быть конкурентоспособным на рынке труда учащемуся необходимо иметь основательную общеобразовательную подготовку. Профильная ориентация школьников осуществляется через различные элективные курсы, позволяющие подросткам определиться в выборе будущей профессии, увидеть необходимость теоретических знаний в практической деятельности. Так, для тех, кто планирует работать в медицине, особенно интересен курс «Физика и медицина», включающий темы: звук в жизни человека; ультразвук и медицина; оптика в медицине; применение радиации на благо человека и т.д. Соединить воедино теоретические сведения и их практическое применение конструктивно, сжато, убедительно позволяют средства инфографики; они наглядно показывают соотношения предметов и фактов во времени и пространстве; демонстрируют динамику и тенденции развития. Для грамотного изложения какого-либо раздела, темы по изучаемому предмету необходимо вникнуть в сущность явления и представить результат в виде инфографического объекта в бумажном

или электронном варианте, что возможно при владении подростками компьютерными технологиями, специальными программами, выложенными в интернете.

Инфографика объединяет в себе интеллектуальное развитие и техническое творчество. Начиная с древности и до наших дней, важнейшим условием успешного понимания, применения, интерпретации информации является ее компактное, доступное, яркое, красочное, организованное, целостное представление, получившее название инфографика. Объекты инфографики, созданные при помощи компьютерных технологий, наглядно демонстрируют механизмы развития и взаимодействия каких-либо явлений, что позволяет находить оптимальное рациональное решение поставленных задач. Обучение физике средствами инфографики базируется на следующих принципах:

— индивидуализации, учитывающего особенности личности обучающихся и позволяющего избежать уравнительности при оценивании; предоставляющего каждому возможность максимально раскрыть свои способности;

— гибкости, сочетающего выполнение требований стандартов обучения и возможностей вариативной подготовки учащихся;

— элективности, дающего максимальную самостоятельность в выборе образовательных маршрутов, отвечающих индивидуальным склонностям и познавательным интересам;

— контекстности, требующего соответствия содержания обучения образовательным стандартам, использования теории в практической деятельности;

— самостоятельности при работе обучающихся с учебной информацией, когда педагог организует и направляет работу учащихся, выступая в роли консультанта;

— сотрудничества, предполагающего отношения доверия, взаимопомощи, взаимной ответственности обучающихся и педагогов.

Инфографика, соединяя индивидуальную и коллективную деятельность, становится многофункциональным инструментом в разработке уроков, проектов, исследований, повышая их продуктивность, гибкость, оригинальность, высокую степень усвоения. При создании объектов инфографики перед учащимися ставятся задачи внешне соответствующие имеющимся у них интересам, но фактически требующие для своего решения новых знаний, умений, навыков, опыта до этого ими не востребованных. Будучи вовлечёнными в образовательный процесс, обучающиеся начинают самостоятельно искать пути решения поставленных задач. Основная цель школьного курса физики — формирование у школьников представлений о физике, как науке о природе, о её роли, месте и взаимосвязи теории и эксперимента в процессе познания, о структуре Вселенной, существовании человека в окружающем мире. Инфографика, безусловно, является активным методом обучения, выполняющим направляющую, обогащающую, систематизирующую роль в умственном развитии учащихся, способствующим активному осмыслению знаний, вызывающим качественные и количественные изменения, происходящие в мыслительных процессах в связи с возрастом учеников и под влиянием культурно-образовательной среды школы. Средства инфографики дают возможность всем обучающимся интегрировано закрепить знания по изучаемым предметам, проявить свои таланты и творческий потенциал, превращают учебный процесс в активную, мотивированную, волевою, эмоционально окрашенную, познавательную деятельность.

#### Литература:

1. Баранова, Е. А. Все, что вы должны знать, если хотите развивать инфографику на газетном сайте/Е. А. Баранова // Электронный научный журнал МГУ имени М. В. Ломоносова «Медиаскоп». — 2013. — №4. — с. 8. — Москва.
2. Берлянт, А. М. Глобусы: второе рождение/А. М. Берлянт // журнал «Природа». — 2007. — №8. — с. 19–28. — Москва.
3. Никулова, Г. А. Средства визуальной коммуникации — инфографика и метадизайн/Г. А. Никулова, А. В. Подобных // международный электронный журнал КНИТУ.
4. Соловьева, Т. В. Инфографика в медийном и учебном текстах/
5. Т. В. Соловьева // научно-теоретический и прикладной журнал НГУ им. Ярослава Мудрого «Вестник НовГУ». — 2010. — №57. — с. 76–79. — Новгород.
6. Neurath Otto. International picture language. The first rules of isotype/Otto Neurath // 1936. — 117 p. — London.
7. Tufte, E. R. Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative/E. R. Tufte // CT: Graphics Press. — 1997. — 157 p. — Cheshire.

## ХИМИЯ

### Композиционные металлоксидные электроды для суперконденсаторов с водным электролитом

Арсентьев Максим Юрьевич, кандидат химических наук;  
Калинина Марина Владимировна, кандидат химических наук;  
Егорова Татьяна Леонидовна, инженер-исследователь;  
Шмигель Анастасия Владимировна, аспирант  
Институт химии силикатов имени И. В. Гребенщикова РАН (г. Санкт-Петербург)

*Получены композиционные электроды суперконденсаторов, состоящие из металлического пористого коллектора на основе пеноникеля и активного оксидного слоя ( $MnO_2$ ,  $NiO$ ,  $Co_3O_4$ ). Исследование характеристик данного электрода методами циклической вольтамперометрии в водном растворе 1М КОН показало наличие высокой pseudоемкости ( $45 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ ) и низкого внутреннего сопротивления и перспективность данной конструкции. Синтезирован ряд керамических образцов на основе оксидов  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Pr$ ,  $Ce$ ,  $Zr$ ,  $Al$ ,  $Ti$ ,  $Fe$ ,  $Cr$ ,  $Mn$ ,  $Ta$  и исследована их способность к накоплению и хранению заряда.*

**Ключевые слова:** суперконденсаторы, оксиды металлов, электропроводность, керамика.

Рост цен на энергоносители заставляет искать способы эффективного использования энергии, в котором суперконденсаторы (ионисторы) занимают важное место. Суперконденсаторы по своим энергоёмким характеристикам занимают промежуточное положение между конденсаторами и аккумуляторами. Важными преимуществами, обуславливающими их высокую востребованность на рынке, является большая, чем у литиевых батарей удельная мощность и на порядки превышающее число циклов заряд-разряд. Емкость суперконденсатора обусловлена емкостью двойного электрического слоя, образующегося на границе раздела электрод/электролит [1]. В качестве материалов электрода используются активированный уголь. Ионисторы применяются в бытовой электронике, энергоустановках гибридного авто- и железнодорожного транспорта, обеспечивают пуск двигателей подводных лодок, используются в медицине, авиации, возобновляемой энергетике.

Однако сферы применения данных суперконденсаторов могут быть существенно расширены при условии увеличения удельной запасаемой энергии. Одним из перспективных вариантов в данном направлении является использование оксидов переходных металлов с переменной валентностью. Данные материалы обеспечивают протекание окислительно-восстановительных процессов не только на границе электрод-электролит как в случае суперконденсаторов с двойным электрическим слоем, но и в объеме материала — в тонком оксидном слое, прилегающем к границе электрод-электролит [1–3].

Целью данной работы являлся синтез наноструктурированных композиционных электродов суперконденсаторов с использованием коллектора-подложки на основе пеноникеля и активного оксидного слоя ( $MnO_2$ ,  $NiO$ ,  $Co_3O_4$ ), нанесенного на подложку; исследование способности к накоплению/хранению электрической энергии ряда оксидных пористых керамических материалов (оксиды  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Pr$ ,  $Ce$ ,  $Zr$ ,  $Al$ ,  $Ti$ ,  $Fe$ ,  $Cr$ ,  $Mn$ ,  $Ta$ ) в жидком электролите 1М КОН.

В настоящем исследовании для синтеза композиционных электродов и пористых керамических материалов использовались методы золь-гель, совместной кристаллизации, соосаждения [4–11]. Общий вид ячейки суперконденсатора с композиционными электродами представлен на Рис. 1.

Для измерения электропроводности на торцы керамических образцов наносилась серебряная паста на основе канифольно-скипидарной связки. Электропроводность образцов измерялась в интервале 500–1000К, подробно методика описана в работах [12–15].

Определение значений емкости полученных образцов и исследование их способности к накоплению и хранению заряда проводилось в гальваностатическом режиме с использованием рабочей ячейки, изображенной на Рис. 1 и установки, описанной нами ранее [2,3].

Полученные с использованием данной установки кривые заряд/разряд представлены на Рис. 2, где  $pp_i$  — количество пор на дюйм. В данном случае представлены

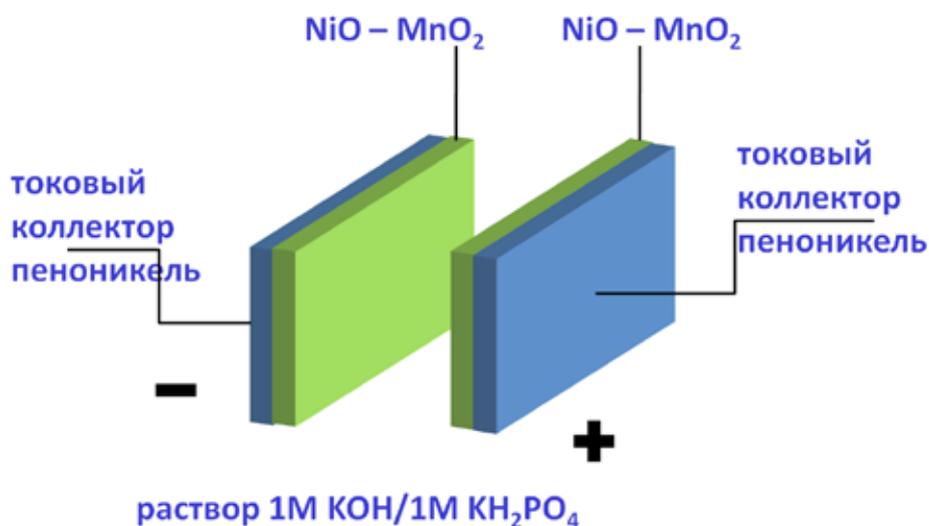


Рис. 1. Общий вид ячейки суперконденсатора с композиционными электродами

результаты только для композиционных электродов пеноникель-оксид переходного металла. Исследование проводилось при плотности тока  $50 \text{ mA} \cdot \text{г}^{-1}$ . Наибольшей емкостью обладает композиционный электрод  $\text{MnO}_2$ /пеноникель 110 ppi —  $850 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$  в пересчете на массу активного материала. В пересчете на полную массу электрода данное значение составляет  $45 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ . Столь

высокие значения удельной емкости композиционных электродов удалось достичь благодаря высоким пористости пеноникеля и площади электрического контакта между активным материалом и пеноникелем.

Керамические образцы на основе оксидов Co, Ni, Pr, Ce, Zr, Al, Ti, Fe, Cr, Mn, Ta были синтезированы и исследованы на способность к накоплению и хранению заряда.

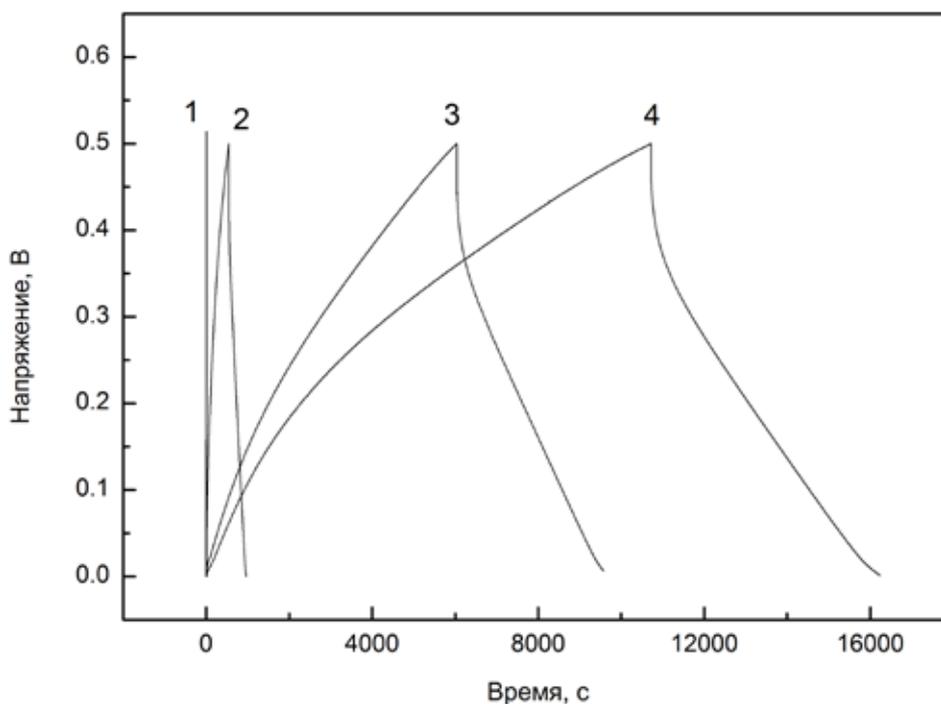


Рис. 2. Кривые разряд/заряд композиционных электродов в электролите на основе 1M KOH (ppi — количество пор на дюйм): 1 — NiO/пеноникель 60 ppi ( $9 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ ); 2 — 50 мол. % NiO — 50 мол. %  $\text{MnO}_2$ /пеноникель 60 ppi ( $62 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ ); 3 —  $\text{MnO}_2$ /пеноникель 60 ppi ( $479 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ ); 4 —  $\text{MnO}_2$ /пеноникель 110 ppi ( $850 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ ). В скобках указаны соответствующие значения средней удельной емкости.

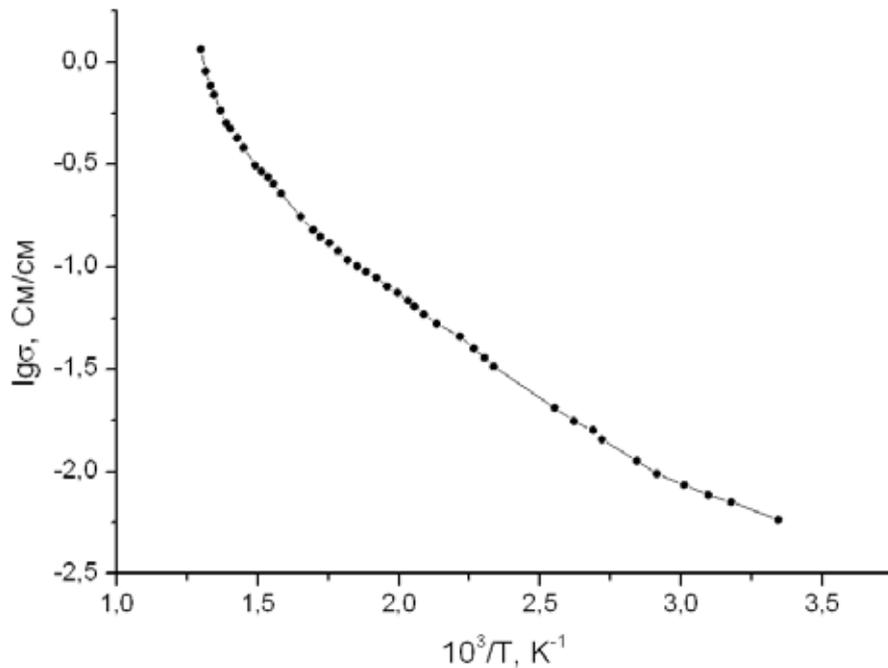


Рис. 3. Температурная зависимость удельной проводимости нанокерамики на основе кобальтоникелевой шпинели  $NiCo_2O_4$

Среди данных образцов керамика на основе кобальтоникелевой шпинели  $NiCo_2O_4$  обладает значением удельной емкости на два порядка превышающим значения емкости остальных керамических образцов ( $1,1 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$ ). Также, наблюдается наличие высокой удельной проводимости (Рис. 3) [9]. Столь высокие значения электропроводности и удельной емкости обусловлены переменной валентностью Ni и Co [16–18].

Получены композиционные электроды ( $MnO_2$ , NiO,  $Co_3O_4$ )/пеноникель с высокими значениями удельной емкости ( $45 \text{ Ф} \cdot \text{г}^{-1}$  в жидком электролите 1M KOH).

Образец на основе кобальтоникелевой шпинели  $NiCo_2O_4$  может быть рекомендован для применения в качестве активного материала электродов суперконденсатора.

#### Литература:

1. M. Jayalakshmi, K. Balasubramanian, Simple Capacitors to Supercapacitors — An Overview // Int. J. Electrochem. Sci., 2008, vol. 3, iss. 11, pp. 1196–1217.
2. Арсентьев, М. Ю., Тихонов П. А., Калинина М. В., Цветкова И. Н., Шилова О. А. Синтез и физико-химические свойства электродных и электролитных нанокомпозитов для суперконденсаторов // Физика и химия стекла, 2012, т. 38, №5, с. 653–664.
3. Шилова, О. А., Антипов В. Н., Тихонов П. А., Кручинина И. Ю., Арсентьев М. Ю., Панова Т. И., Морозова Л. В., Московская В. В., Калинина М. В., Цветкова И. Н. Керамические нанокомпозиты на основе оксидов переходных металлов для ионисторов // Физика и химия стекла, 2013, т. 39, №5, с. 803–815.
4. Грачева, И. Е., Мошников В. А., Абрашова Е. В. Обобщение результатов анализа величины фрактальной размерности золь-гель пористых иерархических структур // Материаловедение, 2013, №6, с. 13–22.
5. Abrashova, E. V., Gracheva I. E., Moshnikov V. A. Functional nanomaterials based on metal oxides with hierarchical structure // Journal of Physics: Conference Series, 2013, Vol. 461, conference 1, P. 012019.
6. Abrashova, E. V., Gracheva I. E., Moshnikov V. A. Metal oxide  $SnO_2$  —  $ZnO$  —  $SiO_2$  films prepared by sol-gel // Smart Nanocomposites, 2014, Vol. 4, Iss. 2, pp. 1–7.
7. Абрашова, Е. В., Барановский М. В. Получение и анализ спектральных характеристик нанокомпозитов на основе широкозонных проводящих металлоксидов системы  $ZnO-SnO_2-SiO_2$  // Известия СПбТЭТУ «ЛЭТИ», 2013, т. 5, с. 16–21.
8. Brinker, C. J., Scherer G. W. Sol-Gel Science. The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. San Diego: Academic Press, 1990. 908 p.

9. Коваленко, А.С., Шилова О.А., Морозова Л.В., Калинина М.В., Дроздова И.А., Арсентьев М.Ю. Особенности синтеза и исследование нанокристаллической кобальто-никелевой шпинели // Физика и химия стекла, 2014, т. 40, №1, с. 135–145.
10. Тихонов, П.А., Попов В.П., Арсентьев М.Ю., Подзорова Л.И., Ильичева А.С., Чернышева И.В., Андреева Н.С. Керамика и тонкие слои на основе трех-компонентной системы  $ZrO_2-CeO_2-Al_2O_3$  как перспективные твердые электролиты // Огнеупоры и техническая керамика, 2009, №6, с. 7–11.
11. Арсентьев, М.Ю., Тихонов П.А., Калинина М.В., Физико-химические характеристики нанокристаллических композитов на основе  $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$  и оксидов РЗЭ // Физика и химия стекла, 2011, т. 37, №4, с. 607–619.
12. Арсентьев, М.Ю., Тихонов П.А., Калинина М.В., Андреева Н.С. Исследование некоторых физико-химических свойств керамики, монокристаллов и наноразмерных пленок на основе оксидов циркония, гафния и РЗЭ // Физика и химия стекла, 2010, т. 36, №4, с. 596.
13. Тихонов, П.А., Калинина М.В., Арсентьев М.Ю., Пугачев К.Э. Протонопроводящая керамика и тонкие пленки на основе цирконатов La и Sm // Физика и химия стекла, 2012, т. 38, №4, с. 553–564.
14. Тихонов, П.А., Арсентьев М.Ю., Калинина М.В. Наноразмерные пленки на основе диоксидов циркония и церия // Физика и химия стекла, 2010, т. 36, №2, с. 289–296.
15. Арсентьев, М.Ю., Калинина М.В., Тихонов П.А., Морозова Л.В., Коваленко А.С., Ковалько Н.Ю., Хламов И.И., Шилова О.А. Синтез и свойства сенсорных оксидных наноразмерных пленок в системе  $ZrO_2-CeO_2$  // Физика и химия стекла, 2014, т. 40, №3, с. 478–484.
16. Duran, P., Villegas M., Capel F. Low-Temperature Sintering and Microstructural Development of Nanocrystalline Y-TZP Powders // J. Europ. Ceram. Soc., 1996, vol. 16, Iss. 9, pp. 945–952.
17. Owings, R. R., Polarons and impurities in nickel-cobalt Oxide, University of Florida, 2003, 190 P.
18. Пивоварова, А.П., Страхов В.И., Попов В.П. О механизме электронной проводимости в метаниобате лантана // Письма в «ЖТФ», 2002, т. 28, №19, с. 43–48.

## Характеристика сетчатой структуры модифицированных сополимеров

Исмоилова Халоват Джабборовна, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель;  
Бозорова Найима Худойбердиевна, ассистент, преподаватель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Известно, что при совместной полимеризации моно- и дивинильных мономеров образуются сетчатые полимеры, свойства которых определяются не только природой исходных веществ, но и условиями формирования пространственной сетки. В зависимости от использования сетчатых полимеров возникает необходимость регулирования структуры определенных значений таких параметров, как плотность, степень набухания, избирательность по отношению к компонентам сорбируемого объекта, хорошая механическая прочность.

Поэтому с целью определения среднечисловой молекулярной массы активной цепи ( $M_c$ ) в сшитых модифицированных сополимерах была определена их плотность после модифицирования.

Для полиакрилонитрила слабое органическое основание диметилформамид (ДМФА) является хорошим растворителем, что и объясняется сродством растворителя к растворяемому веществу. Как было указано выше, полученные сшитые сополимеры АН с ГТТ не растворяются в ДМФА. Поэтому физико-химические свойства, как плотность и набухание, полученных сшитых сополимеров были изучены в среде ДМФА.

Для оценки плотности упаковки макромолекул в единице объема ионита пользовались пикнометрическим методом.

Плотность сополимеров — определяли пикнометрическим методом. Для определения плотности сополимера изучали плотность воды при 293К для сравнения с плотностью сополимера при той же температуре. Взвесив сухой пикнометр с погрешностью не более 0,0002 г, заполняли его до метки водой, закрывали стеклянной пробкой и погружали в водяную баню с температурой 293К на 30 мин. После этого точно устанавливали уровень воды в пикнометре до метки.

Закрыв пробкой и тщательно вытерев пикнометр снаружи производили второе взвешивание. После этого выливали воду из пикнометра, высушив его, охлаждали в эксикаторе и помещали несколько кусочков испытуемого сополимера. Закрыв крышкой, производили третье взвешивание. Далее доводили уровень воды в пикнометре до метки, закрывали и погружали в водяную баню с 293К на 30 мин. Затем доводили уровень воды до метки, тщательно отбирали воду снаружи и производили четвертое взвешивание.

Плотность сополимера определяли по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0}{(m_1 - m_0) - (m_3 - m_2)}$$

где  $m_0$  — масса пикнометра, г;

$m_1$  — масса пикнометра с водой, г;

$m_2$  — масса пикнометра с сополимером, г;

$m_3$  — масса пикнометра с водой и сополимером, г;

Полученные данные по изучению плотности модифицированных гидролизом и аминированием гидроксил-амином сополимеров с различным содержанием сшивающего агента приведены в табл. 1 и на рис. 1.

На рис. 2–8 приведена зависимость коэффициента набухания сополимера АН: ГТТ от содержания ГТТ в исходной смеси мономеров.

Как показывает рис. 2, рост количества сшивающего агента приводит к уменьшению константы набухания сополимера в диметилформамиде, объясняемое увеличением числа швов в цепи сополимера. В начальных 30 мин. набухание сополимера происходит быстро, но затем как бы застревает.

Содержание ГТТ: 1 — 2,5; 2 — 3,0; 3 — 5,0 %;

Как видно из рис. 8, процесс набухания в начальные 15 минут протекает интенсивно, но затем замедляется и по истечении 40 минут — стабилизируется. Умень-

шение количества сшивающего агента приводит к возрастанию значения константы набухания.

Среднечисловую молекулярную массу сегментов цепи между узлами ( $M_c$ ) и концентрацию цепей в сополимере ( $n_c$ ), характеризующих поперечного сшивания рассчитали по предложенному в работе [39] уравнению:

$$M_c = \frac{\rho_2 V_1 \left[ (q_{2m} + 1)^{-1/3} - 1 / 2 (q_{2m} + 1)^{-1} \right]}{\ln(1 / q_{2m} + 1) - (q_{2m} + 1)^{-1} - \chi_1 (q_{2m} + 1)^{-2}}$$

где  $\rho_2$  — плотность полимера;  $q_{2m}$  — константа набухания;  $V_1$  — молярный объем растворителя;  $\chi_1$  — параметр Хаггинса (для системы полиакрилонирил-ДМФА принято равным 0,29).

Параметры сетки рассчитали, используя найденные значения среднечисловой молекулярной массы ( $M_c$ ) активной цепи и плотности полимера по следующей формуле:

$$n_c = \frac{N_c}{N_A} = \frac{\rho_2}{M_c} = \frac{v_c}{V_c} = \frac{1}{V_2}$$

где  $v_c$  — число молей активных цепей в образце, моль;  $n_c$  — число молей активных цепей в единице объема сшитого сополимера, моль/см<sup>3</sup>;  $N_c$  — концентрация активных цепей в единице объема сшитого по-

Таблица 1. Плотность модифицированных сополимеров АН с ГТТ

Модифицированные сополимеры	Плотность — $\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Немодифицированный сополимер	1,0048
Продукт после гидролиза сополимера	1,0297
Модифицированный гидроксиламином сополимер	1,0678
Модифицированный гидроксиламином сополимер (АН: ГТТ=97,5:2,5 моль. %)	1,0735
Модифицированный гидроксиламином сополимер (АН: ГТТ=93,0: 3,0 моль. %)	1,0810
Модифицированный гидроксиламином сополимер (АН: ГТТ=95,0: 5,0 моль. %)	1,0878

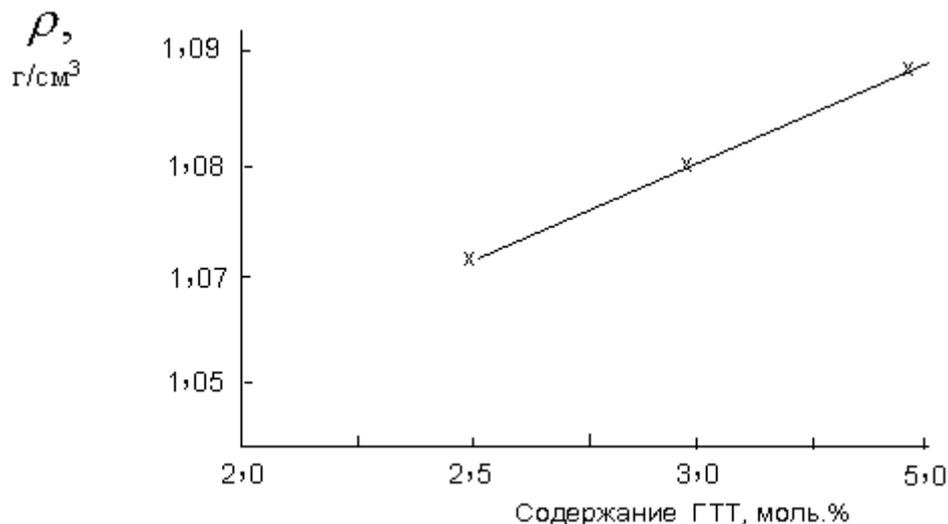


Рис. 1. Зависимость плотности сополимеров АН-ГТТ от содержания сшивающего агента

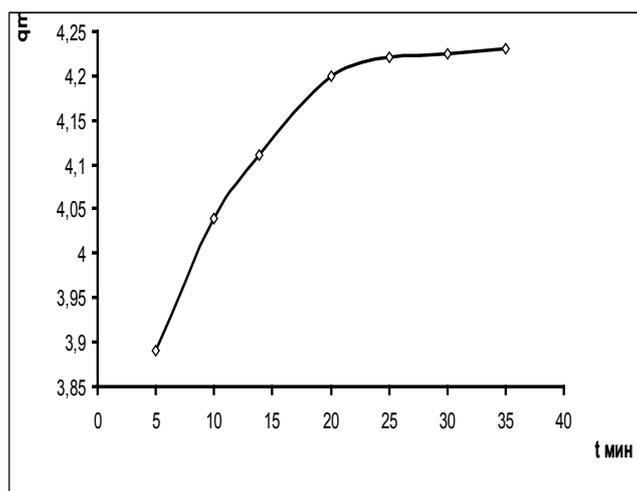


Рис. 2. Зависимость коэффициента набухания сополимера АН: ГТТ от продолжительности набухания

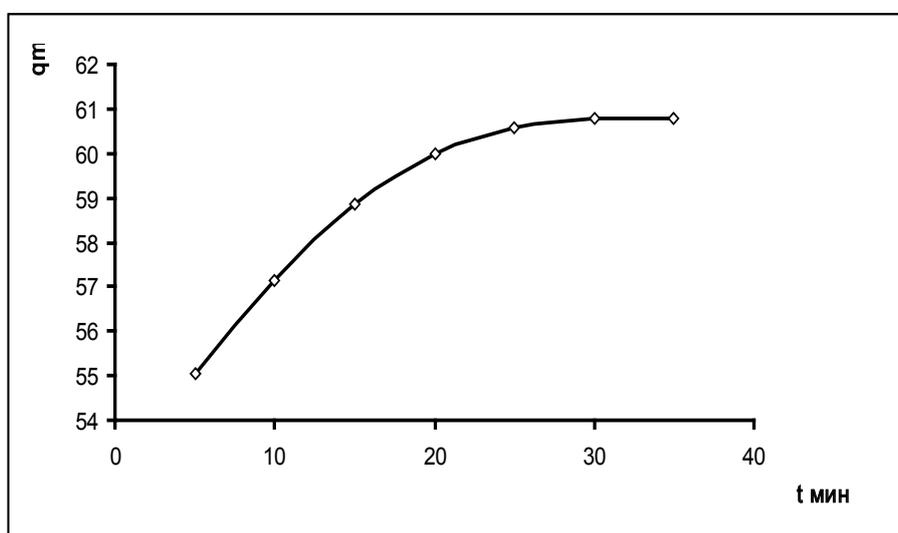


Рис. 3. Зависимость коэффициента набухания гидролизованного сополимера

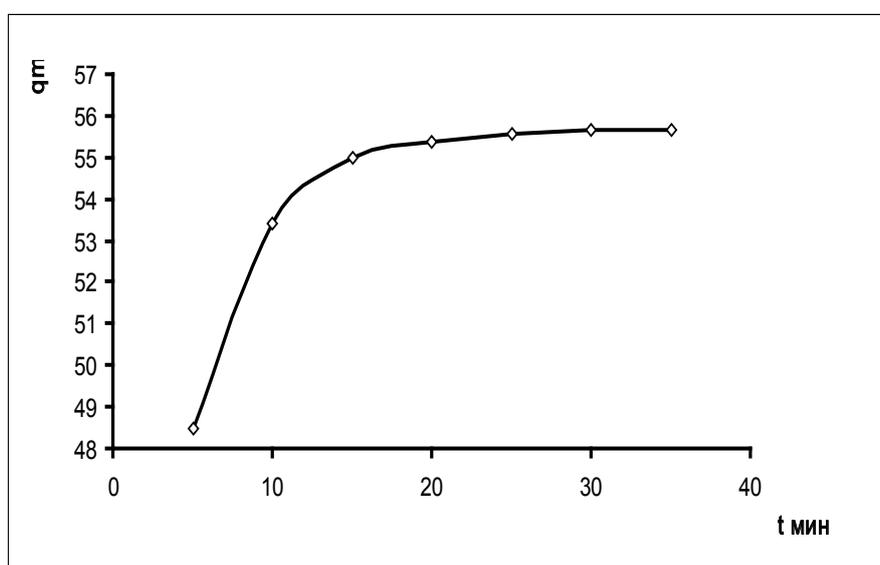


Рис. 4. Зависимость коэффициента набухания сополимера модифицированного гидроксилмином

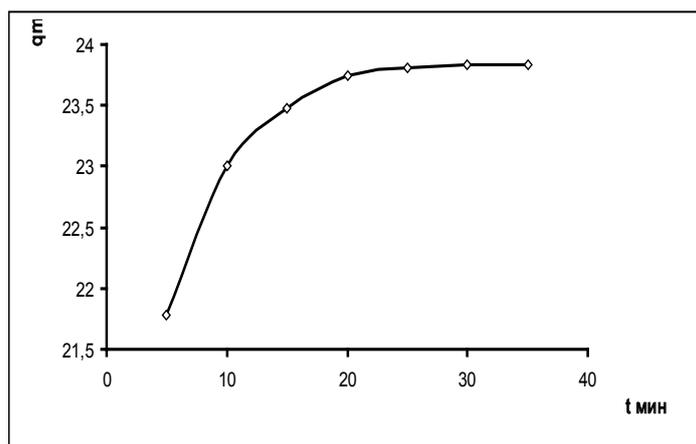


Рис. 5. Зависимость коэффициента набухания модифицированного гидроксиламином сополимера (содерж. гидроксиламина 2,5 моль. %)

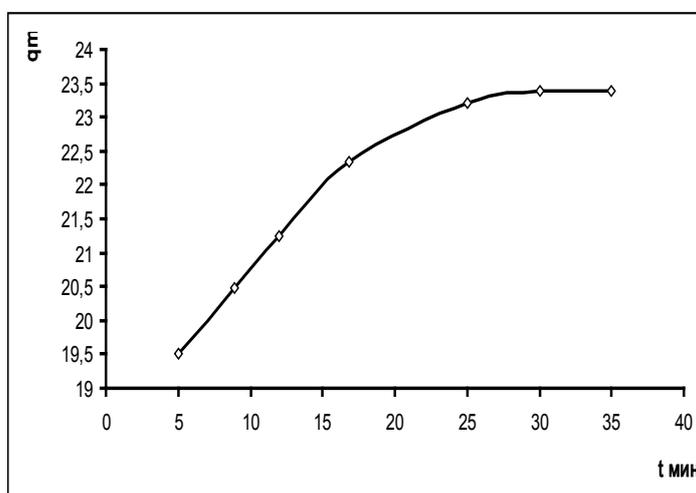


Рис. 6. Зависимость коэффициента набухания модифицированного гидроксиламином сополимера (содерж. гидроксиламина 3,0 моль. %)

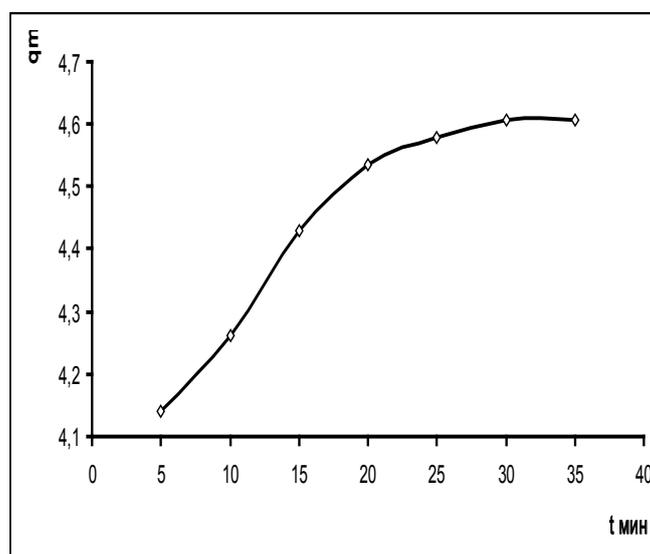


Рис. 7. Зависимость коэффициента набухания модифицированного гидроксиламином сополимера (содерж. гидроксиламина 5,0 моль. %)

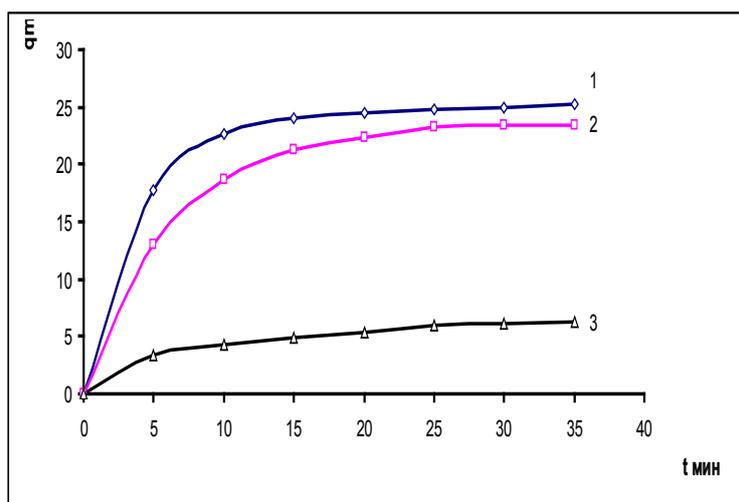


Рис. 8. Кинетика набухания сополимера АН: МБА при различном содержании ГТТ в исходной мономерной смеси

Таблица 2. параметры сетки сополимеров АН: МБА и АН: ДВБ в зависимости от содержания сшивающего агента

[ГТТ], моль. %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$q_{2m}$	$M_c$	$n_c \cdot 10^3$	$N_c \times 10^{-21}$	$v_c \times 10^4$	$\overline{V}_c$
2,5	1,0735	2,33	933	1,08	0,650	1,190	925
3,0	1,0810	2,01	710	1,25	0,842	1,320	712
5,0	1,0878	1,84	647	1,55	0,936	1,600	643

лимера (см<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;  $N_A$  — число Авогадро;  $\overline{V}_c$  — эффективный мольный объем активной цепи, см<sup>3</sup>/моль;  $V_2$  — объем полимера, см<sup>3</sup>.

Расчетные данные приведены в табл. 2, откуда видно, что как плотность, так и набухаемость, а также и параметры сеток изменяются в зависимости от количества сшивающего агента ГТТ.

Как видно из табл. 2, как плотность, так и набухаемость, а также и параметры сеток изменяются в зависи-

мости от содержания сшивающего агента. Сополимеры благодаря их пористости имеют меньшую плотность, чем полиакрилонитрил, которая тем меньше, чем больше содержание количества сшивающего агента в них. С увеличением доли сшивающего агента уменьшается молекулярная масса активной цепи, увеличивается число молей и концентрация активных цепей в единице объема шитого сополимера, и число молей активных цепей в образце.

Литература:

1. Агзамова, Р. Т., Латипов Т. Л., Мусаев У. Н. К синтезу катионообменных смол на основе акрилонитрила. Материалы конференции ученых. Г Навои. 1998.
2. Агзамова, Р. Т. и др. Сополимеризация акрилонитрила с диаллилфталатом. Тезисы конференции молодых ученых. Ташкент, 1998.
3. Гафурова, Д. А., Мусаев У. Н., Хакимжонов Б. Ш., Мухамедиев М. Г. Химическая модификация нитрона гексаметилендиамином. // Узб. хим. журн. — 2000. — №1. — с. 54–57.
4. Гафурова, Д. А., Хакимжанов Б. Ш., Мухамедиев М. Г., Мусаев У. Н. Синтез ионообменных волокнистых материалов на основе нитрона и их применение. // Вестник ТашГУ. — 1999. — №2. — с. 27–29.
5. Гафурова, Д. А., Хакимжанов Б. Ш., Мухамедиев М. Г., Мусаев У. Н. Способ получения волокнистого анионита. // УзР Даствлабки патенти №5720, 1999.
6. Рафиков, С. Р., Будтов В. П., Монаков Ю. Б. Введение в физико-химию растворов полимеров. // М.: Наука. 1978. с. 308
7. Каттаев, Н. Т., Таджибаев Д. Ю., Бабаев Т. М., Мусаев У. Н., Саидов М. Л., Дасинбаев А. А. Синтез гранулированных сорбентов на основе акрилонитрила и их свойства. // Тез. докл. междун. конф. «Современные проблемы науки о полимерах» — Санкт-Петербург, 2005. — с. 97.

## Оптические и электрофизические свойства полупроводников системы CdS–CdTe

Кировская Ираида Алексеевна, доктор химических наук, профессор;  
Нор Полина Евгеньевна, кандидат химических наук, старший преподаватель  
Омский государственный технический университет

Впервые изучены оптические и электрофизические свойства бинарных и многокомпонентных полупроводников системы CdS–CdTe: на основе ультрафиолетовых (УФ) и комбинационно рассеянных (КР) спектроскопических исследований определены значения частот примесной (характеризующих гексагональную модификацию) и межзонной люминесценций, значения ширины запрещенной зоны.

В работе анализируются результаты исследований объемных физико-химических свойств твердых растворов и бинарных компонентов системы CdS–CdTe. Подобно другим сложным системам на основе алмазоподобных полупроводников [1–3], данная система интересна как перспективная для получения новых адсорбентов, катализаторов, материалов современной опто-, микроэлектроники, nano-, сенсорной техники, включая сенсоры — датчики экологического назначения [2]. Создание таких материалов основывается на необходимых сведениях об объемных и поверхностных физико-химических свойствах поверхности полупроводников. Целью данной работы явилось получение новых сведений об объемных свойствах полупроводников системы CdS–CdTe.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследования служили тонкодисперсные CdS, CdTe, а также их твердые растворы  $(\text{CdS})_x(\text{CdTe})_{1-x}$  ( $x = 0.16; 0.24; 0.5; 0.61$ ).

Твердые растворы получали методом изотермической диффузии бинарных соединений (CdS, CdTe) в вакуумированных запаянных кварцевых ампулах при температурах, близких к температуре плавления более легкоплавкого компонента (CdTe) [3]. Об образовании твердых растворов судили по результатам рентгенографических исследований (дифрактометр ДРОН — 3,  $\text{CuK}_{\alpha,\beta}$  — излучение).

Оптические и электрофизические свойства изучали методами УФ- и КР-спектроскопии.

УФ — спектры регистрировали на спектрофотометре UV-2501PC фирмы «Shimadzu» с приставкой диффузного отражения ISR — 240A в диапазоне 190–900 нм с разрешением 1 нм; спектры комбинационного рассеяния (КРС) — на Рамановском Фурье — спектрометре BRUKER RFS — 100/s (длина волны возбуждающего лазера  $\lambda = 785$  нм, мощность — до 100 мВт, спектральное разрешение —  $3 \text{ см}^{-1}$ ).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

УФ-спектры твердых растворов с избытком теллурида кадмия (рис. 1) имеют форму, сходную со спектром сульфида кадмия, а также ярко выраженное плечо в интервале длин волн 550–725 нм, обусловленное возникновением экситонного эффекта [1–4].

Рассчитанные по полученным УФ-спектрам значения ширины запрещенной зоны ( $\Delta E$ ) представлены в табл.

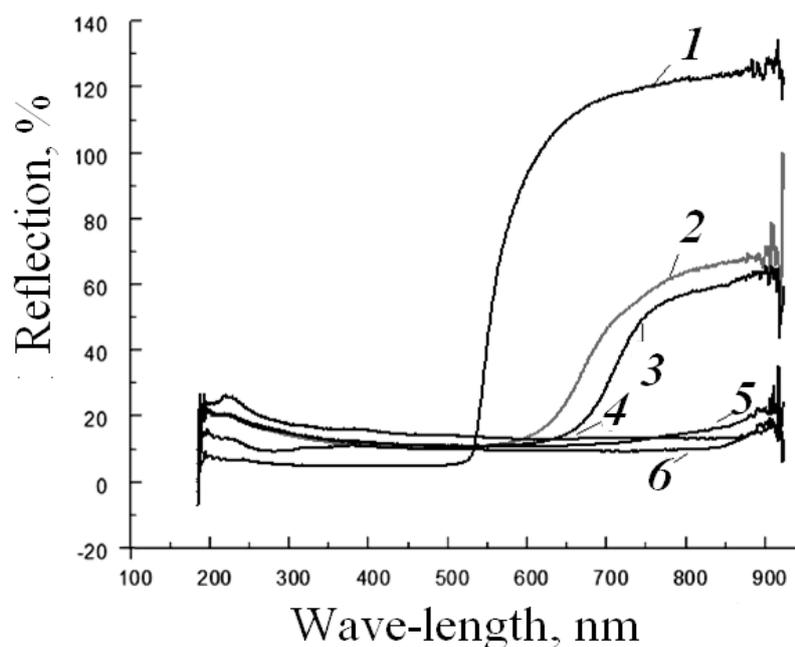


Рис. 1. УФ-спектры компонентов системы CdS–CdTe: 1 — CdS; 2 —  $(\text{CdS})_{0.16}(\text{CdTe})_{0.84}$ ; 3 —  $(\text{CdS})_{0.24}(\text{CdTe})_{0.76}$ ; 4 —  $(\text{CdS})_{0.5}(\text{CdTe})_{0.5}$ ; 5 —  $(\text{CdS})_{0.6}(\text{CdTe})_{0.4}$ ; 6 — CdTe

Таблица 1. Значения ширины запрещенной зоны компонентов системы CdS–CdTe

Мол. доля CdS ( $X_{CdS}$ )	Ширина запрещенной зоны, $\Delta E$ , эВ.
0	1,51
0,16	2,25
0,24	2,13
0,5	1,63
0,6	1,64
1	2,44

1 и на рис. 2. Анализ этих результатов показывает: значения ширины запрещенной зоны бинарных компонентов практически совпадают с литературными данными. Для сульфида кадмия  $\Delta E$  равна 2.44 эВ (табличное значение — 2.4–2.53 эВ), а для теллурида кадмия — 1.51эВ (табличное значение — 1.49–1.5 эВ).

Зависимость ширины запрещенной зоны компонентов системы CdS — CdTe от состава имеет нелинейный характер, с максимумом при  $X_{CdS} = 0.16$  и минимумом при  $X_{CdS} = 0.61$  (табл. 1, рис. 2), что характерно для твердых растворов, образованных полупроводниковыми соединениями [1–4].

В настоящее время не существует строгой теории, способной объяснить отклонение  $\Delta E(x)$  от линейной зависимости. Используют два приближения: диэлектрическую модель Ван-Вехтена и Бергштрессера [3–8] и мо-

дель псевдопотенциала Хилла и Ричардсона. Авторы первой модели считают, что определяющую роль в отклонении  $\Delta E(x)$  от линейной зависимости для твердых растворов играют флуктуации кристаллического потенциала, вызванные хаотическим расположением замещающих атомов. По мнению авторов второй модели, это отклонение является следствием нелинейных свойств кристаллического поля. Обе модели, хотя и исходят из различных физических предпосылок, удовлетворительно описывают экспериментальные данные для твердых растворов как на основе бинарных, так и на основе тройных соединений.

Конкретный характер зависимости  $\Delta E(x)$  во многом определяется типом зонной структуры соединений-партнеров, то есть положением их энергетических долин в пространстве квазиимпульсов (k-пространстве). В частности,

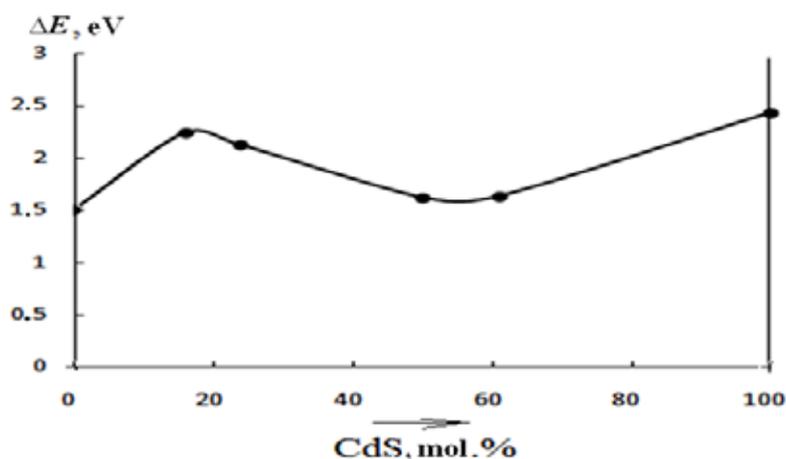


Рис. 2. Зависимость ширины запрещенной зоны компонентов системы CdS — CdTe от состава

Таблица 2. Значения частот примесной ( $\nu_p$ ), межзонной люминесценций ( $\nu_m$ ) и максимума интенсивности излучения ( $I$ ) компонентов системы CdS–CdTe

Мол. доля CdS ( $X_{CdS}$ )	$\nu_m$ , см <sup>-1</sup> /нм	$I$ , отн. ед.	$\nu_p$ , см <sup>-1</sup> /нм	$I$ , отн. ед.
0	3789/658	0,007	106/800	0,008
0,16	3543/618	0,10	6/808	0,015
0,24	3757/610	0,035	8/810	0,01
0,5	3691/690	0,012	9/809	0,018
0,6	3715/694	0,006	5/808	0,004
1	4000/580	0,4	6,9/812	0,01

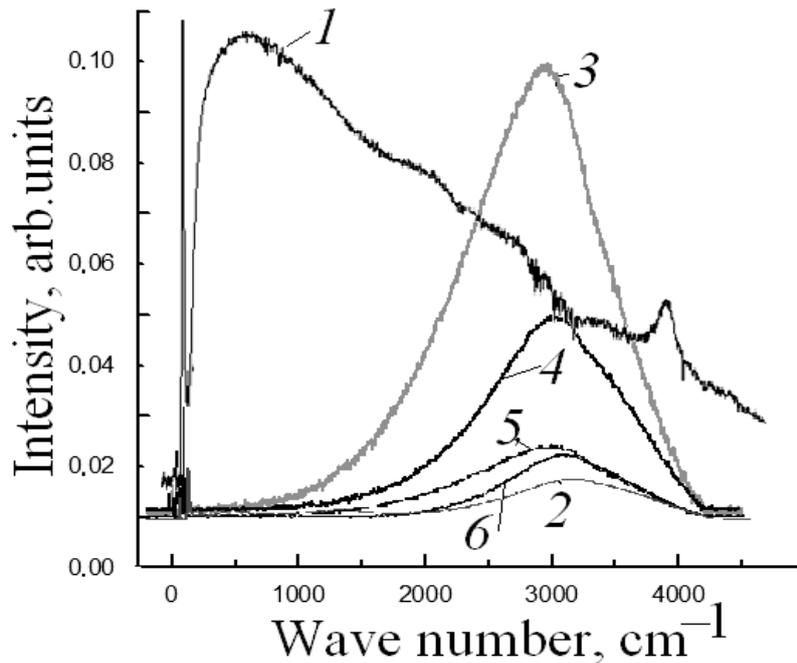


Рис. 3. Спектры комбинационного рассеяния компонентов системы CdS — CdTe: 1 — CdS; 2 — CdTe; 3 —  $(\text{CdS})_{0.16}(\text{CdTe})_{0.84}$ ; 4 —  $(\text{CdS})_{0.24}(\text{CdTe})_{0.76}$ ; 5 —  $(\text{CdS})_{0.5}(\text{CdTe})_{0.5}$ ; 6 —  $(\text{CdS})_{0.6}(\text{CdTe})_{0.4}$

излом зависимости  $\Delta E(x)$  наблюдается в тех твердых растворах, в которых исходные бинарные соединения имеют зонные структуры различных типов, то есть различное расположение главных энергетических минимумов зоны проводимости в  $k$ -пространстве.

В соответствии с этим, минимум и максимум на полученной зависимости  $\Delta E$  от состава системы CdS—CdTe  $\Delta E(x)$  можно объяснить различием в типах зонных структур и накоплением дефектов при взаимодействии исходных бинарных соединений.

На основе УФ-спектроскопических исследований было также показано УФ-свет, поглощаемый компонентами системы CdS—CdTe преобразуется, в зависимости от состава, в зеленое, голубое, желтое и красное излучение. Такой факт позволяет говорить о возможности их практического применения в качестве материалов для УФ-преобразователей и УФ-детекторов.

На рис. 3 представлены спектры комбинационного рассеяния (КР-спектры) компонентов изучаемой системы CdS—CdTe, экспериментально полученные в областях антистоксовского ( $0-500\text{ см}^{-1}$ ) и стоксовского ( $0-4000\text{ см}^{-1}$ ) излучений.

При анализе спектров комбинационного рассеяния выявлено изменение относительной интенсивности, уширение пиков излучения и их смещение с увеличением содержания CdS, что является следствием изменения координационного окружения атомов исходных бинарных компонентов, ширины запрещенной зоны и, в согласии с вышесказанным, свидетельствует об образовании твердых растворов замещения [6].

В КР — спектрах твердых растворов и бинарного компонента сульфида кадмия в антистоксовской области присутствуют узкие пики (характеризующие примесную люминесценцию), соответствующие частотам колебаний кристаллической решетки гексагональной модификации. Это так же является косвенным подтверждением образования твердых растворов [7].

При возбуждении излучением лазера на одной длине волны  $\lambda = 745\text{ нм}$  люминесценция (межзонная) бинарных компонентов и твердых растворов системы CdS—CdTe отличается интенсивностью. С увеличением содержания CdS и ростом ширины пиков люминесценции (рис. 3) а их интенсивность изменяется через максимум, приходящийся на твердый раствор состава  $(\text{CdS})_{0.16}(\text{CdTe})_{0.84}$ .

Изменение частот люминесценции компонентов системы CdS—CdTe (табл. 2), характеризуют изменение частот оптических переходов (межзонной люминесценции), говорит об изменении ширины запрещенной зоны при образовании твердых растворов [5–8]. Рассчитанные на основе КР — спектров значения ширины запрещенной зоны для CdTe,  $(\text{CdS})_{0.16}(\text{CdTe})_{0.84}$ ;  $(\text{CdS})_{0.24}(\text{CdTe})_{0.76}$ , CdS составляют 1.5; 2.18; 2.01; 2.49 эВ соответственно и находятся в хорошем согласии с результатами определения ширины запрещенной зоны на основе УФ-спектроскопических исследований.

При изучении КР-спектров исследуемой системы (табл. 2, рис. 3) обнаружено: твердые растворы  $(\text{CdS})_x(\text{CdTe})_{1-x}$  и бинарные компоненты (CdS, CdTe) испускают спектры люминесценции красного, оранжевого и желтого свечения (580–722 нм). Материалы, обладающие такими свойствами, целесообразно использовать для изго-

товления приборов в оптоэлектронике и нанотехнике (излучательных лазеров, солнечных батарей и светодиодов).

Таким образом на основе результатов УФ- и КР-спектроскопических исследований удалось

— подтвердить образование в системе CdS—CdTe твердых растворов замещения гексагональной модификации;

— определить значения ширины запрещенной зоны и интервалы спектров свечения компонентов системы CdS—CdTe;

— установить: за интенсивность люминесценции и центры свечения, в свою очередь, ответственны дефекты (вакансионные и структурные), а также избыточные атомы полупроводниковых материалов.

#### Литература:

1. Кировская, И. А. Твердые растворы бинарных и многокомпонентных полупроводниковых систем. — Омск, ОмГТУ, 2010—400 с.
2. Кировская, И. А. Поверхностные свойства бинарных алмазоподобных полупроводников. — Омск, ОмГТУ, 2012—416 с.
3. Кировская, И. А. Адсорбционные процессы. — Иркутск, ИГУ, 1995—300 с.
4. Левшин, Л. В., Салецкий А. М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Молекулярная спектроскопия. — М., МГУ, 1994 — ч. I. — 320 с.
5. Карпов, С. В., Новиков Б. В, Смирнов М. Б., Давыдов В. Ю. и др. // ФТП, 2011 — Т. 53 — №.7 — с. 1359
6. Косяченко, Л. А., Склярчук В. М., Склярчук О. В., Масляничук О. Л. // ФТП, 2011 — Т. 45 №10 — с. 1323
7. Накамото, К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений — М., Мир, 1991 — 536 с.
8. Валеев, Р. Г., Романов Э. А., Воробьев В. Л., Гильмутдинов В. Ф. // ХФМ, 2011 — Т. 13 — №4 — с. 540

# ИНФОРМАТИКА

## Дизайн компьютерных приложений для визуализации информации об учебных компьютерных моделях

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук, доцент  
Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко (Удмуртская Республика)

*В статье рассмотрены варианты дизайна многооконных компьютерных приложений, моделирующих движение различных абстрактных объектов (физических моделей): маятников, связанных упругими связями материальных точек и т. п. Эти приложения представляют собой обучающие физике программы, важными элементами которых являются учебные компьютерные модели (визуальные образы объектов, дополненные графиками зависимостей характеристик этих объектов от времени, фазовыми диаграммами и другой графической информацией). Обучающийся, использующий эти приложения, имеет возможность наблюдать за виртуальным образом объекта (образной моделью) «в режиме реального времени», получая субъективно новые знания.*

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, виртуальная среда, компьютерная визуализация, учебная информация, дизайн, интерактивность, компьютерная программа, мультимедиа, человеко-машинные системы, субъективная новизна.

В настоящее время в процесс обучения все чаще внедряются такие системы обучения, одним из технических средств которых является компьютер [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7]. В самом широком смысле под средством деятельности обычно понимается то, что стоит между ее субъектом и желаемым продуктом [8, с. 20]. В узком смысле под средством могут понимать орудие деятельности. Именно в такой интерпретации чаще всего рассматривают технические средства обучения, к которым следует отнести и компьютерные средства. С другой стороны, к техническим средствам обучения можно отнести совокупность предметов и устройств, которые выполняют информационную, управляющую или тренировочную функцию. В данной статье нас, в первую очередь, будут интересовать технические средства обучения, выполняющие информационную (то есть те, которые служат для передачи учебной информации [3; 4; 5]) и управляющую функцию (те, которые предназначены для управления процессом обучения [1; 2; 6; 7]). К ним мы относим совокупность специфических учебных компьютерных программ (дидактических информационных пособий [3; 4; 6]) и соответствующей аппаратуры для воспроизведения заложенной в этих пособиях информации [8, с. 21]. Ясно, что аппаратура в данном случае нужна для перевода информации из формы, удобной для фиксации и хранения, в форму, доступную для восприятия [1; 2; 6]. Как правило, тех-

нические средства обучения применяются в следующих случаях [8, с. 23]:

- органы чувств человека не способны воспринять тот или иной тип сигнала;
- для передачи учебной информации с помощью традиционных способов требуется слишком много времени;
- непосредственно наблюдаемые признаки изучаемого объекта или процесса не отражают его сущности и требуют проведение исследования недоступных для непосредственного наблюдения характеристик;
- непосредственное наблюдение объекта или процесса вообще невозможно или затруднено.

Дидактические информационные средства могут быть [8, с. 25]:

- визуальными (или экранными);
- аудитивными (звуковыми);
- аудиовизуальными (экранно-звуковыми).

Компьютерные средства следует отнести к третьему типу. Однако в рамках этой статьи мы рассмотрим только те особенности этих средств, которые следует отнести к их визуальному восприятию [1; 2]. Некоторые программы, рассмотренные в статье, имеют звуковое сопровождение, но оно в данном случае не играет существенной роли при обучении, а иногда может и мешать (например, при одновременной работе обучающихся за компьютерами в одном кабинете). Рассматриваемые приложения, созданные нами, являются мультимедийными и интерактивными. Суще-

ствуют различные формы взаимодействия пользователя с мультимедийной информацией [8, с. 36]: управление, получение дополнительной информации и диалог. Кроме того, следует отметить, что средства активного взаимодействия могут предполагать использование виртуальной реальности, которая создает у пользователя иллюзию реального присутствия в мире, изображенном на экране компьютера. Все дидактические информационные средства обладают двойственным (бифункциональным) назначением, то есть содействуют не только решению дидактических задач, но и художественно-эстетических [8, с. 37]. Следовательно, требования к дидактическим информационным средствам должны учитывать педагогико-эргономические параметры, которые зависят от учета свойств и функций, а также условий применения компьютерных приложений для обучения [6]. Кроме того, важно учитывать и взаимосвязь этих средств с другими видами средств обучения (в том числе и с аппаратной частью этих средств, то есть с компьютером). Сразу укажем, что предлагаемые нами приложения должны использоваться на компьютерной технике типа desktop, где в качестве визуализирующих устройств могут использоваться монитор, телевизор или проектор. Интерфейс программ имеет такой вид, что в качестве устройств ввода для интерактивного взаимодействия лучше использовать манипулятор «мышь» и клавиатуру. Предполагается, что программы будут использоваться на компьютерах с операционными системами семейства Windows (Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8). Для планшетных компьютеров такой интерфейс будет не удобен.

В этой статье мы рассмотрим экранный вид приложений одинакового назначения. Это учебные компьютерные программы, моделирующие механическое движение различных тел согласно дифференциальным уравнениям, описывающих физические законы (законы механики). К приложениям предъявлялись следующие основные требования:

- визуализируется образная модель объекта исследования;
- демонстрируются графики зависимостей характеристик движения (координат, проекций скорости, проекций ускорения, кинетической энергии, потенциальной энергии и т. д.) от времени;
- на экране размещены элементы управления моделью (кнопки, указатели, движки, элементы для ввода числовых значений величин и т. д.).

В качестве дополнительного требования мог выступать вывод на экран других графиков зависимостей, отличных от временных (например, фазовых диаграмм и т. п.).

На рис. 1 показан план размещения окон приложения первого типа. А на рис. 2 и 3 приведен вид окон приложений такого типа, выведенных на экран компьютера. Размер окон зависит от разрешения экрана компьютера и его размера, при этом все пропорции (соотношения горизонтальных размеров окон) сохраняются, а вертикальный размер окон совпадает с вертикальным размером экрана. Окна для визуализации образных моделей находятся слева, окна с элементами управления — справа. В центре размещаются окна для вывода информации в виде графиков.

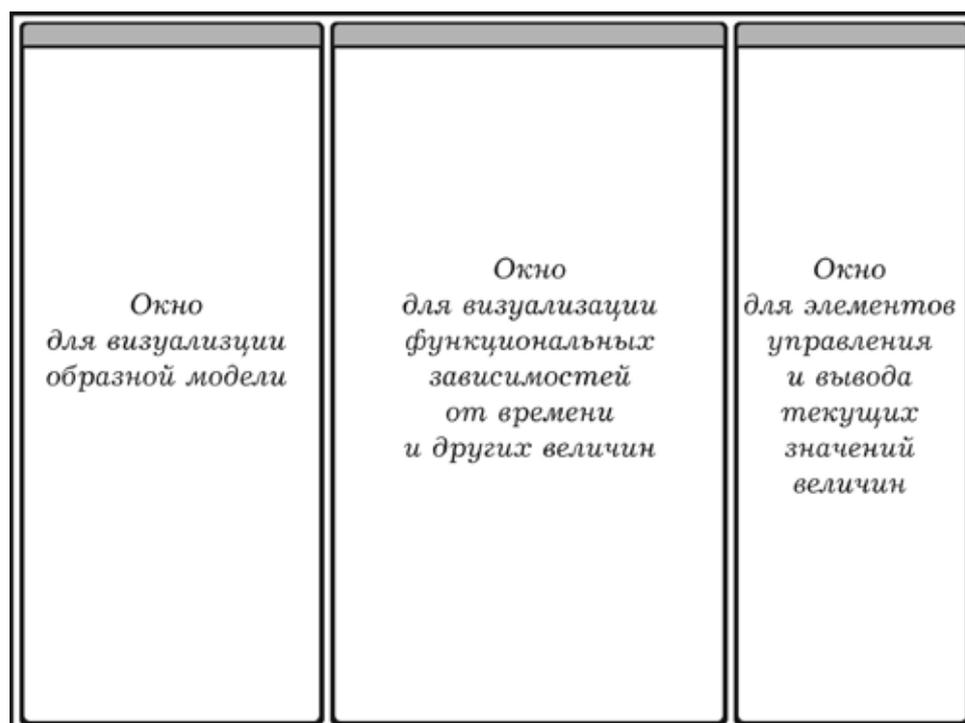


Рис. 1. Размещение окон приложений первого типа

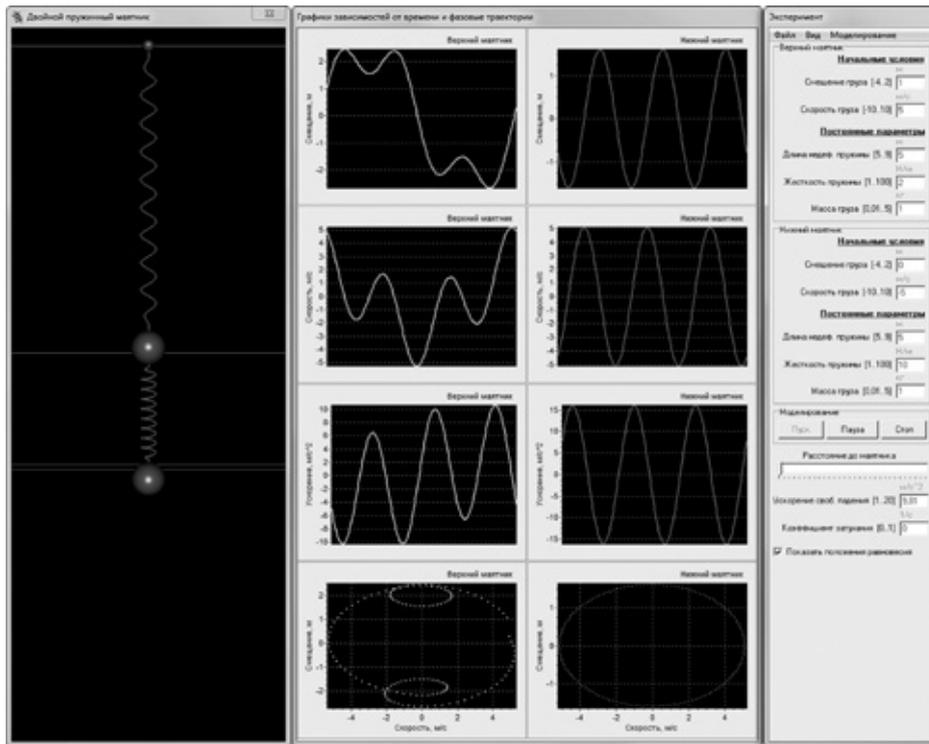


Рис. 2. Пример дизайна приложения, моделирующего свободные колебания двойного вертикального пружинного маятника

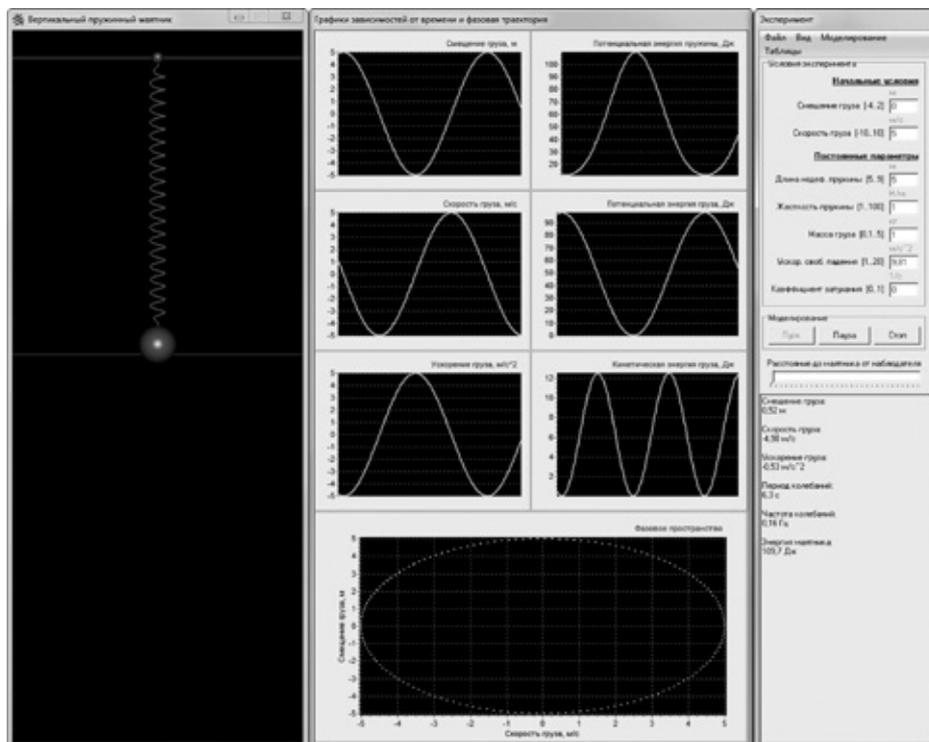


Рис. 3. Пример дизайна приложения, моделирующего свободные колебания вертикального пружинного маятника

Окно с элементами управления представляет собой двунаправленный (интерактивный) интерфейс, с помощью которого компьютер, получив команды от пользователя и выполнив их, выдает визуальную информацию,

приняв которую, пользователь выдает последующие команды с помощью средств, предоставленных в его распоряжение. На самом деле, управление моделью осуществляется пользователем не только с помощью эле-

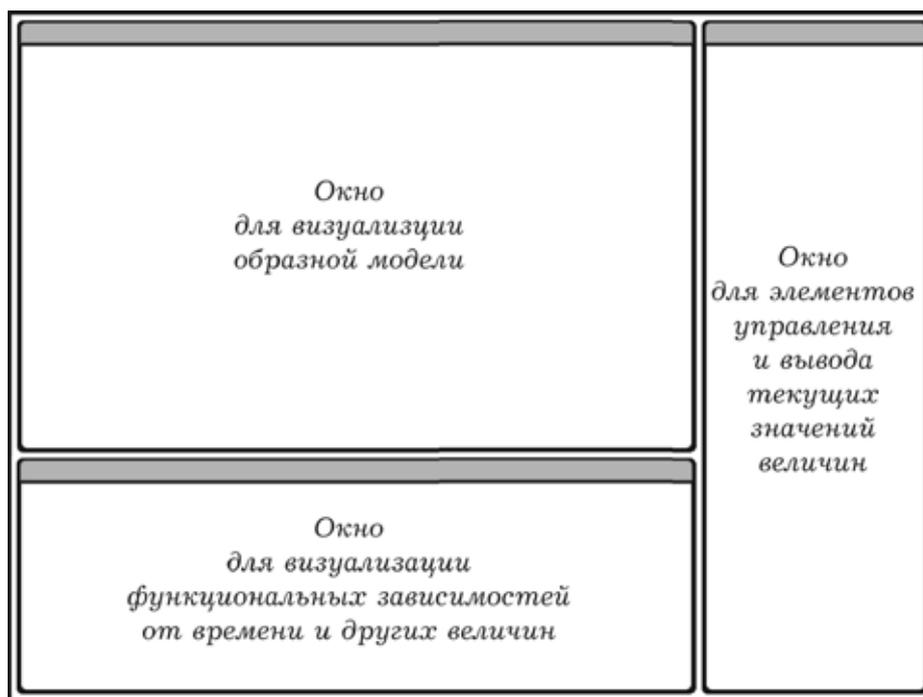


Рис. 4. Размещение окон приложений второго типа

ментов, размещенных в этом окне. Программы имеют еще и так называемый логический интерфейс, который подразумевает наличие в программе набора правил, согласно которым совокупность действий пользователя приводит к необходимой реакции компьютера (виртуальной среды) к выполнению той или иной задачи. Например, приближать и удалять образную модель можно с помощью колесика «мыши», а менять угол зрения — с помощью правой кнопки мыши, когда одновременное ее нажатие и перемещение «мыши» приводит к нужному результату.

Второй тип приложений также имеет три окна: окно для визуализации образной модели, окно для визуализации функциональных зависимостей характеристик модели от времени и других величин, окно для элементов управления и вывода текущих значений величин (рис. 4). Различие состоит в том, что окно для визуализации функциональных зависимостей находится под окном для визуализации образной модели. На рис. 5 и 6 приведены примеры таких приложений, моделирующих волновые явления. Следует отметить, что иногда окно, содержащее элементы управления, разбивается на несколько сегментов с помощью панелей для того, чтобы пользователю программы было легче воспринимать информацию, представленную в данном окне.

Приложения третьего типа имеют четыре окна: окно для визуализации образной модели, окно для представления функциональных зависимостей характеристик образной модели от времени, окно для визуализации функциональных зависимостей этих характеристик от других величин, окно для элементов управления и вывода текущих значений характеристик образной модели (рис. 7).

На рис. 8 показан пример внешнего вида приложений такого типа. Программа моделирует сложение взаимно перпендикулярных механических колебаний.

Приложения четвертого типа имеют пять окон: окно для визуализации образной модели, окно для представления функциональных зависимостей характеристик образной модели от времени, окно для визуализации функциональных зависимостей этих характеристик от других величин, окно для элементов управления и окно для вывода текущих значений характеристик образной модели (рис. 9). На рис. 10, 11 и 12 показаны примеры внешнего вида приложений такого типа. Программы моделируют свободные колебания математического маятника (рис. 10), движение шарика по желобу (рис. 11) и колебания тела на бифилярном подвесе, при которых длина подвеса может изменяться (рис. 12).

Приложения пятого типа имеют те же пять окон, однако изменен порядок их размещения на экране (рис. 13). На рис. 14 показан пример внешнего вида приложения такого типа. Программа моделирует столкновение математического маятника с бруском, который в результате такого столкновения начинает двигаться по плоской горизонтальной поверхности.

Приложения шестого типа имеют те же окна, что и приложения третьего типа. Отличием является лишь то, что они имеют два окна для визуализации функциональных зависимостей от времени (рис. 15). Это бывает необходимо в тех случаях, когда пользователь должен наблюдать за характеристиками двух объектов, входящих в состав образной модели. На рис. 16 и 17 показаны примеры внешнего вида таких приложений. Программы моделируют свободные колебания двойного математического ма-

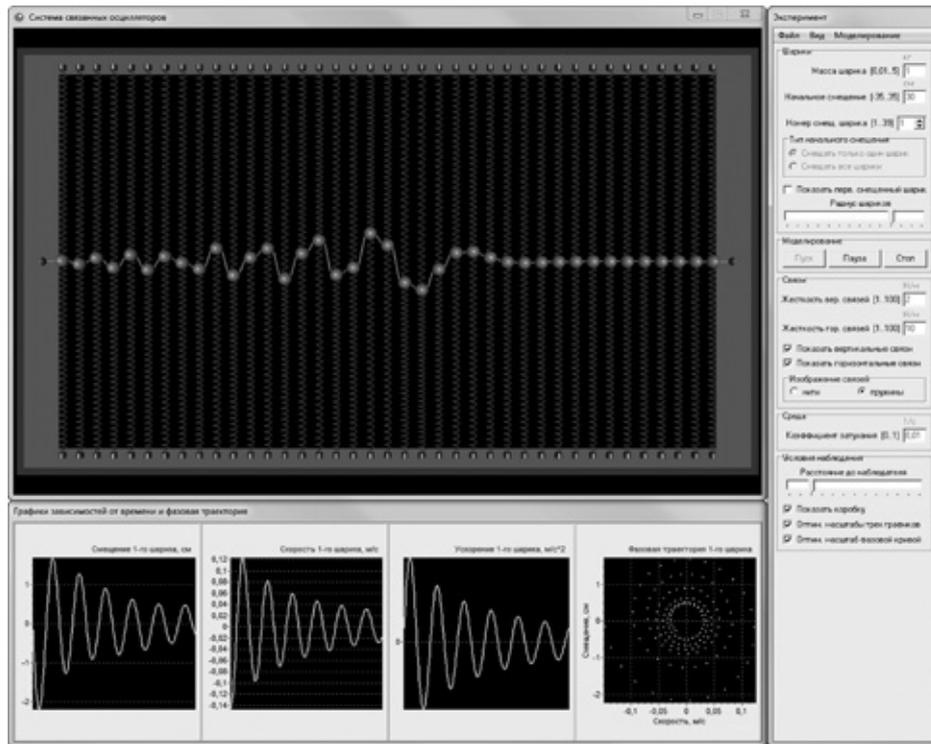


Рис. 5. Пример дизайна приложения, моделирующего поведение системы связанных осцилляторов

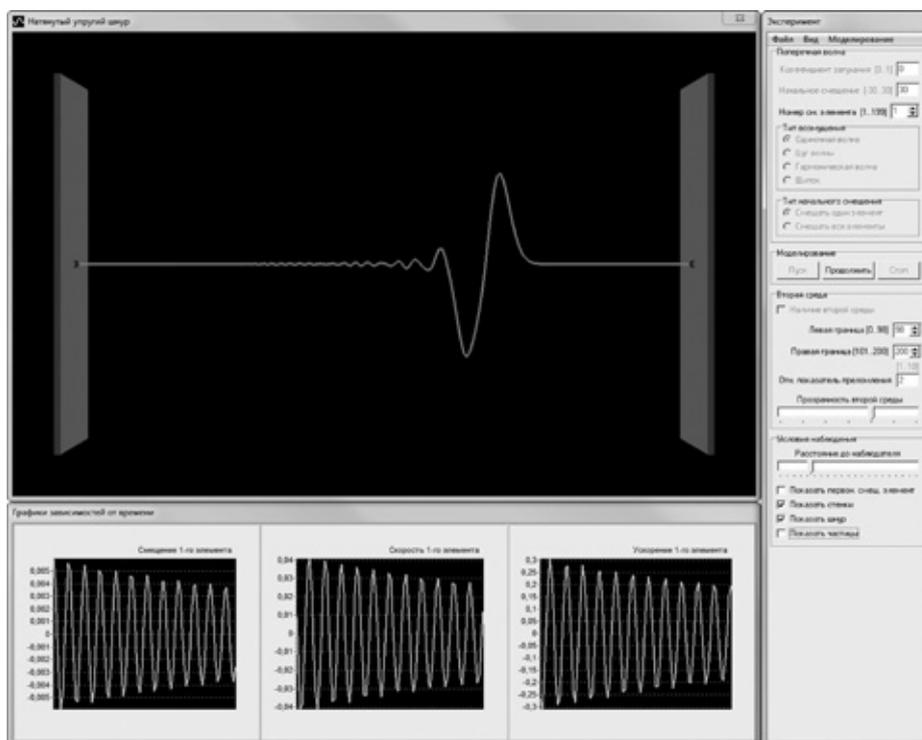


Рис. 6. Пример дизайна приложения, моделирующего поведение системы связанных осцилляторов

ятника (рис. 16) и колебания системы, состоящей из двух математических маятников с упругой связью (рис. 17).

В заключении отметим, что при разработке приложений нами также учитывалась такая характеристика пользовательского интерфейса, как безопасность. Обес-

печение безопасности пользовательских интерфейсов осуществляется с помощью разработки моделей информационной безопасности при условии комплексного учета информационных, функциональных, психофизиологических и экологических аспектов безопасности. Это

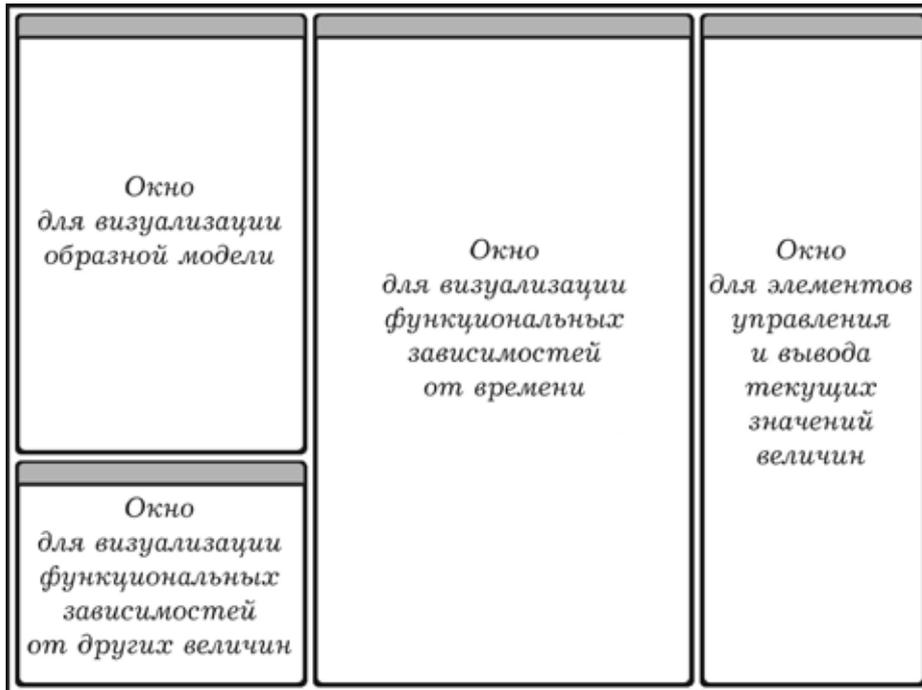


Рис. 7. Размещение окон приложений третьего типа

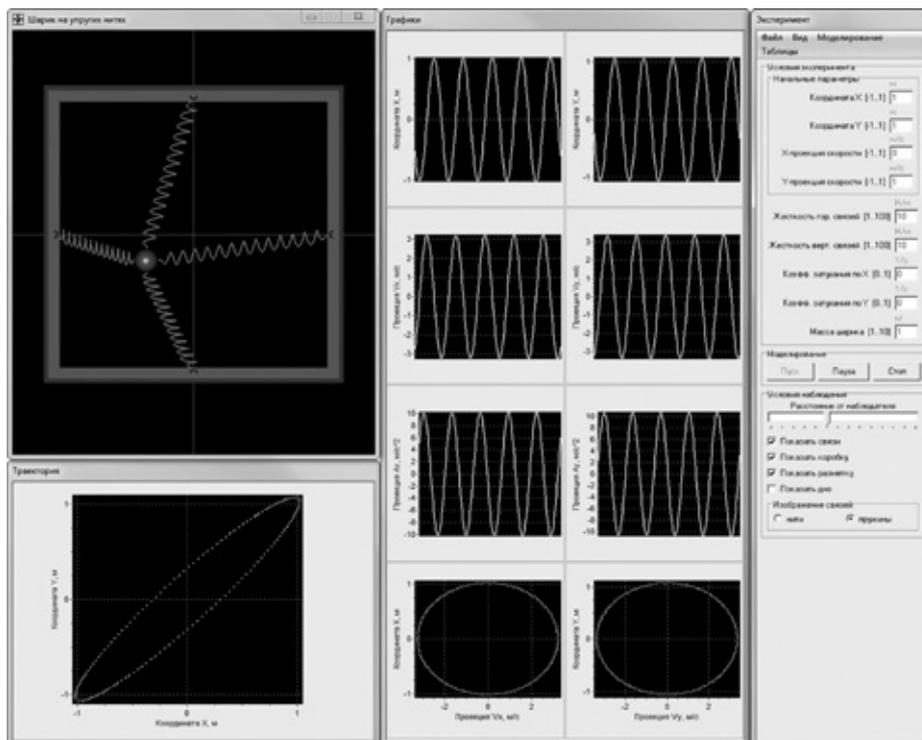


Рис. 8. Пример дизайна приложения, моделирующего движение тела, имеющего четыре упругие связи

связано, прежде всего, с включением информационного фактора в состав учитываемых факторов среды человеко-машинных систем и информационным характером происходящих на уровне интерфейса пользователя процессов. Учитывались следующие факторы: цветовое оформление (не использовались очень яркие, раздра-

жающие и сильно возбуждающие цвета), громкость и неожиданность для пользователя возникающих звуковых эффектов (громкость должна быть небольшой, а эффект ожидаемым), напряженность и направленность внимания пользователя и т.д. Также при проектировании интерфейса в разрабатываемых нами человеко-машинных си-

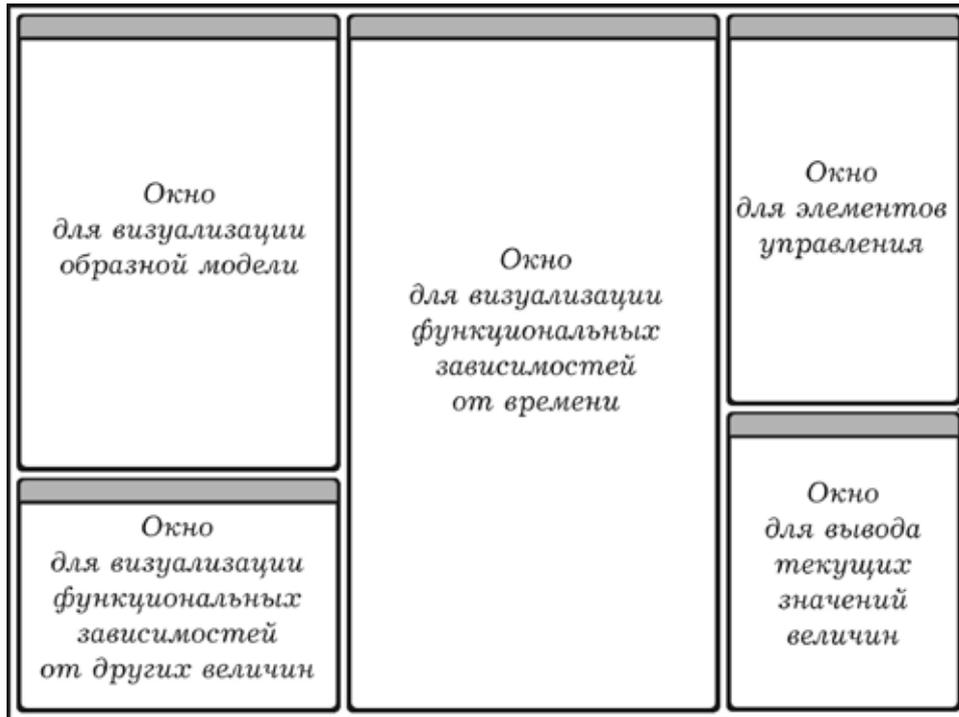


Рис. 9. Размещение окон приложений четвертого типа

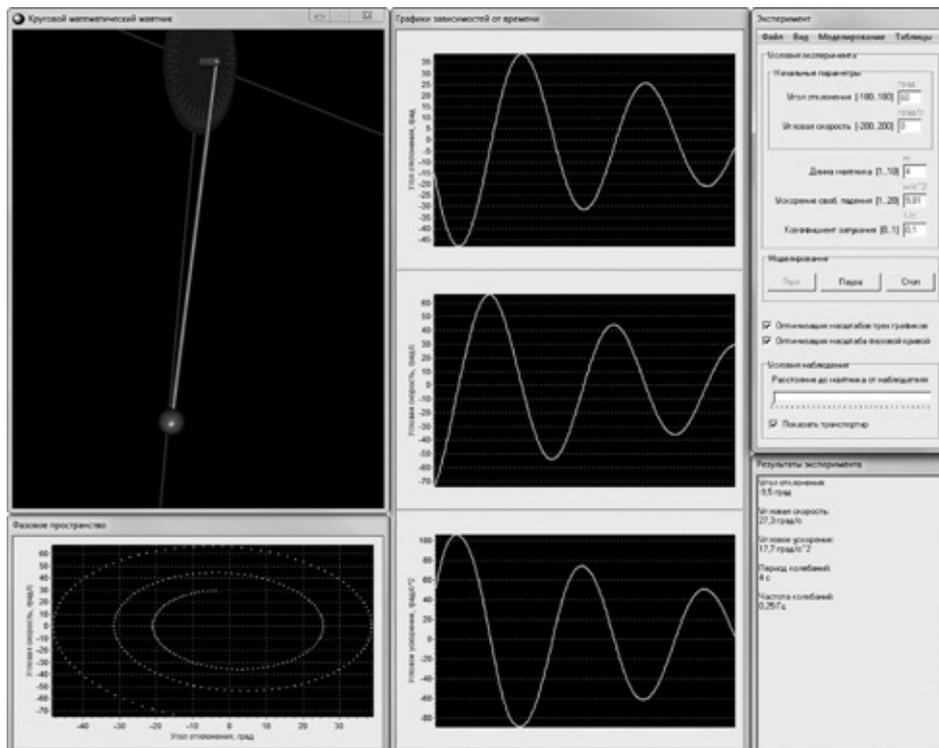


Рис. 10. Пример дизайна приложения, моделирующего свободные колебания кругового математического маятника

стемах мы стремились свести к минимуму следующие факторы:

- искажение воспринимаемой пользователем информации за счет ее зашумления второстепенными источниками информационной среды;

- потеря или искажение воспринимаемой пользователем информации из-за физической, семантической или синтаксической несогласованности ее представления пользователю;

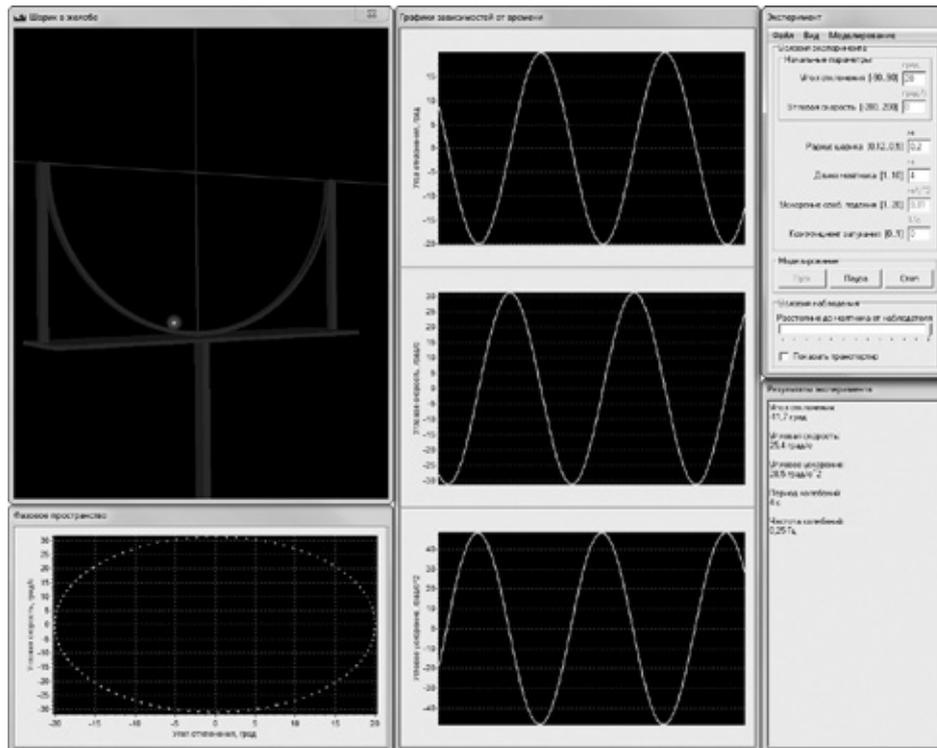


Рис. 11. Пример дизайна приложения, моделирующего движение шарика по желобу

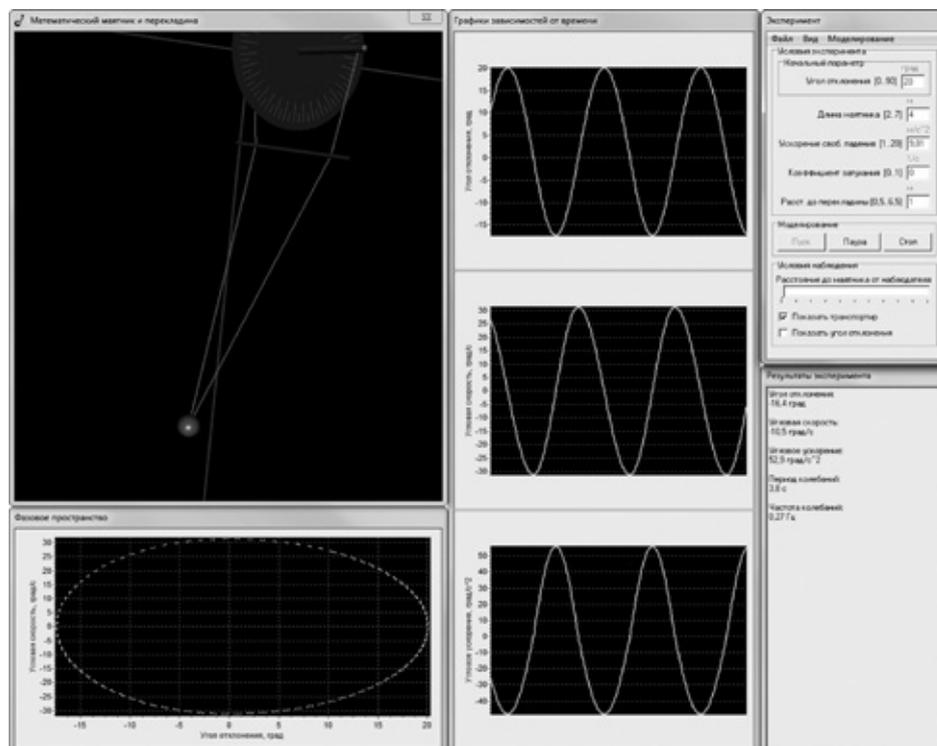


Рис. 12. Пример дизайна приложения, моделирующего свободные колебания тела на бифилярном подвесе

— искажение представлений пользователя о реальном состоянии образной модели за счет скрытых информационных воздействий и неадекватное принятие им решений

в процессе решения задач в рамках человеко-машинной системы.

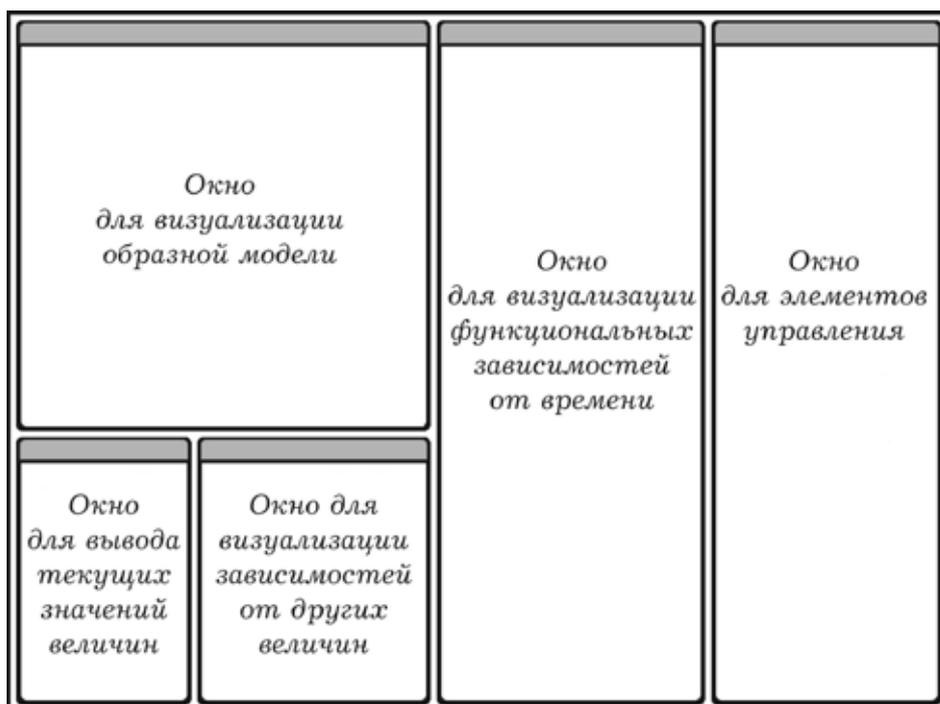


Рис. 13. Размещение окон приложений пятого типа

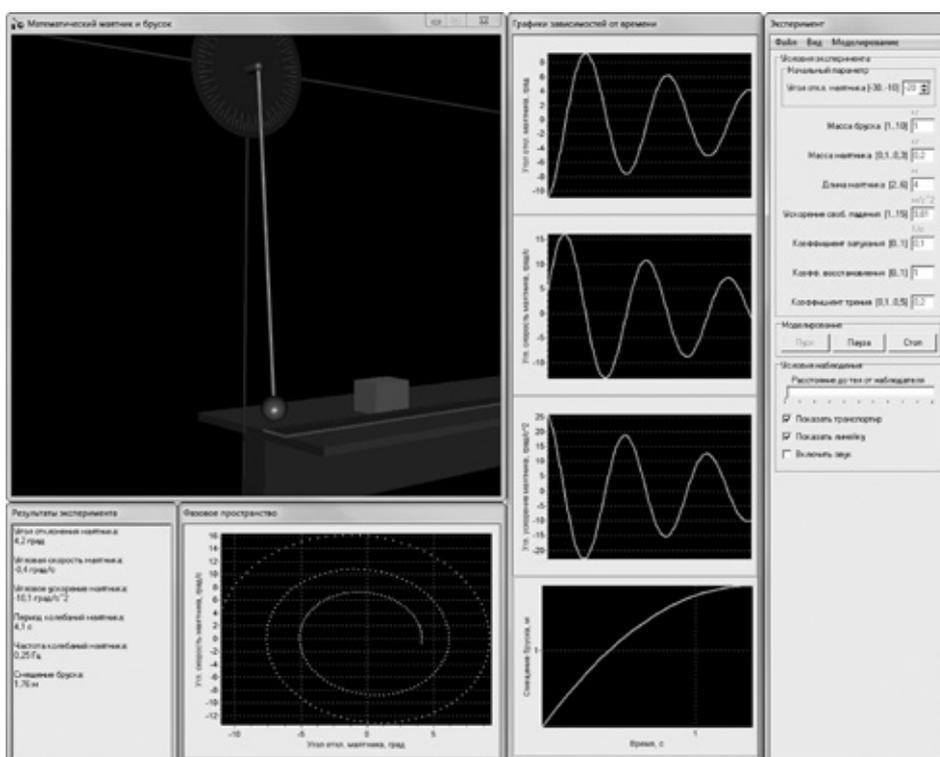


Рис. 14. Пример дизайна приложения, моделирующего взаимодействие тела на горизонтальной плоскости и математического маятника



Рис. 15. Размещение окон приложений шестого типа

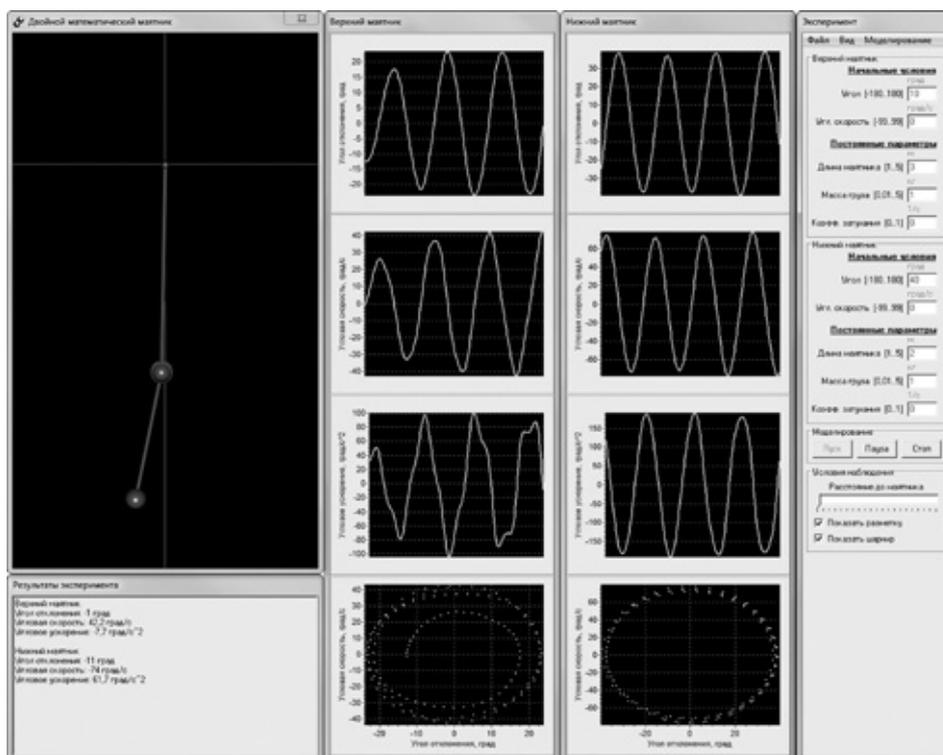


Рис. 16. Пример дизайна приложения, моделирующего колебания двойного математического маятника

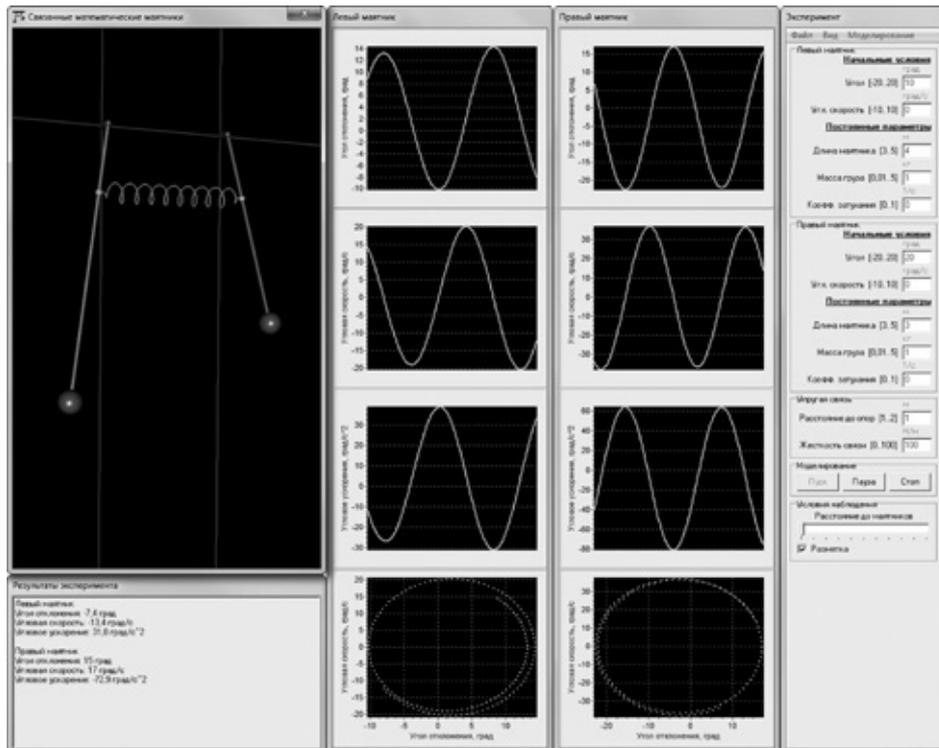


Рис. 17. Пример дизайна приложения, моделирующего движение системы двух упруго связанных математических маятников

#### Литература:

1. Данилов, О.Е. Дидактическая модель формирования понятия поля физической величины с помощью компьютерной визуализации/О.Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — №6. — с. 19–28.
2. Данилов, О.Е. Дидактическая модель формирования понятия поля физической величины с помощью компьютерной визуализации на основе таксономии Герлаха-Салливана/О.Е. Данилов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2013. — №3. — URL: <http://ekoncept.ru/2013/13053.htm>.
3. Данилов, О.Е. Изучение интерференции с помощью компьютерного моделирования/О.Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — №9. — с. 50–58.
4. Данилов, О.Е. Компьютерная визуализация распределений физических величин в пространстве/О.Е. Данилов // Молодой ученый. — 2013. — №11. — с. 582–587.
5. Данилов, О.Е. Концепция метода компьютерной визуализации полей физических величин/О.Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — №4. — с. 88–97.
6. Данилов, О.Е. Методика изучения интерференции волн от двух точечных источников с помощью компьютерного моделирования/О.Е. Данилов // Молодой ученый. — 2013. — №2. — с. 351–358.
7. Данилов, О.Е. Формирование умения проводить теоретическое исследование при изучении распределения физической величины в пространстве с помощью компьютерной модели/О.Е. Данилов // Дистанционное и виртуальное обучение. — 2013. — №7. — с. 84–94.
8. Смирнов, А.В. Методика применения информационных технологий в обучении физике: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/А.В. Смирнов. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 240 с.

## Применение облачных технологий в системах умного дома

Николаев Павел Леонидович, аспирант

Российский государственный технологический университет имени К. Э. Циолковского (г. Москва)

*В статье рассматриваются способы организации удаленного управления системами умного дома с помощью облачных технологий. Вначале проанализировано типовое построение систем умного дома, а далее рассматривается внедрение облачных технологий в подобные системы.*

**Ключевые слова:** умный дом, интеллектуальное здание, Интернет вещей, облачные вычисления.

### 1. Введение

Термин «умный дом» или «интеллектуальное здание» используется для обозначения современных домов и зданий, в которых инженерные, информационные системы и системы безопасности объединены в единую и организованную комплексную интеллектуальную систему. Данная интеллектуальная система призвана обеспечивать большую безопасность, а также наилучший комфорт обитателям дома.

Как правило, основная причина установки систем умного дома состоит в повышении домашнего комфорта путем автоматизации рутинных задач, таких как управление освещением, климат-контролем, системами мультимедиа и т. п.

Технологии умного дома состоят из двух основных составляющих: аппаратного и программного обеспечения. Типовое аппаратное обеспечение умного дома обычно включает в себя следующие компоненты:

- контроллер (зачастую в этой роли может выступать обычный персональный компьютер), на который устанавливается программное обеспечение для управления системами умного дома;

- модули (платы) расширения — специальные устройства, к которым подключаются различные датчики и управляемые устройства;

- конечное оборудование — датчики для отслеживания различных параметров и устройства, управление которыми ложится на плечи умного дома.

На рисунке 1 представлена типовая схема аппаратного обеспечения умного дома.

Управление, настройка и диагностика системам умного дома в этом случае осуществляются через стационарный компьютер.

### 2. Интернет вещей и облачные вычисления

В настоящее время большинство устанавливаемых систем умного дома не обладают функцией удаленного управления через Интернет. Между тем мобильные устройства с постоянным доступом к сети стали сегодня обыденным явлением, они есть практически у каждого.

В 1999 году основатель исследовательского центра Auto-ID Center в Массачусетском технологическом институте Кевин Эштон предложил термин Internet of Things (Интернет вещей). Его суть состоит в том, что вещи нового поколения будут не только «умными», но и объединенными в сеть — Интернет вещей. [1] Концепция предполагает, что такие устройства как смартфоны, планшеты, телевизоры, различные датчики и управляемые устройства, имеющие беспроводные модули Wi-Fi и Bluetooth,

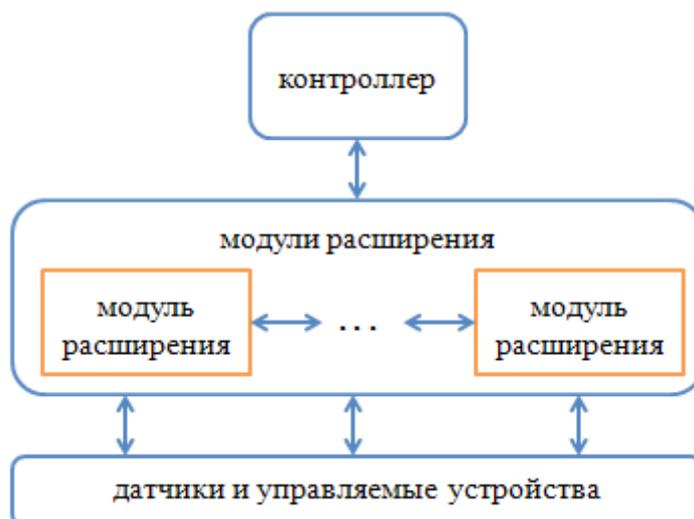


Рис. 1. Типовая схема аппаратного обеспечения умного дома

смогут взаимодействовать между собой и пользователями посредством этих беспроводных модулей.

В связи с массовым распространением мобильных устройств, соответствующих концепции Интернет вещей, стало возможным удаленное управление своим умным домом.

Очевидные преимущества при наличии функции удаленного управления системами умного дома:

— Главное преимущество — это конечно же большая безопасность. При нахождении жильцов за пределами своего дома или квартиры возможно удаленное наблюдение с помощью камер за ситуацией или удаленный мониторинг в доме путем отслеживания состояния различных датчиков, используемых в системах безопасности (пожарные датчики, датчики открытия/закрытия дверей и т.д.). Кроме того, для тех, кто часто забывает выключить свет или какие-нибудь приборы, данная функция будет очень полезной.

— Основное же преимущество — это повышение комфорта пользователей умного дома. Часто в управляющих системах умного дома используют сценарии по управлению светом и теплом, когда вся работа осуществляется в автоматическом режиме. Зачастую некоторые пользователи предпочитают обходиться без таких сценариев. И при наличии функции удаленного управления пользователь, например, может сам при подходе к своему дому или при уходе с работы включить необходимые ему устройства (включить освещение, бытовые приборы, а также заранее включить отопление или кондиционер).

Осуществление функции удаленного доступа возможно с помощью применения облачных вычислений, когда пользователи обеспечиваются повсеместным доступом

к сетевым вычислительным ресурсам, сервисам и приложениям.

Существует несколько моделей облачных вычислений. Применительно к рассматриваемому в статье варианту удаленного управления системами умного дома больше подходит модель SaaS (программное обеспечение как услуга). Данная модель подразумевает предоставление клиенту доступа к программному обеспечению через Интернет. Основное преимущество модели SaaS для конечного пользователя состоит в отсутствии необходимости установки и обновления программного обеспечения, также ему не нужно заботиться о работоспособности оборудования, на котором функционирует приложение.

При применении облачных вычислений в системах умного дома возможны два варианта. В первом случае контроллер (сервер) для управления устройствами умного дома может быть расположен не в самом доме (эту функцию возьмет на себя облако), благодаря чему управление системами умного дома может осуществляться откуда угодно при наличии доступа к Интернету. При втором варианте (рис. 2) контроллер может располагаться дома, но при этом через облако будет обеспечиваться только удаленное управление — все программное обеспечение будет установлено на облачном сервере. Кроме того, во втором случае от домашнего контроллера будет требоваться только функция для обеспечения модулям расширения доступа к Интернету, что в свою очередь уменьшает требования к техническим характеристикам контроллера. Также в случае внедрения удаленного управления уже в существующую систему умного дома не потребуется замены никакого оборудования, достаточно будет только обеспечить доступ контроллера к облачному серверу.



Рис. 2. Схема аппаратного обеспечения умного дома с функцией удаленного управления

Непосредственно удаленное управление системами умного дома возможно осуществлять либо через веб-браузер, либо через специальное мобильное приложение.

Стоит отметить еще одну немаловажную деталь. Многие современные устройства, используемые в умном доме, как конечное оборудование, так и управляющие устройства, работают по своим собственным протоколам передачи данных и, кроме того, могут взаимодействовать с Интернет-сервисами только через свои API. Поэтому зачастую нет возможности расширить систему умного дома, например, каким-нибудь умным холодильником, или же добавить к ней устройства, работающие по другим протоколам передачи данных. Однако с помощью облачного сервиса, который будет предоставлять общий интерфейс управления всеми системами, а различные устройства будут взаимодействовать между собой через облако, появляется возможность использования устройств от разных производителей с различными протоколами передачи данных. В итоге применение облачных технологий в системах умного дома позволит сделать их намного более гибкими, а также позволит сократить затраты на обслуживание и расширение системы.

### 3. Протокол взаимодействия облачного сервера с устройствами умного дома

Для успешного взаимодействия облачного сервера с устройствами умного дома оба этих компонента должны «разговаривать» друг с другом на одном языке. Самым простым решением в данном случае является обмен данными через XML-сообщения. Одним из протоколов, использующих XML для обмена данными, является SOAP

Литература:

1. Черняк, Л. Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. — 2013. — №04.
2. Интеграция и взаимодействие в сети Веб [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/485/341/lecture/8211>.

(от англ. Simple Object Access Protocol — простой протокол доступа к объектам). Основным преимуществом использования SOAP является то, что он способен обеспечивать непрерывное взаимодействие веб-сервиса с устройствами, работающими по различным протоколам передачи данных.

Остальные преимущества применения формата SOAP перед другими форматами для передачи данных:

- кодировать в XML структуры данных с использованием SOAP так же легко, как и данные простых скалярных типов;

- при использовании SOAP-сообщений предоставляются дополнительные инструменты, позволяющие легко добавлять, например, функции обеспечения безопасности или трассировки;

- имеются наборы инструментов SOAP для различных языков программирования. [2]

### 4. Заключение

В статье было рассмотрено применение облачных технологий в системах умного дома. Применение подобных технологий сулит обитателям дома значительное повышение безопасности и комфорта, а также упрощается дальнейшее обслуживание и расширение уже установленных систем умного дома.

Вместе с тем вопрос взаимодействия между собой облачного сервера с устройствами умного дома требует более детальной проработки. Кроме протокола SOAP следует рассмотреть и другие варианты, что будет являться темой дальнейших исследований.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Исследование температурных полей в методе неразрушающего контроля двухслойных полимерно-металлических изделий

Бородавкин Дмитрий Георгиевич, кандидат технических наук, ассистент;

Сычев Александр Александрович, студент;

Хромый Кирилл Сергеевич, студент;

Ярмизина Анастасия Юрьевна, студент

Тамбовский государственный технический университет

Известны контактные зондовые методы неразрушающего контроля (НК), позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) твердых материалов и температурные характеристики структурных переходов в полимерах [1–3].

Методы реализуются с помощью измерительных систем (ИС) [4–6].

Теплофизические свойства определяют по рабочим участкам нескольких термограмм, полученных при тепловом воздействии на поверхность объекта исследования от круглого источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). По моделям плоского и сферического полупространств рассчитывают ТФС, а значение температуры перехода определяют по аномалиям ТФС на температурных зависимостях с помощью статистических критериев.

Согласно измерительной схеме метода тепловое воздействие на двухслойную полимерно-металлическую систему с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R_H$ , встроенного в подложку ИЗ. Подложка ИЗ выполнена из теплоизоляционного материала. Радиус измерительного зонда —  $R_{ИЗ}$  (рис. 1). Размеры подложки ИЗ и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными. Температура в точках контроля измеряется с помощью термоприёмников (ТП1, ТП2).

Реализация тепловых методов неразрушающего контроля усложнена тем, что тепловое воздействие и получение измерительной информации в ходе эксперимента возможно осуществлять только на ограниченном участке поверхности исследуемого объекта. Поэтому наиболее сложной и важной задачей при создании новых методов неразрушающего контроля является разработка физико-математических моделей, адекватно описывающих тепловые процессы в объектах контроля [7–9].

Анализ процессов измерения, их моделей и источников погрешностей показывает, что в пределах временного интервала измерения в тепловой системе могут происходить существенные изменения, которые не позволяют описывать весь процесс измерения одной аналитической моделью с неизменными ограничениями и условиями. Неучет данного обстоятельства ведет к существенному увеличению погрешностей при определении ТФС неразрушающими методами [10, 11].

Основные источники погрешностей для ИС средств, реализующих тепловые неразрушающие методы, следующие.

1. Не соблюдается условие соответствия тепловой системы одной из классических моделей теплопереноса, например, модели полупространства.
2. Нарушается допущение относительно постоянства плотности теплового потока от нагревателя.
3. Не выполняются условия о направлении теплового потока вследствие конечных размеров нагревателя.
4. Не соблюдается предположение об адекватности аналитической модели процессу теплопереноса.

В основе разработанного метода НК лежат следующие предположения.

На термограмме имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Причем, этим участкам соответствуют тепловые режимы опыта, вышедшие на стадию регуляризации.

Известно, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности. Данное свойство доказано Лыковым А. В. [7]. Математическая модель, описывающая термограмму, в данном случае чаще всего является линейной по пара-

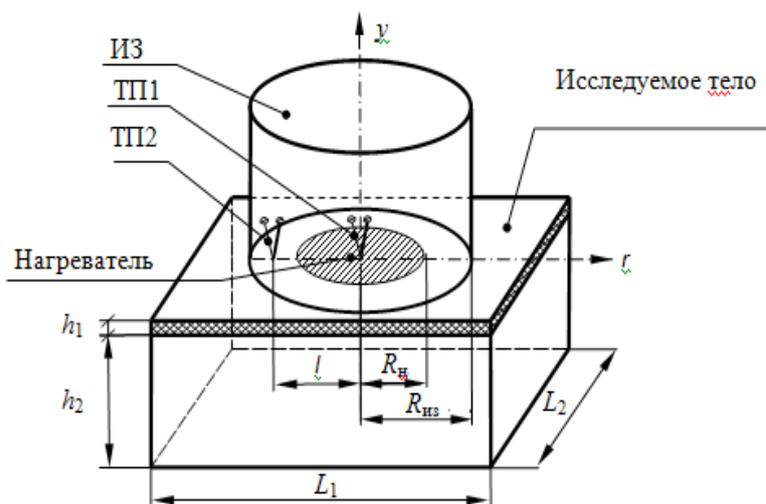


Рис. 1. Измерительная схема метода

метрам или легко линеаризуется. Однако основная часть этих методов базируется на моделях для тел конечных размеров. Применительно же к методам НК следует говорить не о регулярном тепловом режиме для всего тела (так как оно принимается неограниченным), а о регуляризации теплового процесса только для определенной (локальной) области тела. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя. Полученные ранее [11,12] решения краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, имеющих равномерное начальное температурное распределение и нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы (при регуляризации тепловых потоков), были использованы для получения математических выражений для расчета толщины низкотеплопроводных покрытий на металлических основаниях.

Цель данной работы — численное исследование температурных полей в методе неразрушающего контроля двухслойных полимерно-металлических изделий.

Данное исследование позволит выявить наличие стадии регуляризации теплового процесса и возможность применения одномерной математической модели распространения тепла в плоском полупространстве [11,12].

Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый — низкотеплопроводный с теплофизическими свойствами  $\lambda_1, c_1, \rho_1$ ; второй — высокотеплопроводный с теплофизическими свойствами  $\lambda_2, c_2, \rho_2$ . Толщина первого слоя —  $h_1$ , второго —  $h_2$ . Численно исследуется изделие с полимерным покрытием из пенополиуретана. Подложка изделия — в виде пластины из стали.

Размеры подложки измерительного зонда и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными. Для упрощения тепловой схемы и рас-

чётов пренебрегаем теплоёмкостью и оттоками тепла по проводам теплоприёмников.

Принимаем, что все элементы схемы находятся в идеальном тепловом контакте друг с другом. Боковые поверхности тел имеют тепловую изоляцию ( $q = 0$ ).

Для численного исследования авторы воспользовались численным моделированием температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

С помощью редактора модели ELCUT составлены описание задачи, ее геометрия, свойства сред, источники тепла, граничные и другие условия моделирования. Для построения геометрии задачи использованы следующие размеры объекта исследования. Размер подложки измерительного зонда: высота 20 мм, радиус 25 мм. Размеры двухслойного объекта: толщина изоляции 1 мм, толщина металлического основания 10 мм. Нагреватель из меди имеет следующие размеры: радиус 10 мм, высота 1 мм.

Теплофизические свойства материалов, из которых изготовлен объект исследования, сведены в таблицу 1.

После задания всех свойств и граничных условий произведено построение сетки конечных элементов, распределение узлов которой представлено на рис. 2.

На рис. 3. представлены термограммы (зависимости значений температуры в точках контроля от времени). Контролировали температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела подложка зонда — теплоизоляционное покрытие (термограмма 1); в середине слоя покрытия (термограмма 2); на границе раздела покрытие — металл (термограмма 3). Данные, представленные на рис. 3, позволяют выделить на термограммах 1–3 рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Можно сделать вывод о реализации режима регуляризации теплового процесса для локальной области изделия.

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов

Метка блока	Теплопроводность, $\lambda$ , Вт/(К·м)	Теплоемкость $c$ , Дж/(кг·К)	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Покрытие (пенополиуретан)	0,041	1470	80
Нагреватель (медь)	400	385	8890
Подложка зонда (рипор)	0,028	1270	50
Пластина (сталь 40)	47	462	7800

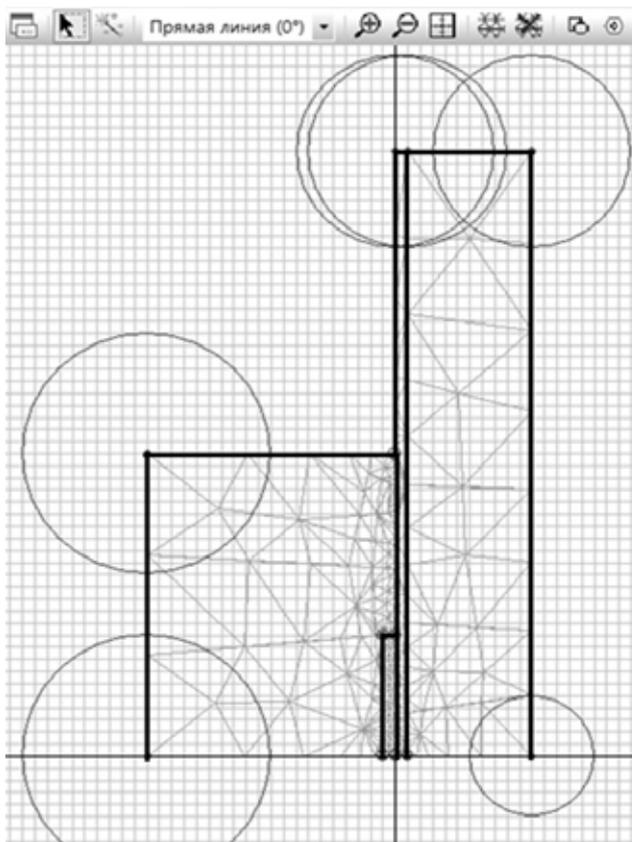


Рис. 2. Распределение сетки конечных элементов

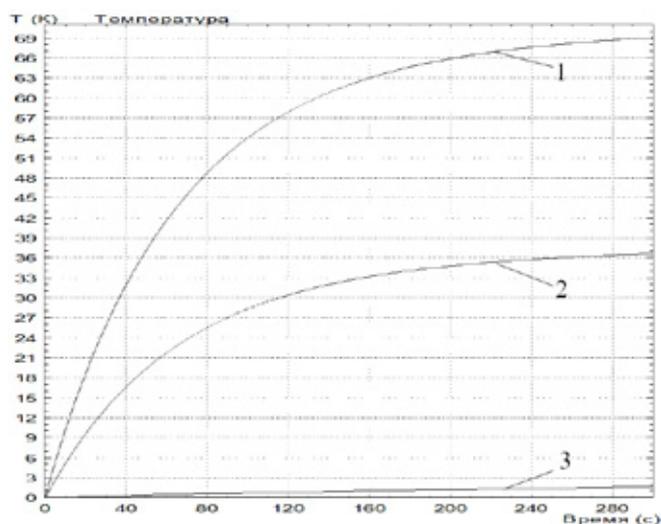


Рис. 3. Термограммы в точках контроля, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела подложка зонда — теплоизоляционное покрытие (1); в середине слоя покрытия (2); на границе раздела покрытие — металл (3)

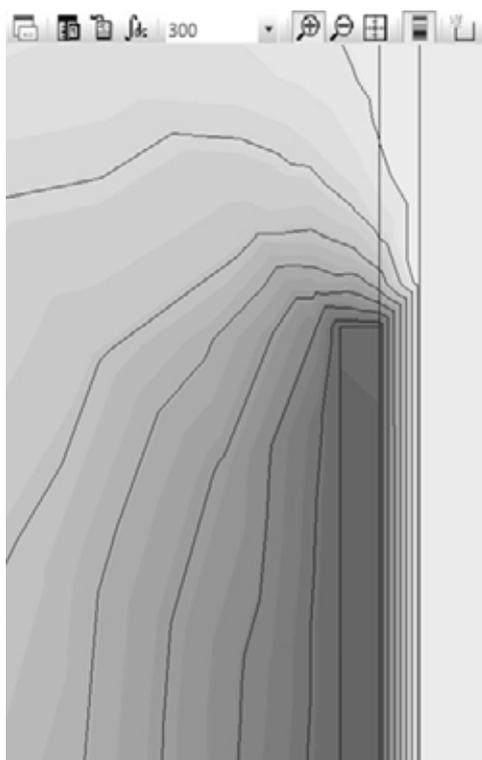


Рис. 4. Распределение температуры по толщине покрытия из пенополиуретана

Ранее получено решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, имеющих равномерное начальное температурное распределение и нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы. Решение было использовано для получения математических выражений для расчета толщины низкотеплопроводных покрытий на металлических основаниях [12].

На рис. 4 представлено распределение температуры по толщине подложки теплоизоляционного покрытия

из пенополиуретана (ППУ) и подложки измерительного зонда из рипора (ИЗ) на момент времени — 300 с.

Данные численного исследования, представленные на рис. 3 и 4, свидетельствуют о реализации одномерного распространения тепла в покрытии из пенополиуретана.

Таким образом, ранее полученное решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, имеющих равномерное начальное температурное распределение и нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, можно использовать для расчета толщины низкотеплопроводных покрытий на металлических основаниях.

#### Литература:

1. Жуков, Н. П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // М.: Машиностроение-1. 2004. — 288 с.
2. Майникова, Н. Ф. Методы и средства неразрушающего теплового контроля температурно-временных характеристик структурных превращений в полимерных материалах: дис.... докт. техн. наук: 05.11.13 / Н. Ф. Майникова. — Тамбов, 2007. — 435 с.
3. Многомодельный метод неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, Е. В. Пудовкина // Инженерно-физический журнал. 2012. Т. 85. № 1. — с. 188–194.
4. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего тепло-физического контроля. / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. 2005. № 2. — с. 153–154.
5. Майникова, Н. Ф. Измерительная система и метод неразрушающего контроля структурных превращений в полимерных материалах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 1 — с. 56–61.
6. Мищенко, С. В. Информационно-измерительная система неразрушающего теплового контроля / С. В. Мищенко, Н. Ф. Майникова // Приборы. 2009. № 4. — с. 20–24.

7. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. — М.: Высшая школа — 1967. — 599 с.
8. Определение условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле / Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков, А. А. Балашов, С. С. Никулин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2006. Т. 12. № 3-1. — с. 610–616.
9. Моделирование процесса теплопереноса от плоского источника тепла при теплофизических измерениях / Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 1999. Т. 5. № 4. — с. 543–552.
10. Анализ погрешностей многомодельного метода измерения теплофизических характеристик композитов. Часть 1: Оценка случайных погрешностей. / Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2000. — Т. 6. № 3. — с. 416–424.
11. Анализ погрешностей многомодельного метода измерения теплофизических характеристик композитов. Часть 2: Оценка систематической погрешности. / Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2000. — Т. 6. № 4. — с. 562–571.
12. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И. В. Рогов, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Н. В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. — 2009. — № 9 (23) — с. 93–99.

## **Влияние содержания микрокремнезема на повышение прочности реакционно-порошковых бетонов**

Дрянин Роман Александрович, аспирант;  
Сехпосян Григорий Погосович, аспирант;  
Ананьев Сергей Викторович, кандидат технических наук;  
Калашников Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Еще в период создания реакционно-порошковых бетонов в 1992–94 гг. Richard P. и Cheyrezy M. H. доказали [1], что для создания бетонов с высокой прочностью содержание микрокремнезема (МК) должно составлять в литых бетонах 25–30 % от массы цемента.

Позднее в 2004 году было показано, [2] что из смеси цемента и микрокремнезема в соотношении до 1:1, при добавлении 1000 кг очень мелкого песка менее 0,5 мм путем прессования, выдержки в воде в течение 8 суток, последующей выдержки в воде при температуре  $t = 90^\circ\text{C}$  и сушке при температуре  $t = 270^\circ\text{C}$  были получены бетоны с прочностью 280–370 МПа.

Расходы микрокремнезема, достигающие до 1000 кг/м<sup>3</sup>, а также жесткие тепловые режимы крайне не экономичны, и они пригодны лишь для науки с целью показать возможности реакционно-порошковых смесей при синтезе самых низкоосновных гидросиликатов. Реальные режимы пропаривания для литых реакционно-порошковых бетонов — 85–95°C [3].

В последние годы высказываются теоретические мнения относительно низкого ингибирующего действия арматуры в малощелочной среде бетонов, в котором весь портландит связан в гидросиликаты кальция. В связи с этим предлагается вводить микрокремнезем в количестве 10–15 % от массы цемента. В целом ряде зарубежных работ для получения реакционно-порошковых

бетонов с прочностью 190–200 МПа рекомендуется вводить 25–30 % микрокремнезема.

Мы провели свои научные эксперименты по изучению роли и дозировки микрокремнезема в реакционно-порошковых бетонах нового поколения [4].

Контрольный состав изготавливался из порошкового бетона без микрокремнезема (состав ПБ-7) на Подольском цементе М500 ДО, который предварительно смешивался с гиперпластификатором Melflux 5581F в сухом виде в смесителе с последующей активацией в шаровой мельнице в течение 5 минут. Установлено, что такая обработка практически не увеличивает дисперсность (не более 20–40 см<sup>2</sup>/г), но повышает однородность.

Второй, третий и четвертый составы (ПБ-3, ПБ-4, ПБ-5) изготавливались, соответственно с добавлением 5, 10 и 15 % микрокремнезема от массы цемента. Процедура приготовления сухой цементно-микрокремнеземистой смеси с гиперпластификатором, аналогична приготовлению контрольного состава: компоненты активировались в мельнице, в течение 5 минут.

Результаты исследований представлены в таблицах 1; 2; 3; 4. В контрольном составе ПБ-7 смесь была умеренно-текучей (табл. 1). Порошковый бетон без микрокремнезема на Подольском цементе обладает достаточно высокой прочностью на сжатие (126 МПа), но повышенной

Таблица 1. Состав, реотехнологические показатели бетонной смеси и физико-технические свойства бетона без микрокремнезема (состав ПБ-7)

Наименование компонентов	На 1 м <sup>3</sup> , кг		Объем на 1 м <sup>3</sup> , л	В/Ц, В/Т	ρ, кг/м <sup>3</sup>	Прочность МПа, через, сут.				
						1	2	3	7	28
ЦДС Цемент Подольский ПЦ 500 Д0, с 1,0% Melflux 5581F, S <sub>уд</sub> = 6272 см <sup>2</sup> /г	683		220,3	0,342	2327	R <sub>изг</sub> 7,5	R <sub>изг</sub> 8,0	—	R <sub>изг</sub> 11,2	R <sub>изг</sub> 12,0
				0,11		R <sub>сж</sub> 41,2	R <sub>сж</sub> 57,6	R <sub>сж</sub> 75,6	R <sub>сж</sub> 103	R <sub>сж</sub> 126
Микрокварц пылевидный ЛГОК (П <sub>м</sub> ), S <sub>уд</sub> = 3998 см <sup>2</sup> /г	341,5		129	ПК Хагерманна 280×285 мм	2308	Ц <sub>R</sub> <sup>уд</sup> = 5,42 кг/МПа;				
Песок формовочный тонкозернистый ЛГОК (П <sub>т</sub> ), фр. 0,16–0,63 мм	1102,4		416			R <sub>Ц</sub> <sup>уд</sup> = 0,184 МПа/кг				
ΣM <sub>сух.</sub>	2127		765,3			Ц <sub>Rи</sub> <sup>уд</sup> = 56,9 кг/МПа				
Вода	234		234			R <sub>и</sub> / R <sub>с</sub> = 0,095				
M <sub>б.с.</sub>	2361		999,3							

хрупкостью с невысоким условным коэффициентом трещиностойкости. Удельный расход цемента на единицу прочности равен 5,42 кг/МПа.

Введение 5% микрокремнезема мало увеличивает прочность как на сжатие (124 МПа), так и на изгиб (11 МПа) (табл. 2) по сравнению с контрольным составом. При одинаковых значениях В/Ц и В/Т — отношений и реотехнологических показателях плотность бетонной смеси практически не увеличилась, но содержание вовлеченного воздуха в бетоне с микрокремнеземом было 3,2%, в то время как в контрольном составе 2,5%.

Добавление в бетон 10% микрокремнезема (состав ПБ-4) (табл. 3) с некоторым понижением В/Ц (на 1,17%), при неизменном В/Т — отношении, сохраняет консистенцию контрольного состава, плотность бетона и повышает прочность на сжатие (132 МПа) и растяжение при изгибе (14 МПа). Если сравнить прирост прочности по сравнению с первым составом, то она возрастает, соответственно, на 17 и на 10%.

Реакционно-порошковый бетон с 15% микрокремнезема (состав ПБ-5) (табл. 4) при неизменном реотехнологическом показателе по сравнению со вторым составом

Таблица 2. Состав, реотехнологические показатели бетонной смеси и физико-технические свойства бетона с 5% микрокремнезема (состав ПБ-3)

Наименование компонентов	На 1 м <sup>3</sup> , кг		Объем на 1 м <sup>3</sup> , л	В/Ц В/Т	ρ, кг/м <sup>3</sup>	Прочность МПа, через, сут.				
						1	2	3	7	28
ЦДС Цемент Подольский ПЦ 500 Д0, с 1,0% Melflux 5581F, с МК Новокузнецким 5% от цемента, S <sub>уд</sub> = 7050 см <sup>2</sup> /г	728	Ц 693	223,5	0,343	2308	R <sub>изг</sub> 8,4	R <sub>изг</sub> 9,1	R <sub>изг</sub> 9,6	R <sub>изг</sub> 10,1	R <sub>изг</sub> 11
		МК 35	15,2	0,11		R <sub>сж</sub> 58,8	R <sub>сж</sub> 80	R <sub>сж</sub> 85,2	R <sub>сж</sub> 109	R <sub>сж</sub> 124
Микрокварц пылевидный ЛГОК (П <sub>м</sub> ), S <sub>уд</sub> = 3998 см <sup>2</sup> /г	344,3		130	ПК Хагерманна 265×270 мм	2308	Ц <sub>R</sub> <sup>уд</sup> = 5,6 кг/МПа;				
Песок формовочный тонкозернистый ЛГОК (П <sub>т</sub> ), фр. 0,315–0,63 мм	1092		412			R <sub>Ц</sub> <sup>уд</sup> = 0,18 МПа/кг				
ΣM <sub>сух.</sub>	2164,3		780,7			Ц <sub>Rи</sub> <sup>уд</sup> = 63 кг/МПа				
Вода	238		238			R <sub>и</sub> / R <sub>с</sub> = 0,088				
M <sub>б.с.</sub>	2402,3		1018,7							

Таблица 3. Состав, реотехнологические показатели бетонной смеси и физико-технические свойства бетона с 10% микрокремнезема (состав ПБ-4)

Наименование компонентов	На 1 м <sup>3</sup> , кг		Объем на 1 м <sup>3</sup> , л	В/Ц, В/Т	ρ, кг/м <sup>3</sup>	Прочность МПа, через, сут.				
						1	2	3	7	28
ЦДС Цемент Подольский ПЦ 500 Д0, с 1,0% Melflux 5581F, с МК Новокузнецким 10% от цемента, S <sub>уд</sub> = 6975 см <sup>2</sup> /г	757	Ц 688	222	0,338	2325	R <sub>изг</sub> 7,8	—	R <sub>изг</sub> 8,8	R <sub>изг</sub> 10,1	R <sub>изг</sub> 14,0
		МК 69	30	0,11		R <sub>сж</sub> 37,2	R <sub>сж</sub> 61,6	R <sub>сж</sub> 67,6	R <sub>сж</sub> 89,6	R <sub>сж</sub> 132
Микрокварц пылевидный ЛГОК (П <sub>м</sub> ), S <sub>уд</sub> = 3998 см <sup>2</sup> /г	339,4		128	ПК Хагерманна 285 мм		Ц <sub>R</sub> <sup>уд</sup> = 5,2 кг/МПа;				
Песок Формовочный тонкозернистый ЛГОК (П <sub>т</sub> ), фр. 0,16–0,63 мм	1018,2		384			R <sub>ц</sub> <sup>уд</sup> = 0,19 МПа/кг				
ΣM <sub>сух.</sub>	2114,6		764			Ц <sub>Rи</sub> <sup>уд</sup> = 49,1 кг/МПа				
Вода	233		233			R <sub>и</sub> / R <sub>сж</sub> = 0,106				
M <sub>б.с.</sub>	2347,6		997							

Таблица 4. Состав, реотехнологические показатели бетонной смеси и физико-технические свойства бетона с 15% микрокремнезема (состав ПБ-5)

Наименование компонентов	На 1 м <sup>3</sup> , кг		Объем на 1 м <sup>3</sup> , л	В/Ц, В/Т	ρ, кг/м <sup>3</sup>	Прочность МПа, через, сут.				
						1	2	3	7	28
ЦДС Цемент Подольский ПЦ 500 Д0, с 1,0% Melflux 5581F, с МК Новокузнецким 15% от цемента, S <sub>уд</sub> = 6975 см <sup>2</sup> /г	807	Ц 702	232,3	0,332	2283	—	R <sub>изг</sub> 10,4	R <sub>изг</sub> 10,1	R <sub>изг</sub> 12,4	R <sub>изг</sub> 21,6
		МК 105	45,6	0,11		R <sub>сж</sub> 48,4	R <sub>сж</sub> 70,4	R <sub>сж</sub> 82	R <sub>сж</sub> 105	R <sub>сж</sub> 136
Микрокварц пылевидный ЛГОК (П <sub>м</sub> ), S <sub>уд</sub> = 3998 см <sup>2</sup> /г	339,4		128	ПК Хагерманна 255 мм		Ц <sub>R</sub> <sup>уд</sup> = 5,16 кг/МПа;				
Песок Формовочный тонкозернистый ЛГОК (П <sub>т</sub> ), фр. 0,16–0,63 мм	975		368			R <sub>ц</sub> <sup>уд</sup> = 0,194 МПа/кг				
ΣM <sub>сух.</sub>	2121,4		773,9			Ц <sub>Rи</sub> <sup>уд</sup> = 32,5 кг/МПа				
Вода	233		233			R <sub>и</sub> / R <sub>сж</sub> = 0,159				
M <sub>б.с.</sub>	2354,4		1006,9							

интенсивно набирал прочность во времени и существенно повысил прочность на растяжение при изгибе на 38%. Прочность на сжатие возросла незначительно (136 МПа). Возможно, прочностные показатели были бы и выше, но в бетонной смеси содержалось больше воздуха (3,9%) чем в других составах, а плотность бетона была наименьшей (2283 кг/м<sup>3</sup>). Поэтому повышение прочности произошло из-за более высокой плотности и прочности высококремнеземистой матрицы.

В целом, при увеличении содержания Новокузнецкого МК, в соответствии с проведенными нами экспериментами, наблюдается больший прирост прочности на растяжение при изгибе (до 21,6 МПа) (табл. 4.), чем на сжатие.

Из анализа научных результатов видно, что с повышением содержания микрокремнезема по мере увеличения прочности бетонов, величина условного реологического критерия  $I_{\text{ЦД}}^{\text{ПТ}}$  возрастает с 1,33 до 1,73, а объем тонкого песка, определяющего структуру топологической матрицы, уменьшается с 416 л до 368 л. При насыпной плотности песка в уплотненном состоянии 1,53 кг/л и пустотности песка 42,3% (423 л), коэффициент, равный отношению объема песка к объему пустот в нем и, характеризующий компактность структуры при сохранении оптимального объема для размещения реологической матрицы первого рода, равен 0,87.

Литература:

1. Richard, P., Cheurezy M. Reactive Powder Concrete with High Ductility and 200–800 MPa Compressive Strength.// AGJ SPJ 144–22, — 1994, pp. 507–518.
2. Abouzar Sadrekarimi. Development of a Light Weight Reactive Powder Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology. Japan Concrete Institute. Vol. 2, No 3, 409–417. October 2004.
3. Schmidt, M. 50 Jahre Entwicklung bei Zement, Zusatzmittel und Beton. Schriftenreihe Baustoffe./M. Schmidt Centrum Baustoffe und Material- prufund. — 2003. — Н. 2, — P. 189–198.
4. Калашников, В.И. Основные принципы создания высокопрочных и особовысокопрочных бетонов // Популярное бетоноведение. — 2008. №3. с. 102.

## Алгоритм UCA-Root-Rare для задач пеленгования источников радиоизлучения однородной кольцевой антенной решёткой

Коробков Михаил Александрович, аспирант  
Рязанский государственный радиотехнический университет

*В статье рассмотрен алгоритм UCA-Root-Rare, применяемый для однородной антенной решётки с кольцевой апертурой, предназначенный для оценивания азимута и угла места источников радиоизлучения. Алгоритм позволяет получить оценки азимута источников радиоизлучения отдельно от оценок угла места. Приведены результаты моделирования алгоритма. В рамках статьи рассмотрено только азимутальное оценивание.*

**Ключевые слова:** UCA-Root-Rare, редукция ранга, пеленг, кольцевая антенная решётка

**Введение.** За последние 40 лет разработано и исследовано большое количество алгоритмов оценивания местоположения (ОМ) источников радиоизлучения (ИРИ). Возможность применения таких алгоритмов в реальных системах основывается на их вычислительной сложности и требованиях к геометрии антенной решётки (АР). Многие из алгоритмов, применяются только с АР определённой конфигурации, такие как однородные линейные АР и однородные кольцевые АР (ОКАР).

Среди алгоритмов ОМ ИРИ особое место занимают алгоритмы, основанные на разделении подпространств сигнала и шума. Наиболее популярным алгоритмом является алгоритм многосигнальной классификации или MUSIC (Multiple Signal Classification) [1,2]. Однако для приложений реального времени вычислительная сложность алгоритма MUSIC может оказаться неприемлемой, поскольку для получения оценок необходимо выполнить процедуру двухмерного поиска.

Наименьшей вычислительной сложностью среди алгоритмов, основанных на разделении подпространств сигнала и шума, обладают так называемые алгоритмы свободные от поиска. Первыми и, возможно, наиболее популярными алгоритмами подобного типа являются алгоритм Root-MUSIC [3] и алгоритм ESPRIT [4]. Однако они могут быть применены только для определённого типа АР. В частности, алгоритм Root-MUSIC может быть применён только к линейным АР, а алгоритм ESPRIT требует АР, состоящей из двух одинаковых и одинаково ориентированных подрешёток [5]. Для обоих этих алгоритмов были разработаны полезные обобщения для некоторых типов АР. В частности, для ОКАР были получены алгоритмы UCA-Root-MUSIC, UCA-ESPRIT [6], алгоритм UCA-Rare [7] и обобщённый ESPRIT [8].

Некоторые алгоритмы ОМ, применяемые с ОКАР, состоящей из ненаправленных элементов, среди которых UCA-ESPRIT, привлекательны из-за их простой реализации и способности обеспечивать автоматическое получение пары оценок азимута и угла места. Однако эти методы опираются на предположение о ненаправленности элементов. Алгоритм UCA-Rare позволяет преодолеть предположение о ненаправленности элементов, тем самым допуская применение решёток, состоящих из произвольных, но идентичных, направленных элементов [7].

**Цель работы** — рассмотреть теоретические аспекты алгоритма UCA-Root-Rare и исследовать погрешность оценок местоположения ИРИ и их зависимость при различных параметрах ОКАР и отношении сигнал — шум.

### 1. Модель сигнала

Рассмотрим ОКАР из  $N$  элементов, равномерно расположенных по окружности радиусом  $r$ , изображённую на рисунке 1.

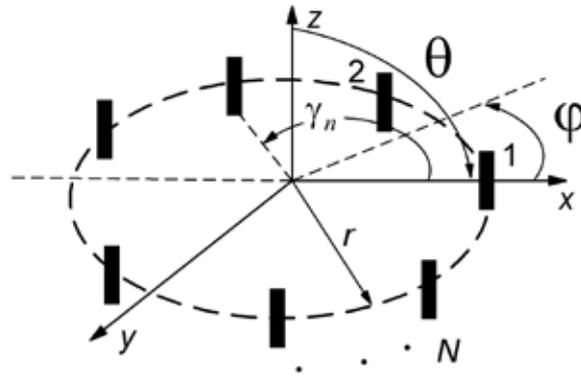


Рис. 1. Однородная кольцевая решётка

Предположим, что на АР, расположенную в дальней зоне относительно ИРИ, падают плоские волны, излучённые  $L$  источниками. Неизвестные направления прихода волн характеризуются парами углов  $\varphi$  и  $\theta$ , где  $\varphi$  азимут,  $\theta$  угол места. Угол места ИРИ  $\theta \in [0, \pi / 2]$  отсчитывается вниз по оси  $z$ , а азимут  $\varphi \in [0, 2\pi]$  измеряется от оси  $x$  против часовой стрелки в плоскости  $xy$ . Поскольку источников  $L$ , то имеем набор из  $L$  пар  $\varphi$  и  $\theta$ :  $(\varphi_1, \theta_1), \dots, (\varphi_L, \theta_L)$ . Вектор отсчётов сигналов с АР в  $k$ -ый момент времени, имеющий размерность  $N \times 1$ , может быть записан как:

$$\mathbf{x}_e(k) = \mathbf{A}_e(\boldsymbol{\mu})\mathbf{s}(k) + \mathbf{n}_e(k), \tag{1}$$

где  $\boldsymbol{\mu} = [\varphi_1, \theta_1, \dots, \varphi_L, \theta_L]^T$  — вектор направлений, размером  $2L \times 1$ ;  $\mathbf{A}_e(\boldsymbol{\mu}) = [\mathbf{a}_{1_e}(\varphi_1, \zeta_1), \dots, \mathbf{a}_{L_e}(\varphi_L, \zeta_L)]$  — матрица отклика ОКАР в пространстве элементов, размером  $N \times L$ , состоящая из  $L$  векторов отклика  $\mathbf{a}_e(\varphi, \zeta)$ :

$$\mathbf{a}_e(\varphi, \zeta) = [e^{j\zeta \cos(\varphi - \gamma_0)}, e^{j\zeta \cos(\varphi - \gamma_1)}, \dots, e^{j\zeta \cos(\varphi - \gamma_{N-1})}]^T, \tag{2}$$

$\mathbf{s}(k)$  — вектор сигналов от различных ИРИ в  $k$ -ый момент времени, размером  $L \times 1$ ;  $\mathbf{n}_e(k)$  — вектор отсчётов шума с  $N$  элементов решётки в  $k$ -ый момент времени, размером  $N \times 1$ ;  $(\cdot)^T$  знак транспонирования, нижний индекс  $e$  обозначает, что пока все операции проводятся в пространстве элементов (см. далее).

Вектор  $\mathbf{x}_e(k)$  содержит отсчёты доступные алгоритму в качестве входных данных. Тогда для  $K$  отсчётов ( $k = 0, \dots, K - 1$ ) получим матрицу  $\mathbf{X}_e$ , размером  $N \times K$ , содержащую набор из  $K$  векторов  $\mathbf{x}_e(k)$ :

$$\mathbf{X}_e = \mathbf{A}_e(\boldsymbol{\mu})\mathbf{S} + \mathbf{N}_e, \tag{3}$$

где  $\mathbf{S}$  — это  $L \times K$  сигнальная матрица,  $\mathbf{N}_e$  матрица шума размером  $N \times K$ .

Алгоритм UCA-Root-Rare является обобщением алгоритма Root-MUSIC для случая частично калиброванных антенных решёток. Алгоритм Root-MUSIC был разработан для применения с однородными линейными решётками [5], поэтому он не может быть напрямую применён к ОКАР. Однако был предложен метод, позволяющий косвенным путём применить Root-MUSIC не непосредственно к ОКАР, а к виртуальной проекции ОКАР или к так называемой виртуальной линейно АР, используя метод возбуждения фазовых мод [6,9], также называемым переходом в пространство лучей.

## 2. Переход в пространство лучей

В этой части статьи, описывается режим или принцип возбуждения фазовых мод [6,9]. Преобразование в пространство лучей, описываемое в этом разделе, основано на режиме возбуждения фазовых мод.

### 2.1 Непрерывная кольцевая апертура

В случае непрерывной кольцевой апертуры, любая возбуждающая функция является периодической с периодом  $2\pi$  и поэтому может быть представлена рядом Фурье [6,9,10]. Произвольная функция возбуждения  $\omega(\gamma)$ , которая может быть представлена как  $\omega_m(\gamma) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} c_m e^{jm\gamma}$ , где  $m$ -ая фазовая мода  $\omega_m(\gamma) = e^{jm\gamma}$  — это пространственная гармоника возбуждённой решётки, а  $c_m$  — соответствующий коэффициент ряда Фурье. Интегрируя пространственную гармонику  $\omega(\gamma)$  по всей апертуре решётки, мы можем вычислить нормированную диаграмму направленности

в дальней зоне  $f_m^c(\varphi, \zeta)$ , которая для заданной апертуры для  $m$ -ой фазовой моды имеет вид [6]:

$$f_m^c(\varphi, \zeta) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \omega_m(\gamma) e^{j\zeta \cos(\varphi-\gamma)} d\gamma, \tag{4}$$

где верхний индекс  $c$  означает непрерывную апертуру.

Выражение (4) также может быть представлено с помощью функции Бесселя [9]:

$$f_m^c(\varphi, \zeta) = j^m J_m(\zeta) e^{jm\varphi}, \tag{5}$$

где  $J_m(\zeta)$  — функция Бесселя первого рода порядка  $m$ . Поскольку  $m$ -ая фазовая мода пропорциональна функции Бесселя первого рода  $m$ -го порядка, имеющей убывающий, в зависимости от порядка, характер, в области определения  $\zeta = k_0 r \sin(\theta) \in [0, k_0 r]$  может возбуждаться только конечное число мод, имеющих достаточную силу [9].

Обозначим через  $M$  наивысший порядок моды, возбуждающейся в решётке с достаточной силой. Правило определения  $M$  [9]:

$$M = \lfloor k_0 r \rfloor, \tag{6}$$

где  $\lfloor \cdot \rfloor$  определяет целую часть.

Для наглядного изображения этого свойства, рассмотрим ОКАР радиусом  $r = \lambda$ . Выражение (6) предполагает, что максимальный порядок моды  $M = \lfloor k_0 r \rfloor = \lfloor \frac{2\pi}{\lambda} \lambda \rfloor = 6$ . На рисунке 2 отображены функции Бесселя первого рода порядка  $m = 0, 1, \dots, 7$ . Как видно из приведённых графиков, значение функции Бесселя 7 порядка  $J_7(\zeta)$  мало в области определения  $0 \leq \zeta \leq 2\pi$ . Тогда согласно (6), следует ограничить порядок фазовых мод до значений  $m \in [-M, M] = [-6, 6]$ .

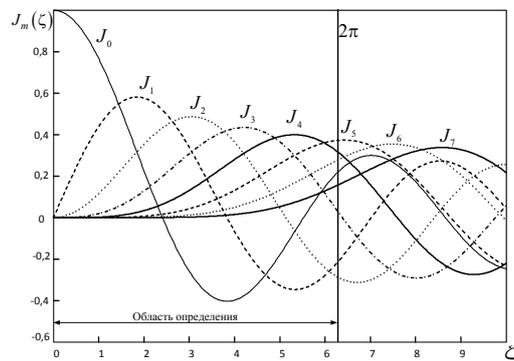


Рис. 2. Функции Бесселя первого рода порядка  $m = 1, 2, \dots, 7$

### 2.Б Дискретная ОКАР

Дискретный вариант ОКАР — это случай кольцевой АР с непрерывной апертурой при конечном количестве  $N$  элементов АР, равномерно распределённых по всей длине окружности, как показано на рисунке 1.

Для ОКАР, нормированный весовой вектор в пространстве лучей, который возбуждает решётку фазовой модой порядка  $m \in [-M, M]$ , записывается как

$$\mathbf{w}_m^H = \frac{1}{N} [e^{jm\gamma_0}, e^{jm\gamma_1}, \dots, e^{jm\gamma_{N-1}}], \tag{7}$$

где  $m$  — порядок возбуждающей моды,  $N$  — количество антенных элементов,  $\gamma_n$  — угловое положение  $n$ -го элемента,  $(\cdot)^H$  — знак комплексного сопряжения и транспонирования. Следовательно, диаграмма направленности может быть записана как

$$f_m^s(\varphi, \zeta) = \mathbf{w}_m^H \mathbf{a}_e(\varphi, \zeta) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{jm\gamma_n} e^{j\zeta \cos(\varphi-\gamma_n)}, \tag{8}$$

где  $\mathbf{a}_e(\varphi, \zeta)$  — это вектор отклика в пространстве элементов (2), верхний индекс  $s$  обозначает дискретную ОКАР. Для моды порядка  $|m| \leq M$ , выражение (8) может быть переписано:

$$\begin{aligned}
 f_m^s(\varphi, \zeta) &= j^m J_m(\zeta) e^{jm\varphi} + \\
 &+ \sum_{q=1}^{\infty} (j^g J_g(\zeta) e^{-jg\varphi} + j^h J_h(\zeta) e^{jh\varphi}) = \\
 &= j^m J_m(\zeta) e^{jm\varphi} + \varepsilon_m,
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

где  $j^m J_m(\zeta) e^{jm\varphi}$  — основная компонента, идентичная описанию диаграммы направленности АР в дальней зоне для непрерывной АР;  $\varepsilon_m$  — остаточная компонента, возникающая из-за дискретизации непрерывной апертуры на  $N$  элементов,  $\varepsilon_m = \sum_{q=1}^{\infty} (j^g J_g(\zeta) e^{-jg\varphi} + j^h J_h(\zeta) e^{jh\varphi})$ ;  $g = Nq - m$  и  $h = Nq + m$ . Величину  $\varepsilon_m$  необходимо минимизировать для получения максимально приближенных к идеальным (при непрерывной апертуре) характеристикам [6].

Проведённое в [6] исследование формулы (9) показывает, что для того, чтобы влияние остаточной компоненты было минимальным, необходимо выполнить условие:

$$N > 2M. \tag{10}$$

Рассмотрим влияние количества элементов решётки  $N$  на величину остаточной компоненты. Наибольший вес среди всех остаточных компонент имеет компонента с индексом  $q = 1$ , а её амплитуда выражается функцией Бесселя порядка  $N - |m|$ , где  $|m| \leq M$ . Очевидно, что её значение максимально для моды порядка  $M$ , а её амплитуда равняется  $J_{N-M}(\zeta)$ . С увеличением порядка, функция  $J_{N-M}(\zeta)$  становится монотонно возрастающей в области определения  $[0, k_0 r]$  (см.  $J_7(\zeta)$  на рисунке 2). Выбирая число  $N$  элементов решётки, можно уменьшить вес и влияние остаточной компоненты.

Рассмотрим решётку радиусом  $r = 0,5\lambda$ , и посмотрим на значение остаточной компоненты с индексом  $q = 1$ , амплитуда которой равна  $J_{N-M}(\zeta)$ , количество элементов решётки будем изменять. Область определения  $[0, k_0 r] = [0, 2\pi \frac{0,5\lambda}{\lambda}] = [0, \pi]$ , максимальный порядок моды  $M = [k_0 r] = 3$ .

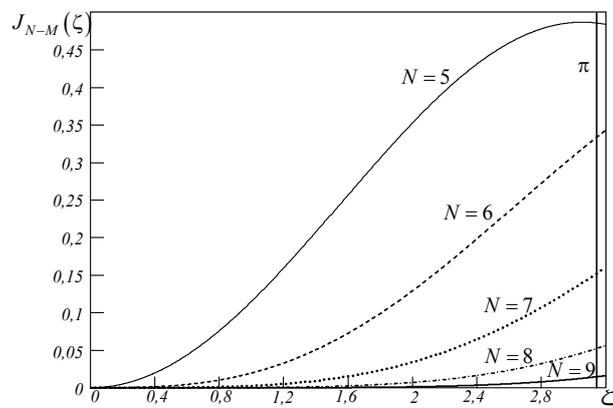


Рис. 3. Функции Бесселя первого рода, порядка  $N - M$  для ОКАР радиусом  $r = 0,5\lambda$  при различном количестве элементов  $N$

На рисунке 3 показаны соответствующие функции Бесселя для рассматриваемой ОКАР. Как видно из рисунка 3, значение остаточной компоненты с индексом  $q = 1$  резко (с 0,485 до 0,015) уменьшается при увеличении количества элементов решётки  $N$ . В таблице 1 приведены соответствующие значения остаточной компоненты на границе области определения при различном количестве элементов ОКАР.

Таблица 1. Зависимость остаточной компоненты от количества элементов решётки

Количество элементов ОКАР $N$	Значение остаточной компоненты $J_{N-M}(k_0 r)$
5	0,485
6	0,333
7	0,151
8	0,052
9	0,015

### 3. Алгоритм UCA-Root-Rare

Как говорилось ранее, алгоритм UCA-Root-Rare является обобщением алгоритма Root-MUSIC, который в свою очередь основан на разделении подпространств сигнала и шума ковариационной матрицы. Однако для применения алгоритма UCA-Root-Rare к ОКАР необходимо выполнить преобразование в пространство лучей. Таким образом, можно записать следующие этапы алгоритма UCA-Root-Rare.

*Этапы выполнения алгоритма:*

*Шаг 1.* Переход из пространства элементов в пространство лучей

Преобразование в пространство лучей осуществляется с помощью умножения вектора  $\mathbf{a}_e(\varphi, \zeta)$  и матрицы данных  $\mathbf{X}_e$  из пространства элементов на матрицу дискретного преобразования Фурье  $\mathbf{W}$ , размером  $(2M+1) \times N$ ,

$n, m$ -ый элемент которой равен  $[\mathbf{W}]_{n,m} = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{j2\pi nm/N}$ ,  $m = -M, \dots, M$ ,  $n = 0, \dots, N-1$ . Тогда,  $\mathbf{a}_e(\varphi, \zeta)$

преобразуется в вектор:

$$\mathbf{a}_b(\varphi, \zeta) = \mathbf{W} \mathbf{a}_e(\varphi, \zeta) = \mathbf{J}(\zeta) \mathbf{d}(\varphi) + \boldsymbol{\varepsilon} \approx \mathbf{J}(\zeta) \mathbf{d}(\varphi), \quad (11)$$

где  $\mathbf{a}_b(\varphi, \zeta)$  — вектор отклика ОКАР в пространстве лучей, размером  $(2M+1) \times 1$ , нижний индекс  $b$  показывает, что обработка ведётся в пространстве лучей.

$$\mathbf{J}(\zeta) = \text{diag}[\Lambda_{-M}, \Lambda_{-M+1}, \dots, \Lambda_0, \dots, \Lambda_{M-1}, \Lambda_M], \quad (12)$$

$$\Lambda_m = j^m J_m(\zeta); \quad (13)$$

$$\mathbf{d}(\varphi) = [e^{-jM\varphi}, e^{-j(M-1)\varphi}, \dots, 1, e^{j\varphi}, \dots, e^{jM\varphi}]^T. \quad (14)$$

Вектор  $\mathbf{a}_b(\varphi, \zeta)$  может быть разложен на составляющие:

$$\mathbf{a}_b(\varphi, \zeta) \approx \mathbf{J}(\zeta) \mathbf{d}(\varphi) = \mathbf{T}(z) \mathbf{g}(\zeta), \quad (15)$$

где

$$[\mathbf{g}(\zeta)]_k = j^k J_k(kr \sin(\theta)) \quad k = 1, 2, \dots, M+1, \quad (16)$$

$$\mathbf{T}(z) = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}(z) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & 1 \\ \mathbf{PQ}(1/z) & \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (17)$$

размера  $(2M+1) \times (M+1)$ ,

$$\mathbf{Q}(z) = \text{diag}\{z^{-M}, z^{-(M-1)}, \dots, z^{-2}, z^{-1}\} \quad (18)$$

размера  $M \times M$ ,

$$z = e^{j\varphi}. \quad (19)$$

$\mathbf{P}$  — это  $M \times M$  матрица отражений:

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & 1 \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (20)$$

Теперь произведём отображение матрицы данных  $\mathbf{X}_e$  из пространства элементов в матрицу данных в пространстве лучей:

$$\mathbf{X}_b = \mathbf{W} \mathbf{X}_e = \mathbf{A}_b \mathbf{S} + \mathbf{N}_b, \quad (21)$$

где  $\mathbf{A}_b = [\mathbf{a}_{1_b}(\varphi_1, \zeta_1), \dots, \mathbf{a}_{L_b}(\varphi_L, \zeta_L)]$  — матрица отклика в пространстве лучей,  $\mathbf{N}_b = \mathbf{W} \mathbf{N}_e$  матрица белого шума в пространстве лучей, размером  $(2M+1) \times K$ .

*Шаг 2.* Вычисление ковариационной матрицы

Вычисление оценки ковариационной матрицы  $\mathbf{R}_b$  в пространстве лучей выполняется следующим образом:

$$\hat{\mathbf{R}}_b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{X}_b \mathbf{X}_b^H. \quad (22)$$

*Шаг 3.* Получение подпространств сигнала и шума.

Выполним разложение матрицы  $\hat{\mathbf{R}}_b$  и выделим подпространство сигнала и подпространство шума [11]:

$$\hat{\mathbf{R}}_b = \mathbf{E}_{S_b} \mathbf{\Lambda}_{S_b} \mathbf{E}_{S_b}^H + \mathbf{E}_{N_b} \mathbf{\Lambda}_{N_b} \mathbf{E}_{N_b}^H, \quad (23)$$

где собственные значения  $\lambda_i (i=1, \dots, 2M+1)$  сортированы в порядке убывания ( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_{2M+1}$ ),  $\mathbf{e}_i$  — собственные вектора соответствующие собственным значениям, а матрицы  $\mathbf{E}_{S_b}$  и  $\mathbf{E}_{N_b}$  соответствуют подпространству сигнала и подпространству шума соответственно, причем  $\mathbf{E}_{S_b} = [\mathbf{e}_1, \dots, \mathbf{e}_L]$ , а  $\mathbf{E}_{N_b} = [\mathbf{e}_{L+1}, \dots, \mathbf{e}_{2M+1}]$ ,  $\mathbf{\Lambda}_{S_b} = \text{diag}\{\lambda_1, \dots, \lambda_L\}$  диагональная матрица из  $L$  наибольших собственных чисел матрицы  $\hat{\mathbf{R}}_b$ , соответствующая сигнальному подпространству,  $\mathbf{\Lambda}_{N_b} = \text{diag}\{\lambda_{L+1}, \dots, \lambda_{2M+1}\}$  диагональная матрица из  $2M+1-L$  оставшихся собственных значений матрицы  $\hat{\mathbf{R}}_b$ , соответствующая шумовому подпространству.

*Шаг 4.* Оценивание азимута

Рассмотрим алгоритм MUSIC в пространстве лучей. Получение оценок местоположения такой функцией соответствует двухмерному поиску  $L$  минимумов функции:

$$f_{MUSIC}(\varphi, \theta) = \mathbf{a}_b^H(\varphi, \theta) \mathbf{E}_{N_b} \mathbf{E}_{N_b}^H \mathbf{a}_b(\varphi, \theta). \quad (24)$$

Заменяя  $\mathbf{a}_b(\varphi, \theta)$  выражением (15) получим:

$$f_{MUSIC}(\varphi, \theta) = \mathbf{g}^H(\zeta) \mathbf{T}^H(z) \mathbf{E}_{N_b} \mathbf{E}_{N_b}^H \mathbf{T}(z) \mathbf{g}(\zeta). \quad (25)$$

В случае если бы углы места были известны ИРИ, то функцию MUSIC  $f_{MUSIC}(\varphi, \theta)$  можно было бы представить как полином с  $z = e^{j\varphi}$ , а для получения оценок азимута можно было бы применить вычислительно эффективный алгоритм Root-MUSIC. Но на практике, получение априорной информации об угле места ИРИ не всегда возможно. Разложение на множители вектора  $\mathbf{a}_b(\varphi, \theta)$  (15) позволяет применить алгоритмUCA-Root-Rare. Идея алгоритма заключается в том, чтобы частично разрешить проблему поиска минимумов функции (25), расширяя множество возможных решений в исходном пространстве до множества решений в так называемое Rare пространстве  $\{\mathbf{T}(e^{j\varphi})\mathbf{c}, \varphi \in [0, 2\pi]\}$ , где  $\mathbf{c}$  — это произвольный комплексный вектор, размером  $(2M+1) \times 1$ . Перепишем выражение (25):

$$f_{MUSIC}(\varphi, \theta) = \mathbf{c}^H \mathbf{T}^H(z) \mathbf{E}_{N_b} \mathbf{E}_{N_b}^H \mathbf{T}(z) \mathbf{c} = 0. \quad (26)$$

Алгоритм UCA-RARE использует особенность выражения (26), заключающуюся в том, что оно содержит только информацию об азимуте ИРИ. Поскольку произвольный вектор  $\mathbf{c}$  не может быть нулевым, то можно записать

$$\mathbf{T}^H(z) \mathbf{E}_{N_b} \mathbf{E}_{N_b}^H \mathbf{T}(z) = \mathbf{0}. \quad (27)$$

Получение оценок азимута получается независимо от оценок угла места, путем вычисления нулей (27). Это выражение может быть сведено к одномерному полиномиальному критерию [7]

$$f_{RARE}(z)_{|z|=1} = \det \left\{ \mathbf{T} \left( \frac{1}{z} \right)^T \mathbf{E}_{N_b} \mathbf{E}_{N_b}^H \mathbf{T}(z) \right\} = 0. \quad (28)$$

Результаты моделирования получения оценок азимута по выражению (28) приведены в экспериментальной части.

#### 4. Экспериментальные исследования

Рассмотрим ОКАР с количеством элементов  $N = 8$ , радиусом  $r = 0,5\lambda$ . Предположим, что излучают три некоррелированных источника, с координатами  $(\varphi_1 = 10^\circ, \theta_1 = 50^\circ)$ ,  $(\varphi_2 = 250^\circ, \theta_2 = 60^\circ)$  и  $(\varphi_3 = 150^\circ, \theta_3 = 80^\circ)$ . Количество выборок сигнала с каждого элемента ОКАР  $K = 512$ .

На рисунке 4 приведены получаемые алгоритмом UCA-Root-Rare азимутальные оценки местоположения (корни полиномиального выражения (28)) отмеченные кружками. Крестиками отмечены истинные координаты ИРИ, пунктиром показана единичная окружность. Согласно рисунку 4, помимо оценок, соответствующих истинным положениям ИРИ, присутствуют также зеркальные оценки, отстоящие от истинных на  $\pi$ , и паразитные.

Проведем численный анализ смещения оценок азимута от их истинных значений при различных конфигурациях ОКАР, а также при различных отношениях сигнал-шум. Предполагается, что устранены все зеркальные и паразитные оценки. Полученные оценки являются средним арифметическим модулей смещения оценок трех источников, измеренных по 300 запускам алгоритма. Моделируются источники, параметры которых приведены выше.

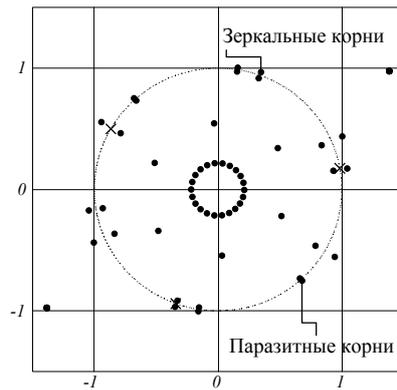


Рис. 4. Оценки местоположения ИРИ, полученные алгоритмом UCA-RARE.  $N = 8$ , отношение сигнал-шум 25 дБ

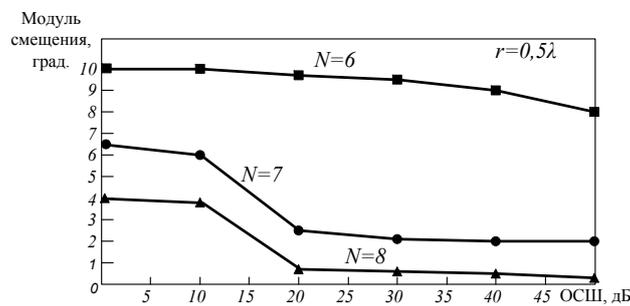


Рис. 5. Модуль смещения оценок азимута ИРИ, при различном количестве элементов ОКАР  $N$  и отношении сигнал-шум; радиус решётки  $r = 0,5\lambda$

На рисунке 5 представлена зависимость модуля смещения оценок, от истинного значения местоположения ИРИ при фиксированном радиусе ОКАР  $r = 0,5\lambda$ .

Как видно из рисунка 5 наибольшим смещением обладает конфигурация ОКАР, содержащая  $N = 6$  элементов, а при увеличении количества элементов, смещение уменьшается. При малом количестве элементов решётки становится заметным влияние остаточной компоненты, что частично объясняет ухудшение определения места положения ИРИ при уменьшении количества элементов в АР.

На рисунке 6 показаны зависимости величины модуля смещения при фиксированном количестве элементов решётки  $N = 8$  и различном радиусе ОКАР.

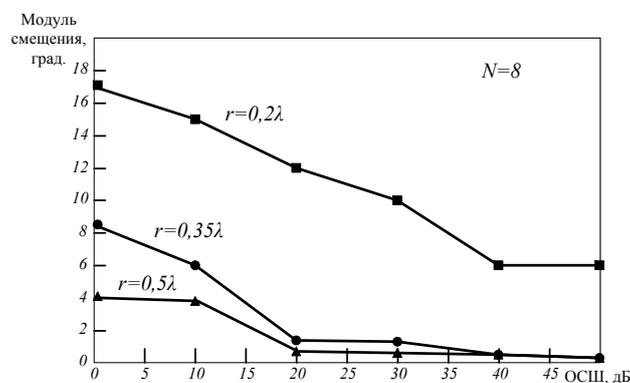


Рис. 6. Модуль смещения оценок местоположения ИРИ при различных значениях радиуса ОКАР и отношениях сигнал-шум (ОСШ); количество элементов  $N = 8$

Согласно рисунку 6, уменьшение радиуса ОКАР негативно сказывается на точности определения оценок. С увеличением радиуса точность оценок возрастает. При работе в области высокого отношения сигнал-шум (более 20 дБ) точность для решётки радиусом  $r = 0,35\lambda$  и  $r = 0,5\lambda$  практически одинакова.

## 5. Заключение

В статье описывается алгоритм UCA-Root-Rare, позволяющий получить оценки местоположения множественных узкополосных ИРИ при применении ОКАР. Показано, что в отличие от популярного алгоритма MUSIC, требующего выполнения двухмерного поиска, алгоритм UCA-RARE выполняет одномерный поиск оценок местоположения, путём вычисления корней полиномиального выражения (28). К сожалению, эти оценки содержат паразитные и зеркальные оценки, методы устранения которых требуют повышения вычислительных затрат.

Показано, что использование ОКАР с малым количеством элементов  $N = 6$  и менее не целесообразно для данного алгоритма, поскольку получаемые оценки имеют смещение  $9^0$  даже при высоких (30 дБ и более) отношениях сигнал-шум.

Также показано, что при малом радиусе антенной решётки ( $r = 0,2\lambda$ ) смещение оценок составляет не менее  $7^0$  даже при отношении сигнал-шум 40–50 дБ.

Достоинствами данного алгоритма является независимое от угла места получение оценок азимута ИРИ.

## Литература:

1. Schmidt, R. O. Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation // IEEE Antennas and Propagation. 1986. Vol. AP-34. P. 276–280.
2. Barabell, A. Improving the resolution performance of eigenstructure-based direction-finding algorithms // ICASSP. 1983. P. 336–339.
3. Friedlander, B. The root-MUSIC algorithm for direction finding with interpolated arrays // Europe Journal Signal Processing. 1993. No 30. P. 15–29.
4. Roy, R., Kailath T. ESPRIT: estimation of signal parameters via rotational invariance techniques // IEEE Acoustics, Speech and Signal Processing. 1989. No 37 (7). P. 984–995.
5. Tuncer, E., Friedlander B. Classical and Modern Directional-of-Arrival Estimation. Burlington: Academic Press, 2009. 400 p.
6. Mathews, C. P., Zoltowski M. D. Eigenstructure techniques for 2-D angle estimation with uniform circular arrays // IEEE Signal Processing. 1994. No 42 (9). P. 2395–2407.
7. Pesavento, M., Böhme J. F. Direction of arrival estimation in uniform circular arrays composed of directional elements // Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop. 2002. No 8. P. 503–507.
8. Gao, F., Gershman A. B. A generalized ESPRIT approach to direction-of-arrival estimation // IEEE Signal Processing. 2005. No 12 (3). P. 254–257.
9. Davis, D. E. N. The Handbook of Antenna Design. London: Peregrinus, 1983. Vol. 2.
10. Belloni, F., Richter A., Koivunen V. Reducing excess variance in beamspace methods for uniform circular array // IEEE Statistical Signal Processing Workshop. 2005. No 7. P. 17–20.
11. Marple, L. Digital spectral analysis with applications. New Jersey: Prentice-Hall, 1987. P. 492.

## Корреляционные методы пеленгования источников излучения

Коробков Михаил Александрович, аспирант  
 Рязанский государственный радиотехнический университет

*Рассмотрены методы пеленгования источников излучения (ИИ), основанные на анализе корреляционной матрицы принятых сигналов, анализе собственных значений и собственных векторов корреляционной матрицы. Приведено поэтапное описание шагов выполнения алгоритмов, а также результаты численного моделирования. В рамках статьи рассмотрены только алгоритмы, требующие выполнение полного двухмерного поиска по координатам азимута и угла места.*

**Ключевые слова:** MUSIC, AAR, Кейпон, MEM, MLM, пеленг, кольцевая антенная решётка

**Введение.** Во многих приложениях, связанных с обработкой сигналов с антенных решёток, таких как радиолокация, гидролокация и беспроводная связь, интересующая нас информация о местоположении ИИ извлекается из принимаемых волн, излученных источником. Проблема оценивания координат ИИ при помощи корреляционных алгоритмов привлекает внимание разработчиков и исследователей последние несколько десятилетий.

Корреляционные алгоритмы пеленгования могут быть разделены на два класса по количеству затрачиваемых ресурсов вычислительной системы и времени выполнения. К первому, «медленному» классу, можно отнести алгоритмы, требующие повышенных вычислительных затрат вызванных необходимостью выполнением полного двухмерного поиска по обеим координатам азимута и угла места. Сюда можно отнести такие алгоритмы как: алгоритм сканирования лучом (Beam Scan Algorithm (BSA)), алгоритм Кейпона (Капон) [1], алгоритм теплового шума (Thermal Noise Algorithm (TNA)) [2], обобщенный метод Кейпона [3], алгоритм многосигнальной классификации (Multiple Signal Classification (MUSIC)) [4] и др. Ко второму, «быстрому» классу алгоритмов, требующих меньше вычислительных затрат, можно отнести алгоритмы, избегающие выполнения полного двухмерного поиска. Обычно такие алгоритмы являются численно и вычислительно эффективными модификациями алгоритмов «медленного» класса. К таким алгоритмам можно отнести: модификации алгоритмов основанные на вычислении корней, например Root-MUSIC, алгоритм оценивания параметров через инвариант вращения (ESPRIT), алгоритмы редукции ранга (Rank Reduction (RARE)), например UCA-RARE.

**Цель статьи** — демонстрация поиска координат ИИ при помощи некоторых алгоритмов «медленного» класса при применении однородной кольцевой антенной решётки (ОКАР).

**1. Модель сигнала.** Рассмотрим ОКАР из  $N$  элементов, равномерно расположенных по окружности радиусом  $r$ , изображённую на рисунке 1.

Предположим, что на АР, расположенную в дальней зоне относительно ИИ, падают плоские волны, излучённые  $L$  источниками. Неизвестные координаты источников излучения характеризуются парами углов  $\varphi$  и  $\theta$ , где  $\varphi$  азимут,  $\theta$  угол места. Угол места ИИ  $\theta \in [0, \pi/2]$  отсчитывается вниз по оси  $z$ , а азимут  $\varphi \in [0, 2\pi]$  измеряется от оси  $x$  против часовой стрелки в плоскости  $xu$ . Поскольку источников  $L$ , то имеем набор из  $L$  пар  $\varphi$  и  $\theta$ :

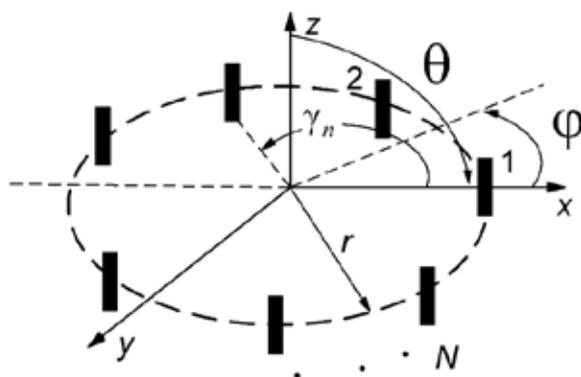


Рис. 1. Однородная кольцевая решётка

$(\varphi_1, \theta_1), \dots, (\varphi_L, \theta_L)$ . Вектор отсчётов сигналов с АР в  $k$ -ый момент времени, имеющий размерность  $N \times 1$ , может быть записан как:

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{A}(\boldsymbol{\mu})\mathbf{s}(k) + \mathbf{n}(k), \tag{1}$$

где  $\boldsymbol{\mu} = [\varphi_1, \theta_1, \dots, \varphi_L, \theta_L]^T$  — вектор направлений, размером  $2L \times 1$ ;  $\mathbf{A}(\boldsymbol{\mu}) = [\mathbf{a}_1(\varphi_1, \zeta_1), \dots, \mathbf{a}_L(\varphi_L, \zeta_L)]$  — матрица отклика ОКАР в пространстве элементов, размера  $N \times L$ , состоящая из  $L$  векторов отклика  $\mathbf{a}(\varphi, \zeta)$ :

$$\mathbf{a}(\varphi, \zeta) = [e^{j\zeta \cos(\varphi-\gamma_0)}, e^{j\zeta \cos(\varphi-\gamma_1)}, \dots, e^{j\zeta \cos(\varphi-\gamma_{N-1})}]^T; \tag{2}$$

$\mathbf{s}(k)$  — вектор сигналов от различных ИРИ в  $k$ -ый момент времени, размера  $L \times 1$ ;  $\mathbf{n}(k)$  — вектор отсчётов шума с  $N$  элементов решётки в  $k$ -ый момент времени, размером  $N \times 1$ ;  $(\cdot)^T$  знак транспонирования.

Все приведённые ниже алгоритмы работают с корреляционной матрицей сигнала, которая может быть вычислена как:

$$\mathbf{R} = E\{\mathbf{x}\mathbf{x}^H\}, \tag{3}$$

где  $E\{\cdot\}$  определяет математическое ожидание величины, стоящей в скобках.

**2. Алгоритмы.** Ниже представлены некоторые алгоритмы «медленного» класса в порядке возрастания вычислительной сложности. При выполнении численного моделирования были приняты следующие допущения: шум предполагался аддитивным гауссовским случайным процессом с нулевым средним значением, отношение сигнал-шум составляло 10 дБ, расстояние между антенными элементами составляло  $\Delta = 0.5\lambda$ , число антенных элементов  $N = 8$ , число отсчётов сигнала с каждого элемента ОКАР составляло  $K = 512$ , предполагалось, что излучал один источник ( $L = 1$ ), имеющий координаты  $\varphi = 190^\circ$  и  $\theta = 45^\circ$ . Все спектральные характеристики нормированы к 1. Приведённые зависимости вычислялись при фиксированных углах  $\varphi$  и  $\theta$ , а пример двухмерного углового спектра, полученного алгоритмом MUSIC, приведён на рисунке 2.

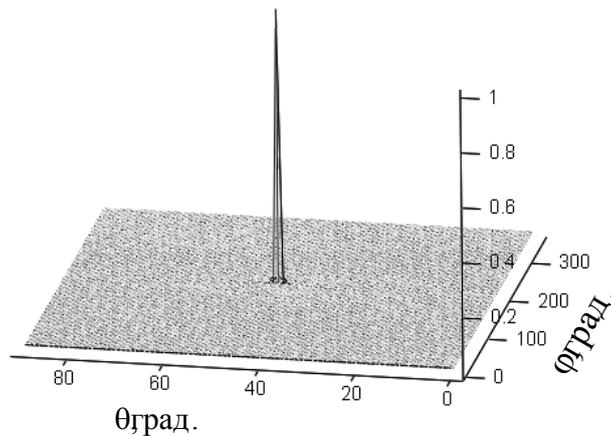


Рис. 2. Нормированный двухмерный угловой спектр алгоритма MUSIC

**2.А. Алгоритм сканирования лучом (BSA)**

BSA алгоритм выполняет поиск координат ИИ при помощи следующей функции

$$f_{BSA}(\varphi, \theta) = \mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R} \mathbf{a}(\varphi, \xi), \tag{4}$$

Соответствующие графики функции (4) приведены на рисунке 3.

Из графиков, приведённых на рисунке 3, видно, что угловой спектр является достаточно широким и в случае наличия нескольких близкорасположенных ИИ алгоритм BSA не сможет дать адекватных оценок их координат.

**2.Б. Алгоритм Кейпона**

Алгоритм Кейпона или как его часто называют метод максимального правдоподобия (Maximum Likelihood Method (MLM)) был предложен в 1969 году и относится к классу “сверхразрешающих”. Используя аналогию частотного и пространственного спектров, метод был предложен также для оценивания координат ИИ сигналов при помощи антенных решёток:

$$f_{MLM}(\varphi, \theta) = \frac{1}{\mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{a}(\varphi, \xi)}, \tag{5}$$

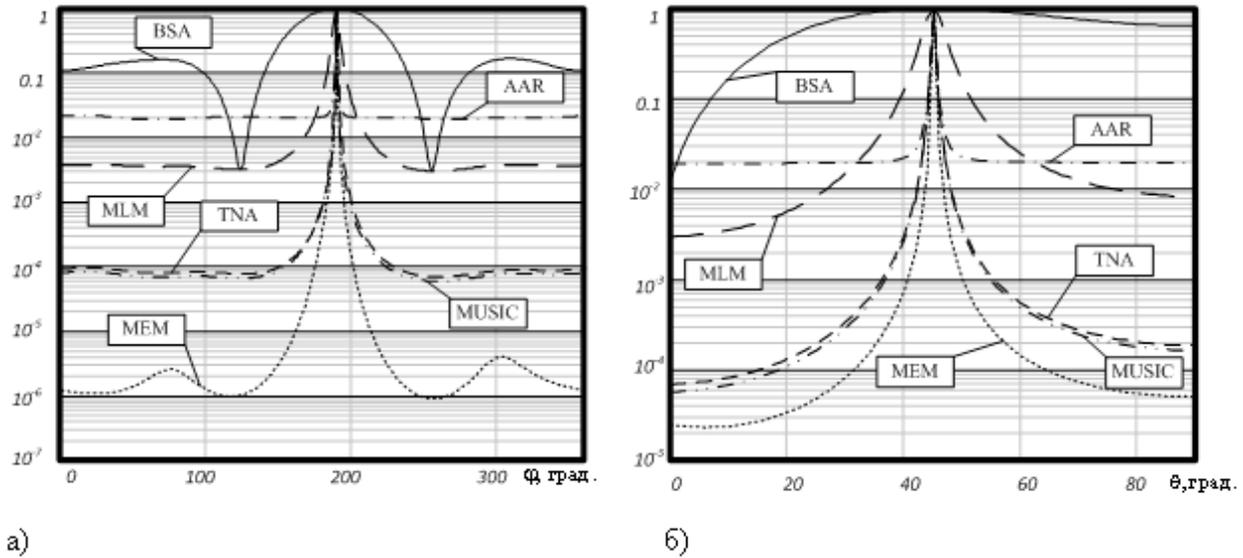


Рис. 3. Нормированный угловой спектр различных корреляционных методов пеленгования:  
 а) спектр по азимуту, б) спектр по углу места

Из рисунка 3 следует, что алгоритм Кейпона обладает значительно более лучшим разрешением, чем алгоритм BSA. Антенная решётка (АР), оптимизированная по критерию Кейпона, стремится подавить любой сигнал, волновой фронт которого отличается от  $\mathbf{s}$ . Средняя мощность на выходе АР получается минимальной везде, кроме углов вблизи направлений на ИИ. Непосредственно в направлении на ИИ функция  $f_{MLM}$  имеет максимум [3].

2.В. Алгоритм теплового шума.

Вскоре после появления метода Кейпона был предложен так называемый метод теплового шума TNA. Идея метода опирается на свойства АР, критерием эффективности которой является величина отношения мощности сигнала к средней суммарной мощности внешней помехи и собственного шума на выходе АР. В качестве функции, которая обеспечивает угловое разрешение в методе TNA, рассматривается величина, обратная мощности собственного шума [3]:

$$f_{TNA}(\varphi, \theta) = \frac{1}{\mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R}^{-2} \mathbf{a}(\varphi, \xi)}, \tag{6}$$

Соответствующий угловой спектр функции  $f_{TNA}$  приведён на рисунке 3.

2.Г. Обобщенный метод Кейпона

Очевидно, что методы Кейпона и теплового шума могут быть рассмотрены с единой точки зрения и на основе этого могут быть предложены новые методы свехразрешения. Можно ожидать, что функции вида

$$f_{GenCapon}(\varphi, \theta) = \frac{1}{\mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R}^{-n} \mathbf{a}(\varphi, \xi)}, \tag{7}$$

при  $n > 0$  будут обладать повышенной эффективностью углового разрешения по сравнению с обычным методом сканирования лучом антенны.

2.Д. Метод максимальной энтропии

В 1967 году Джон Бург (Burg) пошатнул основы обычного временного спектрального анализа с его предположением, что традиционное спектральное оценивание по существу было бесполезным. Он был недоволен тем фактом, что во времени, все общепризнанные методы для вычисления спектральной плотности мощности полностью ограничиваются корреляционными задержками. Как альтернативу, Бург предложил его, теперь известный, метод спектрального оценивая или метод максимальной энтропии (Maximum Entropy Method (MEM)) [5]. Модификация метода максимальной энтропии для задачи пеленгования ИИ записывается как:

$$f_{MEM}(\varphi, \theta) = \frac{1}{|\mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u}_1|^2}, \tag{8}$$

где  $\mathbf{u}_1$  — это первый столбец единичной матрицы. Угловой спектр по методу максимальной энтропии приведён на рисунке 3.

2.Е. Алгоритм адаптивной угловой характеристики.

Алгоритм Adapted Angular Response (AAR) был предложен Боргиотти (Borgiotti) и Капланом (Kaplan) [6]. Он может интерпретироваться как вариация алгоритма максимального правдоподобия. Спектральные оценки алгоритма AAR получаются масштабированием или взвешиванием спектральных оценок по методу максимального правдоподобия, так, что сумма квадратов амплитуд весовых коэффициентов принимала некоторое фиксированное значение. Вычисление углового спектра по методу AAR проводится при помощи следующего выражения:

$$f_{AAR}(\varphi, \theta) = \frac{\mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{a}(\varphi, \xi)}{\mathbf{a}(\varphi, \xi)^H \mathbf{R}^{-2} \mathbf{a}(\varphi, \xi)}. \tag{9}$$

Угловой спектр алгоритма AAR приведён на рисунке 3.

2.Ж. Алгоритм многосигнальной классификации

Алгоритм MUSIC впервые был предложен Шмидтом (Schmidt) в 1979 году. Подход многосигнальной классификации для своего применения, помимо вычисления корреляционной матрицы, требует её разложения на собственные вектора и собственные числа с последующим выделением подпространств сигнала и шума. Этапы вычисления углового спектра по алгоритму MUSIC приведены в таблице 1, а соответствующий угловой спектр приведён на рисунках 1 и 3.

Таблица 1. Этапы выполнения алгоритма MUSIC

1.	Получить корреляционную матрицу по формуле (3).
2.	Вычислить собственные значения корреляционной матрицы $\lambda_i (i = 1, \dots, N)$ и сортировать их в порядке убывания ( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_N$ ).
3.	Вычислить собственный вектор $\mathbf{e}_i$ корреляционной матрицы для каждого собственного значения.
4.	Выделить подпространство шума $\mathbf{E}_n = (\mathbf{e}_{N-L}, \dots, \mathbf{e}_N)$ . Подпространство шума образуют собственные вектора, соответствующие $N - L$ наименьшим собственным значениям
5.	Вычислить угловой спектр по формуле (10)

$$f_{MUSIC}(\varphi, \theta) = \frac{1}{\mathbf{a}^H(\varphi, \xi) \mathbf{E}_n \mathbf{E}_n^H \mathbf{a}(\varphi, \xi)} \tag{10}$$

В общем, из рисунка 3 следует, что наилучшими характеристиками обладает метод максимальной энтропии MEM, нижняя граница которого примерно на два порядка ниже, чем у наиболее популярного алгоритма многосигнальной классификации (MUSIC). К тому же, MEM алгоритм не требует процедур, связанных с нахождением подпространств сигнала и шума. Дополнительным преимуществом при этом является то, что не нужно оценивать число ИИ, пеленгуемых ОКАР. Для алгоритма MUSIC неверная оценка числа ИИ в системе может привести к его полной неработоспособности или появлению в спектре паразитных пиков, которые могут быть приняты за ИИ. Остальные предлагаемые алгоритмы, также дают хорошие оценки координат ИИ, за исключением алгоритма BSA.

**Заключение.** В статье были рассмотрены несколько корреляционных алгоритмов нахождения углового спектра. Проведено численное моделирование алгоритмов для случая пеленгования одного ИИ при использовании ОКАР, состоящей из 8 элементов, при сравнительно низком отношении сигнал шум, равным 10 дБ.

Литература:

1. J. Capon, «High-Resolution Frequency-Wavenumber Spectrum Analysis», Proc. IEEE, 57, 1408 (1969).
2. W. Gabriel, «Spectral Analysis and Adaptive Array Superresolution Techniques», Proc. IEEE, 68, 654 (1980).
3. Ермолаев, В.Т., Флакман А.Г. Методы оценивания параметров источников сигналов и помех, принимаемых антенной решеткой. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые подходы к проблемам генерации, обработки, передачи, хранения, защиты информации и их применение». Нижний Новгород, 2007, 98 с.
4. R. Schmidt, «Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation», Proc. RADC Spectrum Estimation Workshop, Rome, NY, 1979.
5. J.P. Burg, «Maximum Entropy Spectral Analysis», Proc. 37th Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Oklahoma City, Oct. 31, 1967.
6. G.V. Borgiotti and L.J. Kaplan, «Super resolution of Uncorrelated Interference Sources by Using Adaptive Array Techniques», Trans. Antennas Propagation, AP-27, 842 (1979).

## Мелкозернистые бетоны на карбонатно- и глиношлаковых вяжущих, гидрофобизированных стеаратом цинка

Мороз Марина Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Петухов Андрей Владимирович, студент;

Калашников Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*В статье представлены результаты исследований водопоглощения и прочности на осевое сжатие мелкозернистых бетонов на минеральношлаковых вяжущих с гидрофобной добавкой — стеаратом цинка.*

**Ключевые слова:** минеральношлаковые бетоны, шлаки, горные породы, стеарат цинка, водопоглощение, водостойкость.

Эффективность гидрофобизации мелкозернистых бетонов органическими гидрофобизаторами характеризуется низким водопоглощением, высоким коэффициентом водостойкости. Немало важным является тот факт, что почти многие органические добавки понижают прочность на сжатие, и не каждый вводимый мелкозернистый заполнитель обеспечивает высокую реакционную активность по отношению к вяжущему. Для получения эффективного гидрофобного мелкозернистого бетона необходимо определить вид заполнителя и гидрофобизатора без существенного негативного действия органики на прочность. К наиболее распространенным заполнителям относят песок и известняк.

При применении заполнителей, содержащих кварц, гидратация и структурообразование в контакте «заполнитель — композиционное шлакощелочное вяжущее — гидрофобная добавка» происходит так: в начале, под действием щелочи и воды разрушается стекловидная фаза шлака. Поверхность зерна кварца чрезвычайно устойчива к воздействию воды, но в щелочной среде растворимость его возрастает. В приповерхностном слое кварца создаются ультрамикрорегетерогенные локальные активированные комплексы, по которым идет взаимодействие их с вяжущим.

Если в качестве мелкого заполнителя используется карбонатный песок (известняк), то химических реакционных процессов между  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  не происходит. Химическое взаимодействие поверхности кальцита возможно лишь с гидролизной  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Однако на поверхность частиц  $\text{CaCO}_3$  эпитаксиально могут наращиваться гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроалюмосиликаты кальция, которые поставляются при гидратации шлаковых частиц.

Для определения влияния металлоорганических гидрофобизаторов на кинетику роста прочности при сжатии, на водопоглощение в процессе длительного выдерживания в воде мелкозернистого бетона готовили следующие составы: на карбонатношлаковом вяжущем (КШВ) и на глиношлаковом вяжущем (ГШВ). Соотношение шлак: известняк и глина: шлак составляло 1:1,5 (60:40). В качестве мелкого заполнителя добавляли

песок Сурский в количестве 150% от массы минеральношлакового вяжущего. Активизатор твердения — щелочь  $\text{NaOH}$  в количестве 3%. В качестве гидрофобной добавки применяли — металлоорганический гидрофобизатор — стеарат цинка, как наиболее эффективную добавку для минеральношлаковых вяжущих (МШВ) в количестве 2,5% от массы вяжущего [1, 2].

Влажность смеси для мелкозернистого бетона на песке составляла 8% от массы сухой смеси, на известняке — 12% (табл. 1).

Экспериментальное подтверждение о сильных поверхностных взаимодействиях кальцита с продуктами гидратации шлака [3] позволяет рекомендовать в качестве мелкого заполнителя карбонатные породы. Поэтому добавление известняка фракции 1,25,0,315 в количестве 200% от массы карбонатношлакового вяжущего, модифицированного металлоорганическим гидрофобизатором, позволяет надеяться на высокое физико-химическое сродство компонентов.

Кинетика роста прочности и коэффициент длительной водостойкости мелкозернистого бетона на МШВ с гидрофобной добавкой стеарата цинка представлены в табл. 1.

Кинетика водопоглощения гидрофобизированных мелкозернистых бетонов на данных заполнителях представлена в табл. 2.

Из табл. 1 видно, что прочность в начальные сроки на осевое сжатие гидрофобизированного мелкозернистого бетона на кварцевом песке с добавкой стеарата цинка как на КШВ, так и на ГШВ, значительно понижается по сравнению с контрольными негидрофобизированными составами. На известняковом заполнителе понижение прочности значительно ниже.

У карбонатношлакоизвестнякового бетона (КШИБ) прочность снижается в 2,6 раза и составляет 3,4 МПа. Все составы мелкозернистого бетона с гидрофобной добавкой стеарата цинка как на песке, так и на известняке имеют 28-ми суточную прочность, превышающую прочность негидрофобизированного мелкозернистого бетона.

При достаточно длительном насыщении образцов водой в течение 250 суток на гидрофобизированном мел-

Таблица 1. Влияние органического гидрофобизатора на прочностные характеристики мелкозернистого бетона на глино- и карбонатношлаковом вяжущих

№	Вид вяжущего и соотношение компонентов	Заполнитель кол-во, % от $m_{\text{вяж}}$	Вид дозировки добавки, % от $m_{\text{вяж}}$	Влажность смеси, %	Характеристика материала					
					Плотность $\rho_{\text{сух}}$ , г/см <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, н. у. т, МПа, через:		Прочность на сжатие, н. у. т, МПа		Коэффициент длительной водостойкости
						1 сут	28 сут	$R_{\text{сж}}^{\text{нас}}$	$R_{\text{сж}}^{\text{сух}}$	
1	Карбонатно-шлаковое вяжущее: известняк 60:40	Песок 150	—	8	2,11	5,3	26,9	42,7	67,4	0,63
2			Ст. Zn 2,5	8	2,12	1,0	27,4	51,9	64,8	0,80
3	Глино-шлаковое вяжущее: глина 60:40	Известняк 200	—	12	2,02	8,8	23,8	35,1	45,3	0,77
4			Ст. Zn 2,5	12	2,00	3,4	24,3	34,2	41,8	0,82
5	Глино-шлаковое вяжущее: глина 60:40	Песок 150	—	8	2,14	6,5	30,1	34,0	68,0	0,50
6			Ст. Zn 2,5	8	2,10	1,0	36,7	39,5	50,6	0,82

козернистом бетоне на основе КШВ и ГШВ замечен значительный прирост прочности на сжатие. Максимальное значение прочности на сжатие в насыщенном водой состоянии, равное 51,9 МПа, отмечено на карбонатношлакопесчаном бетоне (КШПБ), модифицированном стеаратом цинка, что выше контрольного на 9,14 МПа.

Для оценки кинетики водопоглощения во времени при длительном экспонировании в воде и определения коэффициента длительной водостойкости образцы мелкозернистого бетона насыщали водой в течение 250 суток. Часть образцов была испытана на прочность при сжатии в насыщенном водой состоянии, другая — высушивалась в сушильном шкафу при  $t = 105 \pm 5^\circ\text{C}$  до постоянной массы.

Водопоглощение глиношлакопесчаного бетона (ГШПБ) со стеаратом цинка в первые 48 часов в 1,4 раз ниже контрольного и составляет 4,76 %, для КШПБ — в 1,47 раз и составляет 4,14 %. Такие низкие показатели водопоглощения в двухсуточном возрасте, регламентированном ГОСТ, и значительное возрастание его при дальнейшем водонасыщении оправдывает введение методов оценки степени гидрофобизации при длительном экспонировании в воде. Это необходимо и для разработки классификационной оценки качества гидрофобных добавок.

Достаточно длительное экспонирование в воде образцов из мелкозернистого бетона показывает высокую эффективность применения некоторых металлоорганических соединений в качестве гидрофобизаторов для бетонов на карбонатно — и глиношлаковом вяжущем, причем проявляется избирательное действие отдельных металлических мыл к виду вяжущего. К восьми месяцам выдерживания образцов в воде на ГШПБ с добавлением стеарата цинка, водопоглощение по массе уменьшается в 1,32 раза, на КШПБ — в 1,16 раза по сравнению с контрольным (табл. 2). При этом коэффициент длительной

водостойкости у такого бетона достигает 0,82 и 0,8, что значительно выше контрольного 0,63 и 0,69.

Гидрофобная добавка — стеарат цинка в КШИБ понижает водопоглощение по массе в 1,23 раза по сравнению с контрольным составом.

В связи с этим, можно сделать вывод, что стеарат цинка можно использовать как эффективный гидрофобизатор для минеральношлакового бетона.

Порошковый металлоорганический гидрофобизатор располагается внутри бетона дискретно и создает гидрофильно-гидрофобную поверхность. По аналогии с теоретическими положениями геометрического построения очертания мениска воды в гидрофильно-гидрофобном капилляре [4, 5], можно рассмотреть положение капли воды на искусственно созданной гидрофильно-гидрофобной поверхности минеральношлакового бетона.

Если поверхность состоит из микронеоднородных гидрофильно-гидрофобных частиц, диаметр контакта капли с поверхностью будет средним арифметическим между диаметрами на гидрофильной и гидрофобной поверхностях при равенстве площадей гидрофильных и гидрофобных участков и при условии  $\theta_2 = 180 - \theta_1$ .

$$d_{\text{гп-гф}} = \frac{K_{\text{гп}} \cdot d_{\text{гп}} + K_{\text{гф}} \cdot d_{\text{гф}}}{2};$$

где  $K_{\text{гп}}$  и  $K_{\text{гф}}$  — доля площади, занятой, соответственно, гидрофильным и гидрофобным участками.

При гидрофобизации дисперсными порошками неоднородное распределение их в поверхности капилляров определяет различное смачивание гидрофобно-гидрофильных капилляров. Уровень жидкости в капилляре будет зависеть от соотношения площадей гидрофобной и гидрофильной частей или углов смачивания жидкостью. Важно, при приготовлении бетонной смеси с порошковым гидрофобизатором тщательно и однородно перемешивать все компоненты бетонной смеси.

Таблица 2. Кинетика водопоглощения по массе мелкозернистого бетона на карбонатно- и глиношлаковом вяжущих, гидрофобизированных стеаратом цинка

№ состава из табл. 1	Водопоглощение образцов по массе, %, через:																
	15 минут	30 минут	1 час	5 часов	1 сутки	3 суток	7 суток	11 суток	14 суток	27 суток	41 сутки	51 сутки	57 суток	117 суток	163 суток	200 суток	250 суток
1	3,69	4,25	4,47	5,1	5,74	6,11	6,26	6,5	6,67	6,85	6,94	6,97	7,0	7,1	7,2	7,2	7,2
2	1,5	1,72	2,03	2,45	2,95	4,14	4,9	5,3	5,6	5,97	6,06	6,06	6,06	6,1	6,2	6,2	6,2
3	6,47	8,02	8,95	9,1	9,36	9,94	10,24	10,5	10,56	11,01	11,27	11,4	11,6	12,0	12,1	12,06	12,06
4	4,76	6,16	6,62	7,5	8,44	9,22	9,6	9,83	9,88	10,13	10,3	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5
5	5,36	6,33	6,48	6,5	6,62	6,62	6,8	6,98	7,05	7,33	7,52	7,6	7,65	7,8	7,85	7,85	7,85
6	2,03	2,67	2,99	3,4	3,87	4,76	5,32	5,5	5,55	5,76	5,82	5,88	5,91	5,96	5,96	5,96	5,96

Литература:

1. Калашников, В. И., Мороз М. Н., Нестеров В. Ю., Хвастунов В. Л., Василик П. Г. Минерально-шлаковые вяжущие повышенной гидрофобности // Строительные материалы. 2005. №7. с. 64–68.
2. Калашников, В. И., Мороз М. Н., Худяков В. А., Василик П. Г. Высокогидрофобные строительные материалы на минеральных вяжущих // Строительные материалы. 2009. №6. с. 81–83.
3. Викторова, О. Л. Карбонатношлаковые композиционные строительные материалы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза. 1998 г. 185 с.
4. Мороз, М. Н., Калашников В. И., Володин В. М., Василик П. Г. Изменение длительной водостойкости композиционных материалов, содержащих водостойкий и неводостойкий компоненты // Строительные материалы. 2012. №1. с. 42–43.
5. Калашников, В. И., Мороз М. Н. Теоретические основы смачиваемости мозаичных гидрофобно-гидрофильных поверхностей // Строительные материалы. 2008. №1. с. 47–49.

## Экспериментальное определение угловой поперечной жёсткости кузова на подвеске относительно опорных колёс автомобиля

Нгуен Тхе Мань, кандидат технических наук, преподаватель;  
 Нгуен Ха Хиеп, кандидат технических наук, преподаватель  
 Вьетнамский государственный технический университет имени Ле Куй Дона (г. Ханой)

*В статье предлагается методика определения угловой поперечной жёсткости подвески автомобиля с включением стабилизаторов и без стабилизаторов путем эксперимента.*

**Ключевые слова:** эксперимент, определение, угловая поперечная жёсткость, подвеска, автомобиль

**1. Введение, постановка проблемы.** В процессе поворота с некоторым радиусом  $R$  под действием центробежной силой  $P$  на плече высоты оси крена этой же массы кузова на подвеске каждой опорной оси автомобиля образуется поперечной момент  $M$ . Этот момент от центробежной или иной боковой силы вызывает угловое перемещение, называемое креном кузова.

На кузов крепится рулевой механизм. Сошка червячно-роликового или рейка реечного рулевого механизма посредством рулевых тяг со сферическими шарнирами кинематическим связаны с рычагами поворотных цапф управляемых колёс передней опорной оси АТС. Поэтому при крене кузова на угол  $\beta_{кр}$  шарниры рулевой тяги изменяют свое положение в вертикальном направлении на величину  $h_n$ , вызывая поперечные смещения рулевых тяг и рычагов подвески.

Поперечные смещения шарниров рулевых тяг и соответствующие образуемые при этом угле доворотов колес АТС существенно влияют на его управляемость. Они играют важную роль в искажении задаваемой водителем траектории движения автомобиля. В свою очередь, поперечные смещения шарниров рулевых тяг и соответствующие углы

доворотов зависят от линейной жёсткости передней  $C_{п1}$  и задней  $C_{з1}$  подвески, образующих угловую поперечную жёсткость всей подвески с включением стабилизаторов передней и задней осей. Расчётное определение этой величины затрудняется тем, что стабилизатор поперечной устойчивости в некоторых моделях машин имеет сложную пространственную форму, учитывая координаты крепления на кузове и подвижных элементах рычагов передней подвески (например Vinaxuki 2009, ВАЗ-2106 и др). Поэтому предлагается методика определения поперечной угловой жёсткости подвески  $C_{\beta}$  путем эксперимента.

**2. Объект исследования.**

Объектом экспериментальных испытаний являлся легковой автомобиль ВАЗ-2106, состояние которого удовлетворяет нормам.

Некоторые технические характеристики испытуемого автомобиля

Таблица 1

Марка	ВАЗ-2106
Год выпуска	1993
Скорость км/час	148 км/час
Тип привода колёс	Зад.
Снаряженная масса	1435 кг
Масса на переднюю ось	1035 кг
Габаритная длина	4166 мм
Габаритная ширина	1611 мм
Габаритная колёсная база	2424 мм
Колея задняя	1321 мм
Колея передняя	1365 мм

**3. Методика эксперимента**

3.1 Находим продольную угловую жёсткость от влияния передней подвески  $C_{\phiп}$ .

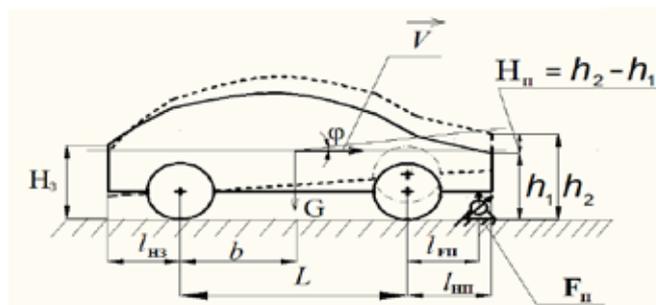


Рис. 1. Схема для определения продольной угловой жёсткости от влияния передней подвески  $C_{\phiп}$ :  $l_{\phiп}$  — расстояния от оси переднего колеса до точки приложения силы  $F_{п}$ ;  $l_{нп}$  — расстояния от оси переднего колеса до вертикали измерения смещения передней оси;  $l_{нз}$  — расстояния от оси заднего колеса до вертикали измерения смещения задней оси;  $F_{п}, F_{з}$  — силовое воздействие по вертикали;  $b$  — расстояние от центра масс до оси задних колёс;  $\phi$  — угол отклонения автомобиля по вертикальной поверхности;  $h_1$  — положение отметки измерения перед нагрузкой (при этом показание динамометра  $F_{п} = 0$ );  $h_2$  — положение отметки измерения при отрыве колёс;  $H_{п}, H_3$  — перемещения кузова спереди и сзади

Устанавливаем домкрат с динамометром и фиксируем его позицию по середине поперечной оси для измерения силы  $F_{п}$  (см. рис 1). Увеличиваем силу  $F_{п}$  от нуля до максимальной величины, соответствующей моменту отрыва опорных колес передней оси от основания. Результаты измерения величин помещены в таблицу № 2

Результаты испытания для расчёта продольной угловой жёсткости от влияния передней подвески  $C_{\phiп}$ .

Таблица 2

№	Параметры	Единицы измерения	№ опыта			Средние величины
			1	2	3	
1	$F_{п}$	Н	4449,6	4622,4	4492,8	4521,7

2	$l_{FP}$	мм	465	463	464	464
3	$l_{HP}$	мм	472	474	473	473
4	$l_{H3}$	мм	430	432	431	431
5	$H_n$	мм	100	99	101	100
6	$H_3$	мм	10	13	12	11,6
7	$b$	мм	1211	1213	1212	1212
8	$L$	мм	2422	2426	2424	2424

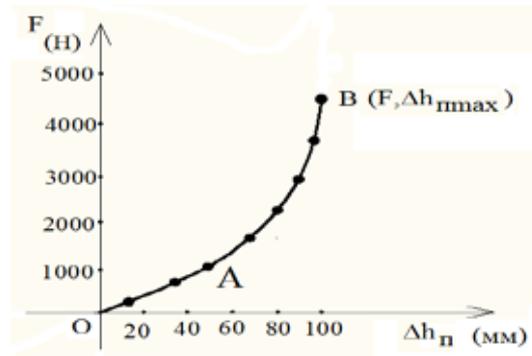


Рис. 2. График зависимости деформации подвески  $\Delta h_n$  от нагруженной силы  $F$

Если связь линейная, то при выполнении эксперимента создавался крутящий момент  $M_\phi = F_n(L + l_{FP})$ .

Угловое перемещение максимальное при моменте  $M_{\phi n} = \Delta F_{nmax} (L + l_{FP}) = 4622,4 \cdot (2,424 + 0,464) = 13340$  Н.м, будет:

$$\phi_3 = \frac{H_3 - (-H_n)}{L + l_{HP} + l_{H3}}, \text{ (рад)}$$

знак (-) при  $H_3$  означает, что измеряемое смещение точки наблюдается в противоположную сторону относительно перемещения  $H_n$ . Если перемещение наблюдается в одну сторону при нагрузке (вверх), то следует иметь знак (+). В этом опыте получается знак (-), поэтому

$$\phi_n = \frac{H_n + H_3}{L + l_{HP} + l_{H3}} = \frac{100 + 11,6}{2424 + 473 + 1110} = 0,027851 \text{ (рад)}$$

3.2. Находим продольную угловую жесткость от влияния задней подвески (для того выполняем такой же эксперимент, как и в п. 3.1, но в результате получим линейную жесткость на каждой колесной опоре задней оси).

Устанавливаем домкрат, фиксируем позиции расстояния  $l_{F3}$  и т.д., как в п. 3.1. (см. рис. 3). Результат измерения величин помещается в таблице № 3

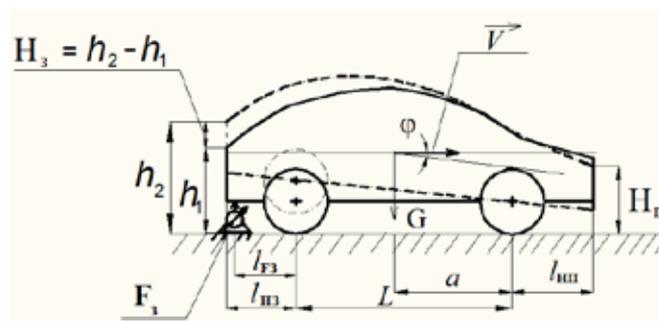


Рис. 3. Схема для определения продольной угловой жёсткости от влияния задней подвески  $C_{\phi 3}$ :  $l_{F3}$ ,  $l_{HP}$ ,  $l_{H3}$  — расстояния от оси заднего колеса до точки приложения силы  $F_3$ , до вертикали измерения смещения передней оси и задней оси;  $F_3$  — силовое воздействие по вертикали;  $a$  — расстояние от центра масс до оси передних колёс;  $\phi$  — угол отклонения автомобиля в вертикальной предельной поверхности;  $h_1$  — положение отметки измерения перед нагрузкой (при этом показание динамометра  $F_3 = 0$ );  $h_2$  — положение отметки измерения при отрыве колёс;  $H_n$ ,  $H_3$  — перемещения кузова спереди и сзади

Результаты испытания для расчёта продольной угловой жёсткости от влияния задней подвески  $C_{\varphi_3}$ .

Таблица 3

№	Параметры	Единицы измерения	№ опыта			Средние величины
			1	2	3	
1	$F_3$	Н	3456	3499,2	3542,43	3499,2
2	$l_{F3}$	мм	1110	1112	1113	1111,66
3	$l_{H3}$	мм	1130	1132	1131	1131
4	$l_{Hп}$	мм	472	474	473	473
5	$H_3$	мм	147	150	148	148,33
6	$H_{п}$	мм	15	13	14	14
7	a	мм	1213	1211	1212	1212
8	L	мм	2422	2426	2424	2424

Угловое перемещение максимальное при моменте  $M_{\varphi_3} = \Delta F_{3max} (L + l_{F3}) = 3542,4 \cdot (2,424 + 1,11146) = 12524,01$  (Н.м), будет  $\varphi_3 = \frac{H_3 - (-H_{п})}{L + l_{Hп} + l_{H3}}$ . Знак (-) при  $H_{п}$  будет при смещении точки в противоположную сторону относительно перемещения  $H_3$ . Если перемещение наблюдается в одну сторону при нагрузке (вверх), то следует иметь знак (+). В этом опыте получается знак (-) и поэтому

$$\varphi_3 = \frac{H_3 + H_{п}}{L + l_{Hп} + l_{H3}} = \frac{148,33 + 14}{2424 + 473 + 1131} = 0,04, \text{ (рад)}$$

Из рис 1 и 3 очевидно, что для получения угловой поперечной жёсткости без стабилизаторов  $C_{\beta}$  вначале определяется линейная вертикальная жесткость каждой стороны  $C_C = C_{Pi} + C_{3i}$ ; где  $C_{Pi}$  - линейная жесткость передней подвески каждой опоры (левой и правой),  $C_{3i}$  — линейная жесткость задней подвески каждой опоры (левой и правой). В свою очередь для определения линейной жесткости  $C_{Pi}$  и  $C_{3i}$  предварительно определяется продольная угловая жёсткость  $C_{\varphi П}$  и  $C_{\varphi_3}$ . Ниже излагается последовательность экспериментального определения этих величин жесткостей подвески основываться на рис 1 и 3.

$$\left. \begin{aligned} C_{\varphi П} &= \frac{M_{\varphi П}}{\varphi_{П}} \rightarrow C_{П} = \frac{C_{\varphi П}}{(L + l_{FП})^2} \rightarrow C_{Pi} = \frac{C_{П}}{2} \\ C_{\varphi_3} &= \frac{M_{\varphi_3}}{\varphi_3} \rightarrow C_3 = \frac{C_{\varphi_3}}{(L + l_{F3})^2} \rightarrow C_{3i} = \frac{C_3}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow C_C = C_{Pi} + C_{3i} \rightarrow C_{\beta} = 2C_C \left(\frac{B}{2}\right)^2$$

Определяем продольную угловую жесткость передней подвески

$$C_{\varphi П} = \frac{M_{\varphi П}}{\varphi_{П}} = \frac{13340}{0,027851} = 4,393 \cdot 10^5, \text{ (Нм/рад)}$$

Находим линейную жесткость передней подвески  $C_{Pi}$  каждой опоры (левой и правой) из эксперимента с измерением  $F_{п}$ ,  $H_{п}$ ,  $H_3$ .

Так как линейная  $C_{п}$  жесткость оси с угловой находится в соотношении  $C_{\varphi П} = C_{п}(L + l_{FП})^2$ , то определим ее

$C_{п} = \frac{4,393 \cdot 10^5}{(2,424 + 0,464)^2} = 5,27 \cdot 10^4$  (Н/м), а приведенная жесткость каждой колесной опоры будет составлялись ее половину, то есть

$$C_{Pi} = \frac{5,27 \cdot 10^4}{2} = 2,41 \cdot 10^4, \text{ (Н/м)}$$

Аналогично для задней подвески определяем продольную угловую жесткость

$$C_{\varphi_3} = \frac{M_{\varphi_3}}{\varphi_3} = \frac{12524,01}{0,04} = 3,131 \cdot 10^5, \text{ (Нм/рад)}$$

Находим линейную жесткость колес задней опоры.

$$C_3 = \frac{C_{\varphi z}}{(L + l_{F3})^2} = \frac{3,113 \cdot 10^5}{(2,242 + 0,111)^2} = 5,62 \cdot 10^4 \text{ Н/м, а приведенная жесткость каждой колесной опоры будет}$$

составлялись ее половину, то есть

$$C_{3i} = \frac{C_3}{2} = \frac{5,62 \cdot 10^4}{2} = 2,8 \cdot 10^4, \text{ (Н/м)}$$

Линейная вертикальная жесткость каждой стороны  $C_C = C_{\Pi i} + C_{3i} = 5,2 \cdot 10^4, \text{ (Н/м)}$

Угловая поперечная жесткость без учета угловой жесткости поперечного стабилизатора будет составлялись величину (см рис. 4):

$$C_{\beta} = 2C_C \left(\frac{B}{2}\right)^2 = 5,2 \cdot 10^4 \cdot \frac{1,34^2}{2} = 4,7 \cdot 10^4, \text{ (Н/м)}$$

#### 4. Результаты оценки боковой жесткости

4.1 Находим угловую поперечную жесткость всей подвески с включением стабилизаторов передней и задней оси из эксперимента. Схема нагружения и измерения перемещений при этом представлены на рис. 4

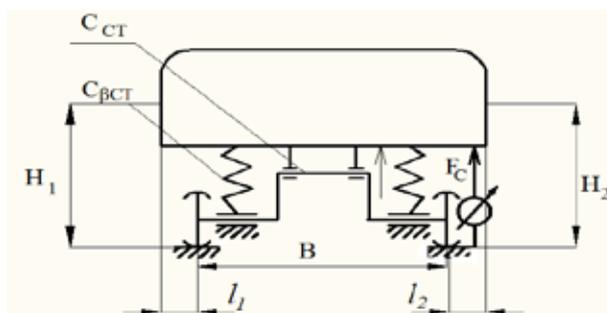


Рис. 4. Схема для расчета угловой поперечной жесткости всей подвески с включением стабилизаторов передней и задней оси

Результаты испытания для расчёта угловой поперечной жёсткости с включением стабилизатор.

Таблица 4

№	Параметр	Единицы измерения	№ опыта			Средняя величина
			1	2	3	
1	Показание динамометра $F_c$	Деление прибора	120	122	121	121
		Н	5180	5270,4	5227,2	5227,2
2	Перемещение кузова $H_2$ со стороны динамометра по измерению по линии кузова	мм	105	108	109	107,3
3	Приведенное перемещение кузова по оси колеса со стороны динамометра $H_{2\text{прив.}} = H_2 \cdot B / (B + l_2)$	мм	93,5	96,1	97	95,5
4	Перемещение кузова $H_1$ с обратной стороны от динамометра	мм	49 (+)	51 (+)	50 (+)	50 (+)
5	Приведенное перемещение кузова с обратной стороны от динамометра $H_{1\text{прив.обр.}} = H_{1\text{обр.}} \cdot B / (B + l_1)$	мм	43,6 (+)	45,4 (+)	44,5 (+)	44,5 (+)

6	Приведенное показание силы на динамометре к поперечной оси колеса $F_{\max} = F_c \cdot (B + L_1) / B$	Н	5180	5270,4	5227,2	5227,2
7	Поперечная база $B$	мм	1330	1332	1331	1331
8	Момент поперечный от домкрата максимальный $M_{\beta} = F_{\max} \cdot B$	Нм	6889,4	7020,17	6957,4	6957,40
9	Угол крена $\beta = (N_{2\text{прив.}} - N_{1\text{прив.обр.}}) / B$	рад	0,037	0,038	0,039	0,038
10	Поперечная жесткость с стабилизатором $C_{\beta\text{ст}} = M_{\beta} / \beta$	Нм/рад	186200	181300	176651	181300

4.2. Выделяем жесткость стабилизатора

$$C_{\text{стаб}} = C_{\beta\text{ст}} - C_{\beta} = 18,13 \cdot 10^4 - 4,7 \cdot 10^4 = 13,43 \cdot 10^4, (\text{Н/м})$$

4.3. Определяем для проверки  $C_{\Sigma}$  — линейную суммарную жесткость всей подвески

$$C_{\Sigma} = 2C_c = 2 \cdot 5,2 \cdot 10^4 = 10,4 \cdot 10^4, (\text{Н/м}) \text{ и получаем частоту собственную } \omega_c = \sqrt{\frac{C_{\Sigma}}{11 \cdot 10^2}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{10,4}{11}} = 9,5, (\text{с}^{-1})$$

$$\text{и } n_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{9,5}{2 \cdot 3,14} = 1,51 (\text{Гц}).$$

#### Заключение

Точность результата испытания зависит от навыка экспериментатора, также качество инструментов, используемые для измерения испытательных величин. В этом случае можно проверить результат определения суммарной линейной жесткости всей подвески автомобиля, учитывается, что при известной его массе в процессе испытания, частота собственных колебаний определяемая из условия расчета плавности хода должно быть в пределах  $1,2 \leq n_c \leq 2$  (Гц). И как показано выше она в указанных пределах.

Литература:

1. Nguyễn Phúc Hiều, Vũ Đức Lập, Lý thuyết ô tô quân sự. NXB Quân đội nhân dân Hà Nội — 2001.
2. Влияние подвески на управляемость АТС/И. В. Ходес, Нгуен Тхе Мань// Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2010. — №2. — С. 89–96.
3. Bauer, W. Hydropneumatic suspension systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

## Сыровяленые колбасы из мяса птицы

Нестеренко Антон Алексеевич, старший преподаватель;  
Шхалахов Дамир Сафербиевич, студент  
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Сыровяленые продукты занимают особое место в колбасном производстве. Процесс их изготовления длителен и трудоемок. Производство этих видов продуктов представляет собой консервирование мяса посредством комбинирования посола, ферментации и сушки. При созревании происходят различные сложнейшие процессы: физико-химические, биохимические, а также трансформация микрофлоры, в результате чего создаются характерные вкус, цвет, аромат и консистенция [1, с. 94, 2, с. 95].

В связи с этим возникает необходимость выбора оптимальной композиции стартовых культур для производства сыровяленых и сырокопченых колбас из мяса птицы.

Соединительная ткань мяса птицы обладает меньшей прочностью, чем убойных животных, поэтому она значительно быстрее подвергается изменениям при созревании и гидролизу при тепловой обработке. Белки мяса птицы содержат незаменимые аминокислоты [3, с. 168, 4, с. 225] в количествах близких потребностям человека.

В технологии производства сыровяленых и сырокопченых колбас для интенсификации процесса созревания применяют стартовые культуры. Многими авторами показано, что при культивировании специально подобранных нескольких штаммов микроорганизмов (стрептококков и палочек) образуется больше молочной кислоты, летучих жирных кислот, карбонильных соединений и других про-

дуктов, чем у каждого штамма в отдельности [5, с. 217, 6. с. 66]. Необходимо отметить, что молочнокислые микробы при культивировании их в рассолах при многократных пассажах приобретают денитрифицирующие свойства [7, с. 193, 8, с. 230].

С целью решения основной задачи, проведены сравнительные исследования трех стартовых бактериальных культур (ПБ-МП, Альми 2 и Vastoferm T-SPX) на функционально-технологические свойства модельных фаршей из «белого» (грудинка) и «красного» (бедро) мяса птицы.

Для определения степени действия на модельную систему вносимых стартовых культур нами был использован модельный фарш, состоящий из «белого» и «красного» мяса цыплят измельченного на волчке с диаметром решетки 3 мм. Активацию и дозировку стартовых культур проводили в соответствии с рекомендациями фирм производителей. Формовку производили в говяжью череву диаметром 40 мм. Сформованные батоны подвергали осадке в течение 5 суток при температуре воздуха  $3 \pm 1$  °С, относительной влажности воздуха  $87 \pm 2\%$  и скорости движения воздуха 0,1 м/с. Затем колбасные батоны подвергали сушки при следующих режимах: первые сутки — температура 18–20 °С, влажность 82–83 %, скорость воздуха 0,05–0,1 м/с; вторые сутки — температура 16–18 °С, влажность 75–77 %, скорость воздуха 0,05–0,1 м/с. Начиная с третьих суток температуру в камере сушки снижали на 1 °С до температуры 12 °С при влажности 72–75 % и скорости воздуха 0,1 м/с. Сушку ведут до достижения влажности в колбасных батонах 40 %. В ходе опыта контролировали показатели рН, качественное и количественное содержание микрофлоры и количество молочной кислоты.

Результаты исследования микрофлоры представлены в таблице 1.

Полученные данные свидетельствуют о достаточно активном развитии молочнокислой микрофлоры в фарше с бакпрепаратом Альми 2. На протяжении всего технологического процесса, начиная с момента внесения баккультур, количество молочнокислой микрофлоры в фарше с препаратом Альми 2 превышало на один-два порядка по сравнению с уровнем молочнокислой микрофлоры в фарше с препаратами ПБ-МП и T-SPX.

Спонтанно попадающая в фарш молочнокислая микрофлора (в контрольных образцах) развивалась медленно, т. к. на начальном этапе (приготовленный фарш) ее количество составляло  $5,8 \times 10^2$ – $6,1 \times 10^2$ , максимально ее количество возросло до  $2,8 \times 10^4$  после 10 суток сушки. В последующий период сушки в контрольных образцах наблюдалось постепенное снижение количества МКБ и после 25 суток сушки обнаруживалось  $6,0 \times 10^3$ – $7,2 \times 10^3$  МКБ в 1 г фарша.

Внесение стартовых баккультур позволило повысить уровень молочнокислой микрофлоры в приготовленном фарше на 2–3 порядка.

В образцах со стартовой культурой Альми 2 уже в приготовленном фарше было определено  $1,5 \times 10^5$ – $1,8 \times 10^5$  МКБ в 1 г, в процессе осадки происходит более интенсивное накопление молочнокислой микрофлоры с закваской Альми 2, причем максимум роста МКБ установлен после 15 суток сушки, в последующие периоды сушки происходит снижение количества МКБ, но не очень значительное, и сохраняется к концу сушки (25 суток) на достаточно высоком уровне  $1,4 \times 10^7$ – $2,5 \times 10^7$ .

Таблица 1. Изменения микрофлоры сыровяленых колбас

Объекты исследования		Количество молочнокислой микрофлоры в 1 г продукта			
		Контроль	Стартовые культуры		
			Альми 2	ПБ-МП	T-SPX
Посол	«белое» мясо	<30	—	—	—
	«красное» мясо	<30	—	—	—
Фарш	«белое» мясо	$6,1 \times 10^2$	$1,5 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$
	«красное» мясо	$5,8 \times 10^2$	$1,8 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$
Фарш после осадке	«белое» мясо	$3,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^6$	$4,7 \times 10^4$	$1,4 \times 10^5$
	«красное» мясо	$4,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^6$	$2,4 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$
Сушка					
5 суток	«белое» мясо	$1,6 \times 10^4$	$5,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$
	«красное» мясо	$1,6 \times 10^4$	$5,6 \times 10^6$	$9,1 \times 10^4$	$3,2 \times 10^5$
10 суток	«белое» мясо	$3,1 \times 10^4$	$1,6 \times 10^7$	$1,7 \times 10^5$	$1,6 \times 10^6$
	«красное» мясо	$2,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^7$	$3,2 \times 10^5$	$2,3 \times 10^6$
15 суток	«белое» мясо	$2,8 \times 10^4$	$4,0 \times 10^7$	$1,3 \times 10^5$	$1,5 \times 10^6$
	«красное» мясо	$1,9 \times 10^4$	$6,3 \times 10^7$	$2,6 \times 10^5$	$1,8 \times 10^6$
20 суток	«белое» мясо	$1,4 \times 10^4$	$3,0 \times 10^7$	$7,9 \times 10^4$	$6,3 \times 10^5$
	«красное» мясо	$1,4 \times 10^4$	$5,6 \times 10^7$	$1,8 \times 10^5$	$1,2 \times 10^6$
25 суток	«белое» мясо	$6,0 \times 10^3$	$1,4 \times 10^7$	$5,5 \times 10^4$	$3,1 \times 10^5$
	«красное» мясо	$7,2 \times 10^3$	$2,5 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$

Из бакпрепаратов ПБ-МП и Vactoferm T-SPX более интенсивно развивались МКБ в колбасном фарше при использовании препарата под маркой Т-SPX. Во-первых, в исходном фарше количество МКБ было на порядок ниже, чем в фарше с закваской Альми 2. Эта разница в уровне МКБ в фарше сохранялась и на последующих этапах технологического процесса, достигая максимума после 15 суток сушки  $1,5 \times 10^6 - 1,8 \times 10^6$ . В последующие периоды сушки колбасы отмечено снижение количества жизнеспособных МКБ.

В фарше с баккультурой ПБ-МП микроорганизмы развивались менее интенсивно, чем с двумя ранее рассмотренными заквасками, но общий ход развития МКБ в фарше с этой закваской был аналогичным развитию с Альми 2 и Т-SPX, но на более низком количественном уровне.

Более интенсивный рост молочнокислой микрофлоры в фарше с препаратом Альми 2 по сравнению с культурами ПБ-МП и Т-SPX, можно объяснить большей приспособленностью микроорганизмов закваски Альми 2 к мясной среде, хорошим синергизмом, а также способностью расщеплять гликоген, оставшийся после гликолиза.

В связи с особенностью автолиза в белых и красных мышцах цыплят-бройлеров, более интенсивно происходит распад гликогена в грудных (белых) мышцах, чем в мышцах бедра (красных мышцах) с соответствующим образованием молочной кислоты и различным снижением рН.

Исходное сырье, состоящее из белых и красных мышц, имело разное содержание молочной кислоты (рис. 1, 2).

Более высокий уровень молочной кислоты характерен для белых (грудных) мышц, что обуславливает более низкие значения рН в этих мышцах. В результате жизнедеятельности молочнокислой микрофлоры продуцируется молочная кислота.

Наиболее интенсивно молочная кислота образуется в результате жизнедеятельности молочнокислой микрофлоры в образцах фарша с препаратом Альми 2 [9, с. 218, 10, с. 225]. В процессе осадки содержание молочной кислоты с препаратом Альми 2 в фарше увеличилось в 1,3–1,5 раза, с препаратом Т-SPX в 1,2–1,22 раза. Небольшой прирост содержания молочной кислоты после осадки установлен в контрольном образце и с препаратом ПБ-МП.

В процессе сушки до 15 суток наблюдалось увеличение содержания молочной кислоты во всех образцах. Наибольшее количество молочной кислоты к 15 суткам сушки было в образцах с препаратом Альми 2, содержание молочной кислоты к исходному уровню увеличилось в 2,25 раза для образцов из белого мяса и в 2,65 для образцов из красного мяса.

В колбасах с препаратом Т-SPX к 15 суткам сушки содержание молочной кислоты увеличилось в образцах из белого мяса в 1,62 раза и в образцах из красного мяса в 1,9 раза. В образцах с препаратом ПБ-МП к этому пе-

риоду содержание молочной кислоты возросло соответственно в 1,33 и 1,54 раза.

В контрольном образце наблюдалось увеличение содержания молочной кислоты, но в значительно меньшем объеме.

На основании этих данных необходимо отметить более высокую кислотообразующую способность молочнокислой микрофлоры, входящей в состав препарата Альми 2.

Изменения содержания молочной кислоты в ходе технологического процесса производства сыровяленой колбасы из мяса цыплят-бройлеров определяют динамику изменения значений активной кислотности (рН) (рис. 3, 4).

Необходимо особо отметить различные значения, как содержания молочной кислоты, так и разные значения рН в белых (грудных) мышцах и в красных мышцах (мышцах бедра) на начальном этапе. Эти различия сохраняются в образцах из белого и красного мяса на протяжении всего технологического процесса производства сыровяленых колбас [11, с. 75, 12, с. 790].

Наиболее динамично изменяются значения рН в фарше колбас с бакпрепаратом Альми 2. Значения рН фарша с данным препаратом снижаются с 5,8 в приготовленном фарше из белого мяса и с 6,34 в приготовленном фарше из красного мяса в период осадки и сушки до 15 суток, достигая значений рН = 4,65 для фарша из белого мяса и рН = 5,12 для фарша из красного мяса.

К 20 суткам сушки наблюдалось небольшое повышение значений рН до 4,85 в фарше колбас из белого мяса и до 5,23 в фарше из красного мяса, повышение значений рН отмечено и после 20 суток соответственно до 4,90 и 5,27.

Интенсивность изменения значений рН в фарше с бакпрепаратом Т-SPX была несколько меньше, чем с препаратом Альми 2, так к 15 суткам сушки значения рН фарша из белого мяса достигали 5,2, а из красного мяса 5,50; в фарше колбас с бакпрепаратом ПБ-МП значения рН после 15 суток сушки были большими и достигали значений 5,36 в фарше из белого мяса и 5,7 в фарше из красного мяса. Тенденция к повышению значений рН в фарше с бакпрепаратами ПБ-МП и Т-SPX при дальнейшей сушке также сохранялась. В колбасном фарше из белого мяса после 25 суток сушки значения рН с закваской Т-SPX достигли 5,26; в фарше из красного мяса 5,65. В фарше же из белого мяса с бакпрепаратом ПБ-МП значения рН достигли соответственно 5,43 и 5,78.

В колбасном фарше без стартовых баккультур наблюдалась аналогичная динамика изменения значений рН, но только при более высоких значениях рН.

К 15 суткам сушки в фарше из белого мяса без баккультур значение рН достигло 5,45, а из красного мяса — 5,90. При дальнейшей сушке отмечено повышение значений рН в фарше из белого и красного мяса, так к 25 суткам сушки в фарше из белого мяса оно достигло 6,02.

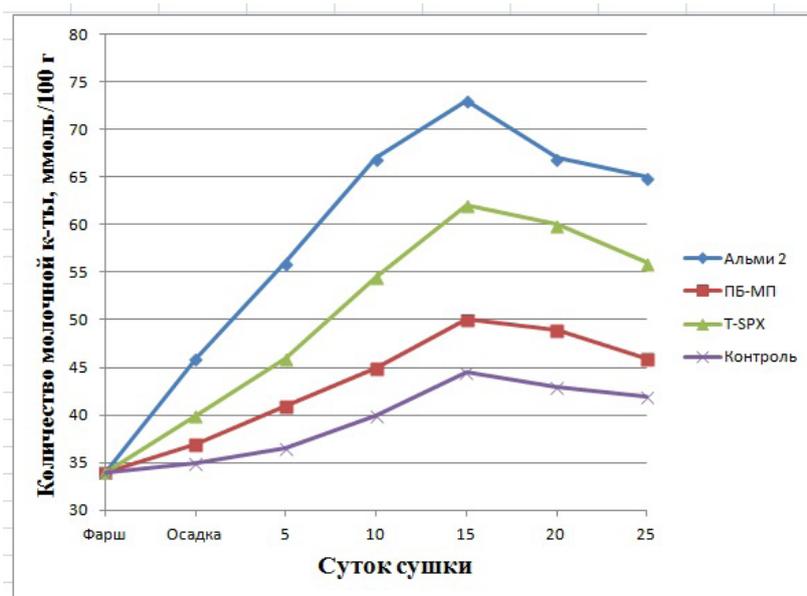


Рис. 1. Изменение содержания молочной кислоты в фарше из белого мяса

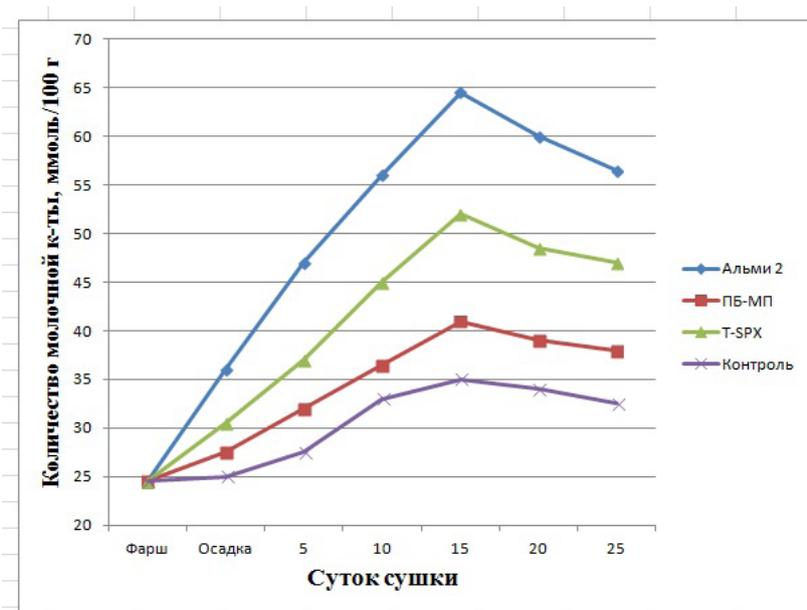


Рис. 2. Изменение содержания молочной кислоты в фарше из красного мяса

Следует отметить, что стартовая культура Альми 2 обеспечивает более интенсивное образование молочной кислоты и соответственно большее снижение значений рН.

Бакпрепараты ПБ-МП и Т-SPX уступали по этим показателям стартовой культуре Альми 2.

По активности продуцирования молочной кислоты и изменению значений рН закваска Т-SPX была на втором месте, ПБ-МП — на третьем.

В контрольном образце колбас без стартовых культур образование молочной кислоты происходило менее активно, поэтому и значения рН были на более высоком уровне, чем в фарше колбас со стартовыми культурами.

Более низкие значения рН в фарше из белого мяса должны предопределять и более быструю сушку колбас из белого мяса, т. к. значения рН в большей степени приближаются к изоточке мышечных белков.

Несомненно, главную роль в снижении значений рН играет образование молочной кислоты за счет жизнедеятельности молочнокислой микрофлоры, но на значения рН оказывают протекающие в фарше процессы протеолиза, в результате которых накапливаются низкомолекулярные соединения, имеющие основной характер [13, с. 775, 14, с. 76]. В результате выполненных исследований установлены существенные преимущества стартовой куль-

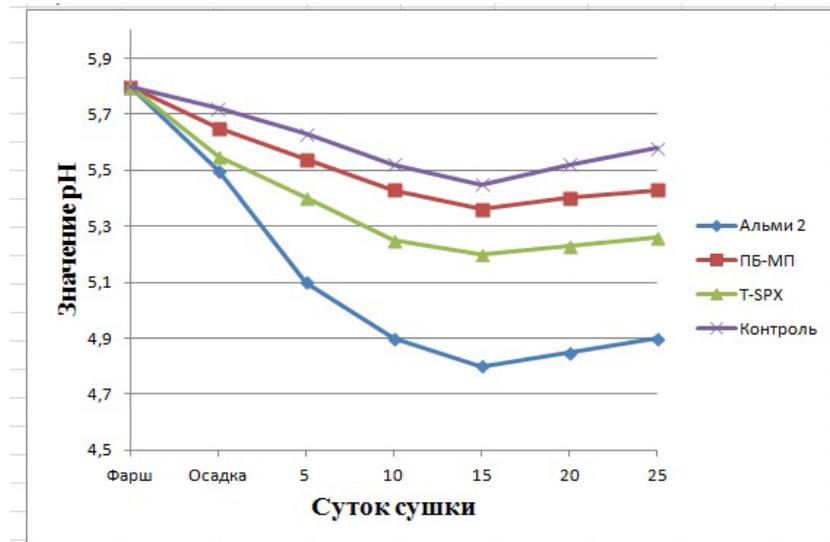


Рис. 3. Изменение рН колбас из белого мяса

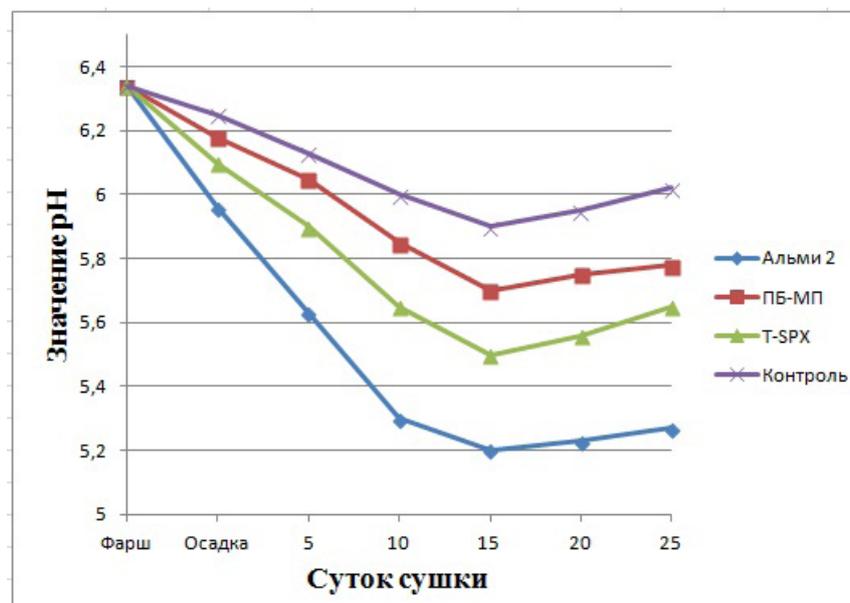


Рис. 4. Изменение рН колбас из красного мяса

туры Альми 2 по сравнению с культурами фирмы ПБ-МП и Т-SPX по интенсивности роста МКБ и продуцирования

молочной кислоты, снижению значений рН, формированию аромата и вкуса, структуры и цвета фарша колбас.

#### Литература:

1. Акопян, К. В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас [Текст]/К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 93–95.
2. Акопян, К. В. Способы интенсификации созревания сырокопченых колбас [Текст]/К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 95–98.
3. Зайцева, Ю. А. Новый подход к производству ветчины [Текст]/Ю. А. Зайцева, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 167–170.
4. Нестеренко, А. А. Изучение действия электромагнитного поля низких частот на мясное сырье [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 224–227.

5. Нестеренко, А. А. Применение стартовых культур в технологии сырокопченых колбас [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 216–219.
6. Нестеренко, А. А. Применение стартовых культур в технологии производства ветчины/А. А. Нестеренко, Ю. А. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2014. — №1 (31) — с. 65–68.
7. Применение стартовых культур при производстве сырокопченых колбас [Текст]/Ю. А. Полтавская [и др.] // Молодой ученый. — 2014.. — №9. — с. 193–196.
8. Применение стартовых культур в мясоперерабатывающей промышленности [Текст]/Ю. А. Полтавская [и др.] // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 229–232.
9. Нестеренко, А. А. Физико-химические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 219–221.
10. Нестеренко, А. А. Функционально-технологические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 223–226.
11. Нестеренко, А. А., Пономаренко, А. В. Использование электромагнитной обработки в технологии производства сырокопченых колбас // Вестник НГИЭИ. — 2013. — №6 (25). — с. 74–83.
12. Нестеренко, А. А. Влияние активированного электромагнитным полем низких частот стартовых культур на мясное сырье/Нестеренко А. А., Горина Е. Г. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — №05 (099). — с. 786–802. — IDA [article ID]: 0991405053. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/53.pdf>, 1,063 у. п. л.
13. Нестеренко, А. А. Биологическая ценность и безопасность сырокопченых колбас с предварительной обработкой электромагнитным полем низких частот стартовых культур и мясного сырья/Нестеренко А. А., Акопян К. В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — №05 (099). — с. 772–785. — IDA [article ID]: 0991405052. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/52.pdf>, 0,875 у. п. л.
14. Нестеренко, А. А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас [Текст]/А. А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2013. — №2 — с. 75–80.

## Применение консорциумов микроорганизмов для обработки мясного сырья в технологии колбасного производства

Нестеренко Антон Алексеевич, старший преподаватель;  
Шхалахов Дамир Сафербиевич, студент  
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

В последние годы успехи научных исследований в области биотехнологии привели к разработке новых технологий, позволяющих ускорить производство сырокопченых колбас, улучшить их органолептические свойства и значительно повысить гарантию производства высококачественных продуктов. Одним из способов интенсификации технологического процесса сырокопченых колбас является использование стартовых культур [1, с. 217, 2, с. 172, 3, с. 176].

Целью исследований заключается в подборе стартовых культур способных размягчать мясное сырье низких сортов.

Для создания консорциума были выбраны распространенные в продаже и используемые для лечения и профилактики микрофлоры желудочно-кишечного тракта культуры микроорганизмов: *Lactobacillus plantarum*, *lac-*

*tobacillus casei*, *staphylococcus carnosus*, *bifidumbacterium siccum*, *bifidumbacterium bifidum* [4, с. 194, 5, с. 230].

По потребности в питательных веществах молочнокислые бактерии относятся к наиболее сложным микроорганизмам. В качестве источника углерода они могут использовать моно- и дисахариды, органические кислоты [6, с. 94, 7, с. 94]. На обычных питательных средах они не развиваются, а растут на средах с добавлением аминокислот, гидролизатов белков мяса, лактальбумина, казеина, различных видов муки. Большинству штаммов молочнокислых бактерий необходимы аминокислоты: аргинин, лейцин, изолейцин, гистидин, валин; витамины: рибофлавин (В<sub>2</sub>), тиамин (В<sub>1</sub>), пантотеновая (В<sub>3</sub>), никотиновая (РР), фолиевая (В<sub>с</sub>) кислоты, пиридоксин (В<sub>6</sub>) и др. Рост некоторых бактерий стимулируют и некоторые пептиды, пурины, пиримидины, жирные кислоты.

Таблица 1. Потребность микроорганизмов в витаминах

Наименование	Lactobacillus		Bifidobacterium		Staphylococcus carnosus
	plantarum	casei	siccum	bifidum	
Рибофлавин	±	+	±	-	±
Пиридоксаль	-	+	-	+	+
Фолиевая кислота	-	+	+	-	+
V <sub>12</sub>	-	+	+	+	-
Тимидин	-	+	-	-	+
V <sub>6</sub>	-	-	-	+	-

Потребность микроорганизмов в витаминах дана в таблице 1.

В связи с потребностями микроорганизмов в источниках углерода был проведен модельный опыт по изучению влияния различных моно- и дисахаров на динамику развития молочнокислых микроорганизмов [8, с. 790]. Для эксперимента были выбраны следующие сахара: арабиноза, рафиноза, глюкоза, лактоза, мальтоза, сахароза. Вносили сахара в количестве 5% (по аналогии с содержанием лактозы в молоке 4,7–5,2%), закваска 5% и молоко 5%, сквашивание проводили в течение 12 ч. Результаты определяли по изменению титруемой кислотности таблица 2.

Из приведенных данных мы видим, что внесение сахаров приводит к повышению кислотности продукта, но не у всех видов микроорганизмов. При внесении арабинозы, глюкозы, рафинозы, незначительная кислотность для бифидобактерии, в случае мальтозы низкая кислотность для бифидобактерий и стафилококков. В случае лактозы кислотность повышается у всех выбранных видов микроорганизмов до 90°Т и более, что соответствует кислотности традиционных кисломолочных продуктов.

Для определения концентрации поваренной соли на выживаемость клеток, в питательную среду вносили поваренную соль разной концентрации (от 0 до 12% к массе среды). Посев культур осуществляли на питательную среду MRS в стерильных условиях. После чего культивировали в автоклаве при 30°С в течение 48 часов и вели подсчет клеток.

Влияние концентрации поваренной соли на выживаемость клеток выбранных микроорганизмов показана на рисунке 1.

Полученные данные, свидетельствуют о большей толерантности к поваренной соли культуры staphylococcus carnosus в отличие от остальных исследуемых культур.

В технологии производства сырокопченых колбас большое значение имеет значение pH фарша, по которой судят о скорости ферментации и накопление кислот. Быстрое снижение pH фарша способствует также торможению развития патогенной микрофлоры и улучшает качество готового продукта [9, с. 778, 10, с. 66, 11, с. 168].

Для определения скорости снижения pH проводили посев микроорганизмов на питательные среды в стерильных условиях в боксе, доза инокулята составляла 1г/см<sup>3</sup>, после чего культивировали в автоклаве в течение

Таблица 2. Различные признаки роста микроорганизмов

Наименование	Lactobacillus		Bifidobacterium		Staphylococcus carnosus
	plantarum	casei	siccum	bifidum	
Рост при 4°С	+	+	+	+	+
Рост при 15°С	+	+	+	+	+
Рост при 45°С	±	±	±	±	±
Сбраживание:					
арабинозы	+	-	-	-	±
глюкоза	+	+	-	-	±
лактозы	+	+	+	+	+
мальтоза	+	+	+	±	∓
рафиноза	+	-	+	-	+
сахарозы	+	+	+	±	±

Примечание: + — титруемая кислотность 90°Т и выше, ± — титруемая кислотность от 70 до 90°Т, ∓ — титруемая кислотность от 50 до 70°Т, — — титруемая кислотность менее 50°Т.

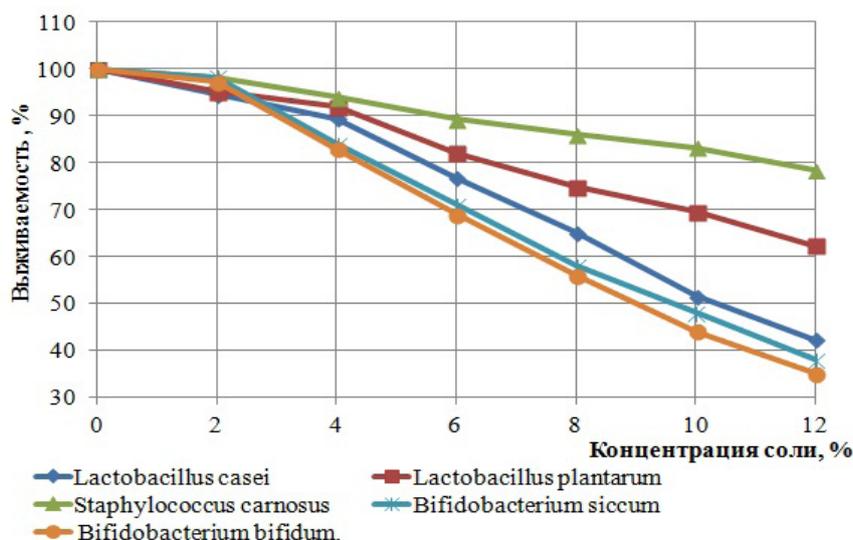


Рис. 1. Выживаемость клеток микроорганизмов в зависимости от концентрации соли

12 ч при температуре 30°C. После чего определяли pH среды.

Динамика изменения pH среды при культивировании микроорганизмов представлена на рисунке 2.

Исходя из приведенных характеристик нами из пяти штаммов были выбраны три штамма для консорциума микроорганизмов: *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium siccum*, *Staphylococcus carnosus*

*Lactobacillus plantarum* был выбран из-за высокой толерантности к соли, и меньшей потребности в витаминах необходимых для роста по сравнению с *lactobacillus casei*, *bifidobacterium siccum* за высокую толерантность к соли и протеолитическую активность по сравнению с *bifidobacterium bifidum*.

В дальнейшей нашей работе мы проанализировали биохимическую активность выбранных культур на питательных средах.

Для этих целей, нами был взят модельный фарш, состоящий из говядины жилованной второго сорта.

При культивировании на модельный фарш определяли следующие показатели, свидетельствующие о росте микроорганизмов изменение pH среды (рис. 3), динамику накопления молочной кислоты (рис. 4) и динамику гидролиза белков питательной среды (рис. 5) в течение 24 часов культивирования.

При культивировании *Lactobacillus plantarum* pH модельного фарша снизился по сравнению с начальным показателем на 19% к 24 часам культивирования, количество накопившейся молочной кислоты составила 27 мг %, степень гидролиза белков составила 17% к начальной величине. При культивировании *Bifidobacterium siccum* pH снизился на 14%, количество молочной кислоты составили 20 мг %, степень гидролиза белков 13% к начальной величине. Для *Staphylococcus carnosus* соответ-

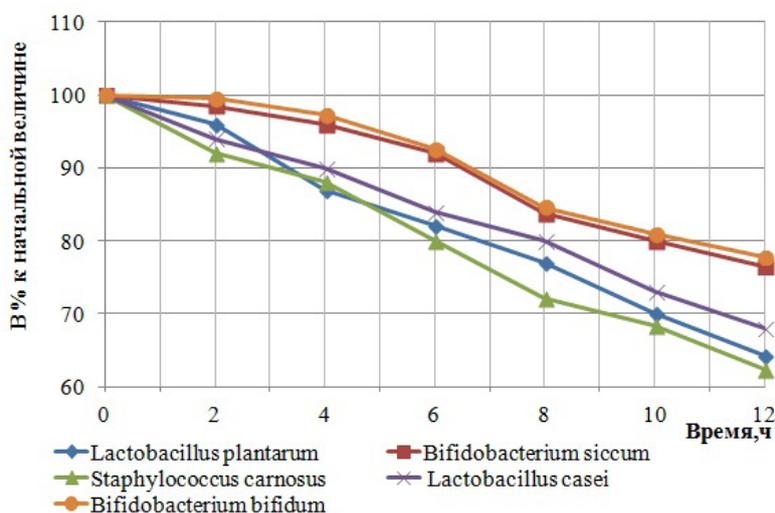


Рис. 2. Изменение pH среды при культивировании микроорганизмов

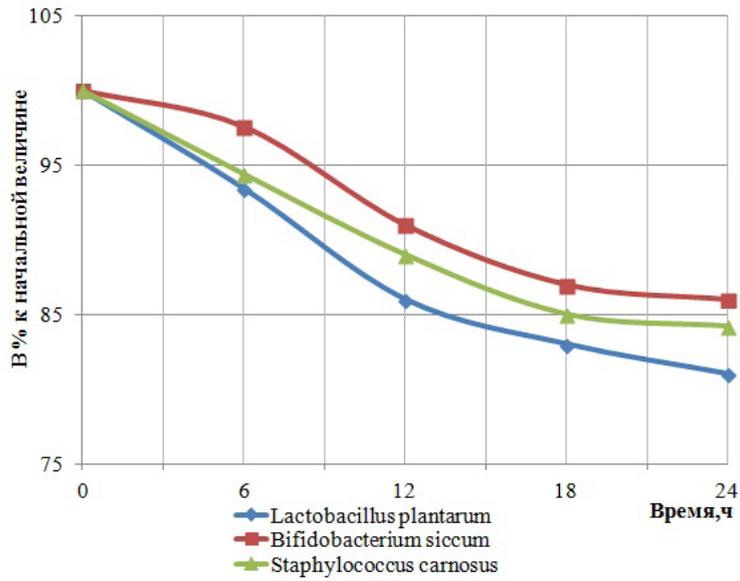


Рис. 3. Изменение pH среды при росте бактерии на модельном фарше

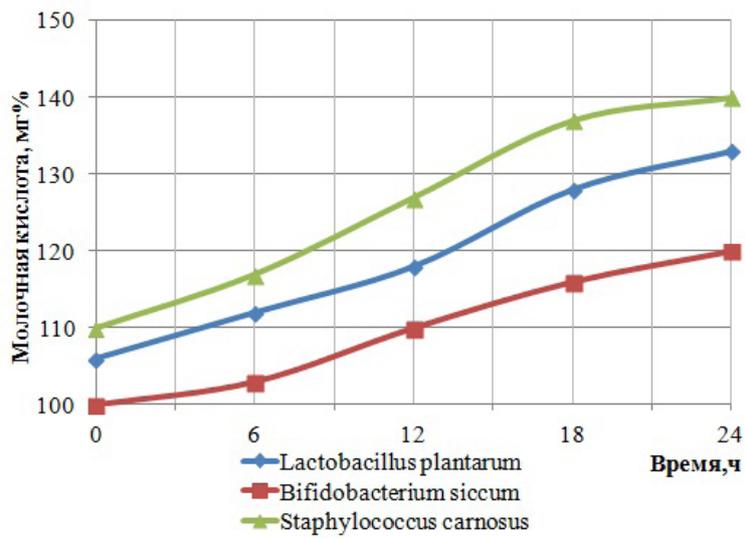


Рис. 4. Динамика накопления молочной кислоты в процессе роста микроорганизмов на модельный фарш

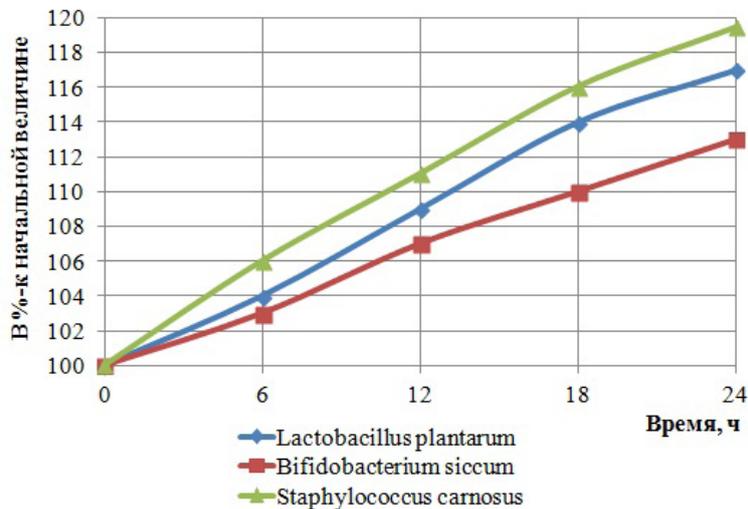


Рис. 5. Динамика гидролиза белков модельного фарша при культивировании микроорганизмов

ственно эти данные составили рН снизилась на 15,8%, количество молочной кислоты 30 мг %, степень гидролиза белков 19% к начальному соответственно.

Анализируя полученные данные, можно сказать, что выбранные штаммы микроорганизмов растут на модельном фарше, о чем свидетельствует накопление молочной кислоты и снижение рН среды, так же происходит расщепление белков соединительной ткани коллагена, идет накопление свободных аминокислот и полипептидов, о чем свидетельствует изменения динамики гидролиза белков [12, с. 223, 13, с. 225, 14, с. 220].

В ходе работы были изучены культуральные и биохимические свойства микроорганизмов: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Staphylococcus carnosus*, *Bifidobacterium siccum*, *Bifidobacterium bifidum*, а также их синергизм на различных питательных средах, в том числе на модельном фарше. Установлены закономерности роста и изменения биохимических свойств штаммов. Обоснован отбор штаммов для создания стартовых культур для сырокопченых колбас из малоценного мясного сырья.

#### Литература:

1. Нестеренко, А.А. Применение стартовых культур в технологии сырокопченых колбас [Текст]/А.А. Нестеренко, К.В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 216–219.
2. Потрясов, Н.В. Разработка условий получения функциональных продуктов с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст]/Н.В. Потрясов, Е.А. Редькина, А.М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — №7. — с. 171–174.
3. Потрясов, Н.В. Изучение свойств готовой продукции функционального направления с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст]/Н.В. Потрясов, Е.А. Редькина, А.М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — №7. — с. 174–177.
4. Применение стартовых культур при производстве сырокопченых колбас [Текст]/Ю.А. Полтавская [и др.] // Молодой ученый. — 2014. — №9. — с. 193–196.
5. Применение стартовых культур в мясоперерабатывающей промышленности [Текст]/Ю.А. Полтавская [и др.] // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 229–232.
6. Акопян, К.В. Способы интенсификации созревания сырокопченых колбас [Текст]/К.В. Акопян, А.А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — №7. — с. 95–98.
7. Акопян, К.В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас [Текст]/К.В. Акопян, А.А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — №7. — с. 93–95.
8. Нестеренко, А.А. Влияние активированных электромагнитным полем низких частот стартовых культур на мясное сырье/Нестеренко А.А., Горина Е.Г. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — №05 (099). — с. 786–802. — IDA [article ID]: 0991405053. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/53.pdf>, 1,063 у. п. л.
9. Нестеренко, А.А. Биологическая ценность и безопасность сырокопченых колбас с предварительной обработкой электромагнитным полем низких частот стартовых культур и мясного сырья/Нестеренко А.А., Акопян К.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — №05 (099). — с. 772–785. — IDA [article ID]: 0991405052. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/52.pdf>, 0,875 у. п. л.
10. Нестеренко, А.А. Применение стартовых культур в технологии производства ветчины/А.А. Нестеренко, Ю.А. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2014. — №1 (31) — с. 65–68.
11. Зайцева, Ю.А. Новый подход к производству ветчины [Текст]/Ю.А. Зайцева, А.А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — №4. — с. 167–170.
12. Нестеренко, А.А. Функционально-технологические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст]/А.А. Нестеренко, К.В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 223–226.
13. Нестеренко, А.А. Изучение действия электромагнитного поля низких частот на мясное сырье [Текст]/А.А. Нестеренко, К.В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №4. — с. 224–227.
14. Нестеренко, А.А. Физико-химические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст]/А.А. Нестеренко, К.В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 219–221.

## Функциональные мясные продукты, получаемые при помощи биомодификации

Нестеренко Антон Алексеевич, старший преподаватель;  
Шхалахов Дамир Сафербиевич, студент V курса  
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар

В последние годы большое внимание уделяется к производству мясных продуктов из нетрадиционного сырья. Для интенсификации существующей технологии целесообразно использовать штаммы молочнокислых и денитрофицирующих бактерий. В связи с этим многими специалистами проведены исследования по определению целенаправленного воздействия, на низкосортное мясо смеси культур микроорганизмов заданного качественного и количественного составов. Выявлено, что ускорение протеолитических процессов и созревания фарша сыровяленых и сырокопченых колбас сопровождается повышением биологической ценности готовых изделий [1, с. 171, 2, с. 67].

Для приготовления проб молочнокислые и бифидобактерии активировали в стерильном мясном бульоне с лактозой в стерильных условиях в термостате в течение 12 часов, после чего вносили в модельные фарши вместе с солью в объеме 1 мл/100г, контрольные пробы делали также измельчали мясо и добавляли поваренную соль.

В процессе традиционного посола происходит плавное нарастание ВСС, уровень которой, с течением времени, стабилизируется [3, с. 96, 4, с. 216]. Изучение влияния созданного консорциума микроорганизмов показало (рис. 1 а, б), что ее применение в процессе посола приводит к незначительному (3–8%) и стабильному росту ВСС в течение всего посола для всех трех видов модельных фаршей.

Так для фарша из говяжьей пашины максимальная величина ВСС при добавлении созданного консорциума составила 78,2% против 75,1% при традиционном посоле, для фарша из конины и фарша из мышечной ткани 77,9%

против 71,7% и 78,2% против 77,1% соответственно. При традиционном посоле характер зависимости можно объяснить тем, что в процессе начальной стадий гидролиза происходит образование фрагментов белковых молекул (протеиназная активность), имеющих большое количество легкодоступных заряженных групп, которые могут удерживать воду. При дальнейшем протекании гидролиза происходит накопление олигопептидов и свободных аминокислот, которые, как известно, не способны к эффективному связыванию воды. Кроме того, образующиеся аминокислоты, снижая рН среды, при дальнейшем способствуют падению ВСС [5, с. 174, 6, с. 94].

Поскольку изменение уровня ВУС существенным образом сказывается на выходе готовой продукции, в мясной промышленности большое внимание уделяется механизмам ее регулирования [7, с. 168, 8, с. 224]. Подготовку и обработку образцов проводили аналогично определению ВСС.

Исследования показали, что при традиционном посоле, происходит резкое нарастание в первые часы. Максимальные показатели ВУС достигаются после двух часов обработки для фарша из конины и мышечной ткани говядины, четырех часов — для фарша из говяжьей пашины, после чего показатели ВУС снижаются (рис. 2 а, б).

При совмещенном же посоле с микробной обработкой, происходит более плавное нарастание ВУС в течение первых 4–6 часов, а в дальнейшем наблюдается небольшое снижение ВУС, причем конечные значения при комбинированном посоле для всех видов модельных фаршей значительно выше чем при традиционном посоле

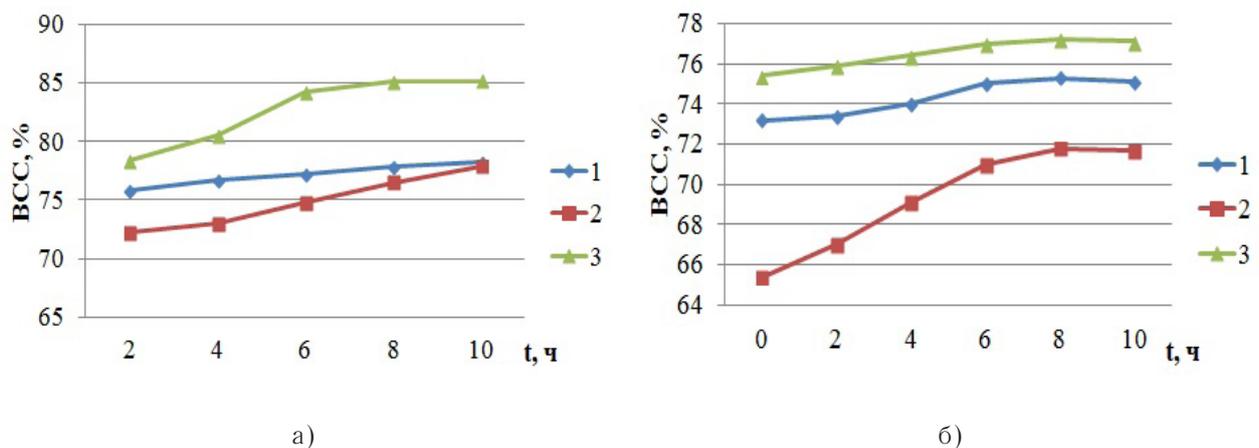


Рис. 1. Динамика изменения влагосвязывающей способности (ВСС) модельного фарша при посоле (а) с использованием стартовых культур; (б) без использования стартовых культур: 1 — фарш из говяжьей пашины; 2 — фарш из конины; 3 — фарш из мышечной ткани говядины

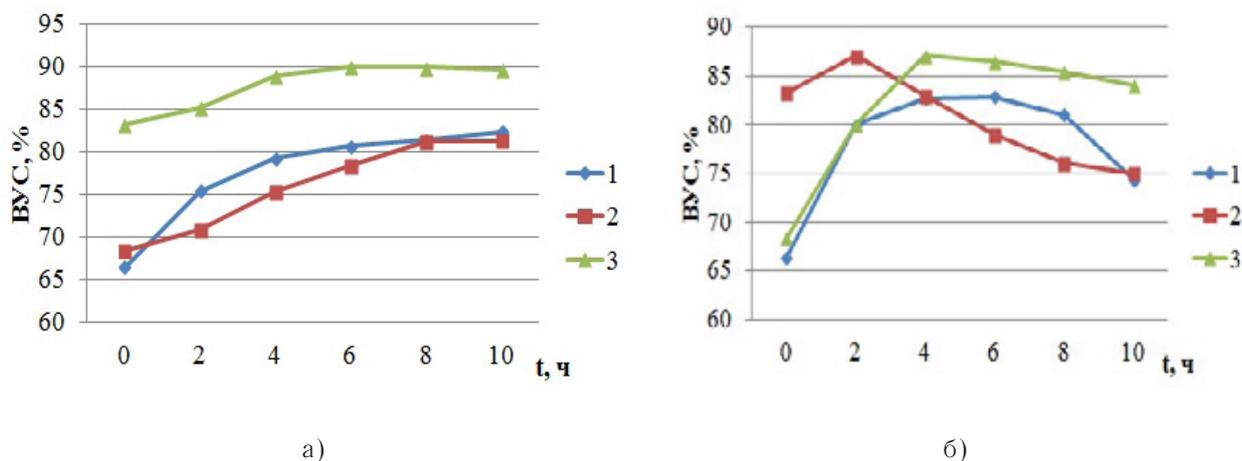


Рис. 2. Динамика изменения влагоудерживающей способности (ВУС) модельного фарша при посоле (а) с использованием стартовых культур; (б) без использования стартовых культур: 1 — фарш из говяжьей пашины; 2 — фарш из конины; 3 — фарш из мышечной ткани говядины

без добавления консорциума микроорганизмов. Такие результаты свидетельствуют о синергичности (взаимном усилении) действия консорциума микроорганизмов и поваренной соли в процессе посола [9, с. 225, 10, с. 220].

Выход продукта при термической обработке — один из главных показателей, характеризующих экономичность и технологичность принятого решения. В связи с этим были проведены исследования влияния термической обработки на выход продукта [2, с. 66, 11, с. 780, 12, с. 790].

Образцы модельных фаршей готовили аналогично определению ВСС. Подготовленные образцы выдерживали при температуре 0–4 °С. По истечении заданного времени образцы подвергались термической обработке в СВЧ-печи в течение 15 минут при мощности 100 Вт,

после чего повторно взвешивались. Контролем являлись образцы, подвергнутые посолу без микробной обработки в течение 12 часов.

Полученные результаты свидетельствуют о некотором повышении выхода (рис. 3).

Следует признать обработку мясного сырья молочнокислыми и бифидобактериями эффективной и экономически целесообразной, так как в процессе добавления молочнокислых и бифидобактерии сроки посола сокращаются вдвое.

Для определения переваримости использовался ферментативный метод определения биологической ценности мяса *in vitro*.

При проведении опытов на переваримость были получены результаты, приведенные в таблице 1.



Рис. 3. Изменение относительного выхода модельных мясных продуктов после термообработки: 1 — фарш из говяжьей пашины + стартовые культуры; 2 — фарш из конины + стартовые культуры; 3 — фарш из говяжьей мышечной ткани + стартовые культуры; 4 — контроль (пашина говяжья без стартовых культур); 5 — контроль (конина без стартовых культур); 6 — контроль (мышечная ткань без стартовых культур)

Таблица 1. Результаты исследований перевариваемости *in vitro*

Краткая характеристика продукта	Накопление продуктов ферментативного гидролиза (ммоль/дм <sup>3</sup> ) при длительности гидролиза, ч					
	Пепсином			Трипсином		
	1	2	3	4	5	6
Пашина+МКБ	0,31	0,54	0,71	1,15	1,53	1,79
Конина+МКБ	0,29	0,43	0,57	0,91	1,25	1,46
Говядина 2 сорт+МКБ	0,29	0,48	0,63	1,03	1,4	1,61
Пашина	0,25	0,39	0,5	0,79	1,12	1,31
Конина	0,16	0,26	0,32	0,56	0,8	0,98
Говядина 2 сорта	0,19	0,34	0,41	0,69	0,94	1,13

Анализируя полученные результаты можно сказать, что степень гидролиза белков в пробах с добавлением комплекса молочнокислых бактерии была выше, чем в пробах чистого мясного фарша без использования молочнокислых бактерии.

При добавлении нашего комплекса молочнокислых бактерии наблюдается увеличение перевариваемости исходных продуктов.

В ходе работы, были изучены консорциумы микроорганизмов на функционально-технологические свойства модельных фаршей. Введение стартовых культур с заданным составом способствует повышению сортности мясного сырья, ускорению посола, влияет на физико-химические, структурно механические и биологическую ценность мясного сырья.

#### Литература:

1. Потрясов, Н. В. Разработка условий получения функциональных продуктов с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст]/Н. В. Потрясов, Е. А. Редькина, А. М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 171–174.
2. Нестеренко, А. А. Применение стартовых культур в технологии производства ветчины/А. А. Нестеренко, Ю. А. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 1 (31) — с. 65–68.
3. Акопян, К. В. Способы интенсификации созревания сырокопченых колбас [Текст]/К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 95–98.
4. Нестеренко, А. А. Применение стартовых культур в технологии сырокопченых колбас [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — № 8. — с. 216–219.
5. Потрясов, Н. В. Изучение свойств готовой продукции функционального направления с использованием консорциумов микроорганизмов [Текст]/Н. В. Потрясов, Е. А. Редькина, А. М. Патиева // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 174–177.
6. Акопян, К. В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас [Текст]/К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — с. 93–95.
7. Зайцева, Ю. А. Новый подход к производству ветчины [Текст]/Ю. А. Зайцева, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 167–170.
8. Нестеренко, А. А. Функционально-технологические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — № 8. — с. 223–226.
9. Нестеренко, А. А. Изучение действия электромагнитного поля низких частот на мясное сырье [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 224–227.
10. Нестеренко, А. А. Физико-химические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст]/А. А. Нестеренко, К. В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — № 8. — с. 219–221.
11. Нестеренко, А. А. Биологическая ценность и безопасность сырокопченых колбас с предварительной обработкой электромагнитным полем низких частот стартовых культур и мясного сырья/Нестеренко А. А., Акопян К. В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 05 (099). — с. 772–785. — IDA [article ID]: 0991405052. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/52.pdf>, 0,875 у. п. л.
12. Нестеренко, А. А. Влияние активированных электромагнитным полем низких частот стартовых культур на мясное сырье/Нестеренко А. А., Горина Е. Г. // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — №05 (099). — с. 786—802. — IDA [article ID]: 0991405053. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/53.pdf>, 1,063 у. п. л.

## Обоснование вариантов технологии плющения фуражного зерна

Перекопский Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Махмудова Наргиза Саижановна, инженер-исследователь  
 Северо-Западный НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (г. Санкт-Петербург)

*Освещена одна из актуальных проблем кормопроизводства на основе зерновых культур — выбор варианта технологии производства и сохранение питательности кормов за счет применения консервантов и комплекса технических средств плющения и консервирования фуражного зерна. Предлагается использование как минимум четырех технологических схем производства, представлены преимущества и недостатки применяемых технологий.*

**Ключевые слова:** плющение, внесение консерванта, фуражное зерно.

Основным способом обработки влажного фуражного зерна на длительный срок хранения в Северо-Западном регионе РФ является высушивание. Однако, этот способ требует значительных капитальных вложений и большого потребления жидкого (газообразного) топлива, не всегда удается высушить сырое зерно за 1—2 суток, затем оно самосогревается и портится. В связи с этим в последние годы все большее распространение в России и Беларуси находит химический способ консервирования влажного зерна с плющением [1, с. 117]. Плющение — как технологическая операция по некоторым данным повышает переваримость зерна в отличие от сухого дробленного зерна, плющенное зерно не пылит, лучше поедается животными.

Использование влажного плющеного зерна в Северо-Западном регионе РФ по сравнению с сухим зерном позволяет получить с каждого гектара урожай зерна на 5—10 ц больше, ибо уборка осуществляется тогда, когда зерно достигло наибольшей питательности, которая по мере высыхания даже на корню в дальнейшем уменьшается за счет испарения вместе с влагой некоторой части самых легкорастворимых питательных веществ. Убирая зерновые в фазу восковой спелости можно получать дополнительные объемы фуражного зерна при его консервировании [2, с. 7].

Высокая питательность достигается за счет того, что при уборке зерна в это время в составе содержащихся

в нем углеводов до 15% от сухого вещества составляют сахара и до 60% — крахмал, а сырая клетчатка представлена преимущественно хорошо переваримыми формами; в составе белков отмечается высокий удельный вес водорастворимых фракций.

В настоящее время при внедрении технологии консервирования основными затратами остаются затраты на приобретение импортного консерванта и высокопроизводительной плющилки.

Нами разрабатываются как технология в целом, так и отдельные ее элементы [3, с. 76]. В общем виде технология обработки влажного зернового вороха для использования на фураж должна включать в себя следующие технологические операции (рис. 1):

В зависимости от производственных условий, имеющейся и применяемой техники эти операции могут объединяться, некоторые меняться местами. Рассмотрим несколько технологических схем производства.

1) Плющение и внесение консерванта в хранилище. К отрицательным моментам можно отнести концентрацию паров химического консерванта и сложность механизации технологических процессов.

2) Плющение зерна и внесение консерванта происходит в поле, сразу после выгрузки из бункера комбайна.

Преимуществом данной схемы является сокращение числа погрузо-разгрузочных операций. К недостаткам можно отнести увеличение времени выгрузки зерна

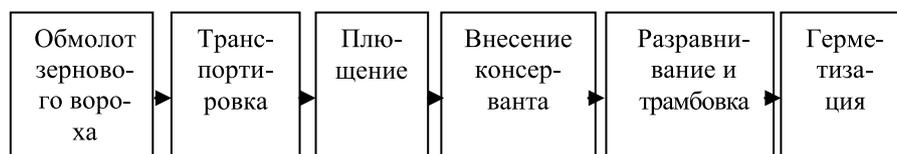


Рис. 1. Перечень операций технологии плющения и консервирования



Рис. 2. Технологическая схема плющения зерна на стационарном пункте (открытой площадке)

из бункера комбайна по причине малой вместимости бункера плющилки, испарение консерванта во время транспортировки корма к месту хранения. В данном случае возможно обслуживание не более 2–3 комбайнов одной плющилкой [4, с. 28]. Необходима дорогостоящая высокопроизводительная плющилка с приводом от ВОМ трактора.

3) Еще одна технологическая схема выглядит следующим образом (рис. 2): привезенный с поля зерновой ворох обрабатывается на стационарном пункте, включающем приемный бункер с механизированной разгрузкой в плющилку или мобильный погрузчик, плющилку, емкости с консервантом, насос-дозатор консерванта. Далее полученный корм перевозится к месту закладки и хранения.

Рассматриваемая схема позволяет получить высокую производительность технологической линии в стационарных условиях и эффективно использовать плющилку. Валовой объем производства плющеного зерна по данной схеме составляет 1500 т в СПК «Красногвардейский» при использовании плющилки фактической производительностью 12–15 т/ч.

После плющения на открытой площадке корм набивается шнеком плющилки в полиэтиленовый рукав. Проведенные исследования процесса работы упаковщика показали положительные результаты. Отмечены низкие затраты труда и исключение контакта обслуживающего персонала с консервантом. Достаточно высокие затраты на приобретение полиэтиленового рукава.

Главными финансовыми расходами при послеуборочной обработке фуражного зерна в Северо-Западном регионе РФ остаются затраты на сушку зерна или затраты на химический (биологический) консервант [5, с. 117], остальные факторы или те же или оказывают несущественное влияние (табл. 1).

Представленные в таблице расчеты показывают:

— преимущества применения технологии плющения и консервирования фуражного зерна в отличие от сушки зерна и последующего дробления;

— экономическую эффективность применения в качестве консерванта биологического препарата «Биотроф-600».

Полученные результаты производственных испытаний свидетельствуют о большой перспективе использования препарата Биотроф-600 для консервирования плющеного зерна.

Для внесения консервантов, в т. ч. и данного биопрепарата в СЗНИИМЭСХ разработан насос-дозатор НВУ-3 (рис. 3) [6, с. 52].

В результате проектирования технологических схем плющения и консервирования выбраны четыре схемы работы комплексов технических средств в сельскохозяйственных предприятиях Ленинградской области при использовании плющилки производительностью 10–15 т/ч [3, с. 76]:

— технологическая схема производства фуражного зерна с плющением и внесением консерванта в поле (до 500 т в сезон);

Таблица 1. Основные затраты на сушку и консервант фуражного зерна

Наименование показателя	Зерно, высушенное со среднестатистической влажности 26%	Зерно плющенное с консервантом:	
		Химическим АИВ-2000	Биологическим Биотроф-600
Расход топлива на сушку 1 тонны зерна, л.	15	–	–
Расход консерванта на 1 т зерна, л.	–	4	0,5
Цена 1 литра топлива (консерванта), руб.	31	42	220
Стоимость топлива (консерванта) на 1 тонну зерна, руб.	465	168	110

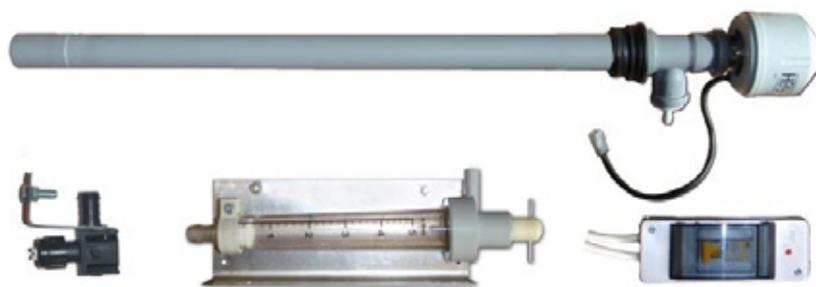


Рис. 3. Насос НВУ-3 для внесения консервантов с форсункой, дозатором и пультом управления

— технологическая схема производства фуражного зерна с плющением и внесением консерванта в хранилище (200–600 т в сезон);

— технологическая схема с обработкой зерна на стационарном пункте, включающем приемный бункер с механизированной разгрузкой в плющилку или мобильный погрузчик, плющилку, емкости с консервантом, насос-дозатор консерванта; далее корм перевозится к месту закладки и хранения (1000–1800 т в сезон);

— технологическая схема плющения на открытой площадке с набивкой зерна шнеком плющилки в полиэтиленовый рукав (до 1500 т в сезон).

И в заключении необходимо отметить, что для повышения экономической эффективности плющеного консервированного зерна перед обычной технологией произ-

водства высушенного дробленого зерна необходимо:

— повышать культуру выращивания (чистоту посевов) зерновых;

— убирать зерновые в фазу восковой спелости;

— строго соблюдать технологию плющения и консервирования.

По прогнозным оценкам [2, с. 7] доля применения технологии консервирования зерна с внесением консервантов и его плющением должна занимать до 40% валового производства зерна в регионах повышенного увлажнения (в т.ч. и Северо-Западного) сельскохозяйственных товаропроизводителей продукции молочного животноводства. Еще 40% валового сбора ожидается производить по традиционной технологии сушки зерна, а около 20% урожая необходимо на семена.

#### Литература:

1. Валге, А. М., Перекопский А. Н. Компьютерное моделирование структуры кормов с использованием плющеного зерна/Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйств. Часть 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. — с. 117–121.
2. Перекопский, А. Н., Могильницкий В. М. Развитие механизации послеуборочной обработки зерна в Северо-Западном регионе России/Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2012. — №3. — с. 7–9.
3. Перекопский, А. Н. Техническая и технологическая модернизация производства зерна на Северо-Западе России/Научное обеспечение развития производства зерна на Северо-Западе России. — СПб.: СЗРНЦ, 2014, — с. 76–84.
4. Липовский, М. И., Перекопский А. Н., Сухопаров А. И. Чем убирать зерно для плющения?/Кормопроизводство, 2005, №2, с. 28–31.
5. Лаптев, Г. Ю., Хамитова Н. Р., Перекопский А. Н., Зыков А. В. Экологическое обеспечение процессов консервирования плющеного зерна/Материалы Международного агроэкологического форума. Т 2. Экологические аспекты производства продукции растениеводства; энергообеспечение и информационные технологии в сельском хозяйстве. — СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. — с. 117–122.
6. Перекопский, А. Н., Зыков А. В. Технологический контроль процессов консервирования плющеного зерна/Молочнохозяйственный вестник. — 2012. — №4 (8). — с. 52–57.

## МЕДИЦИНА

### Продольные и поперечные размеры грудной клетки как анатомические показатели физического развития мальчиков 8–12 лет г. Тюмень, имеющих нарушения прикуса

Воронцова Ирина Леонидовна, стоматолог  
Медицинский центр «Астра-Мед» (г. Тюмень)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор  
Тюменский государственный университет

*В статье приводятся данные динамического изучения продольных и поперечных размеров грудной клетки у 144 мальчиков периода второго детства г. Тюмень, имеющих нарушения челюстно-лицевой области в виде дистального и глубокого прикуса. В качестве контроля обследовано 126 мальчиков того же возраста, не имеющих нарушений прикуса. Показано, что нарушения прикуса не влияют на размеры грудной клетки.*

**Ключевые слова:** мальчики периода второго детства, грудная клетка, прикус.

**Актуальность исследования.** На сегодняшний день очевидным фактом является то, что аномалии в развитии зубочелюстной системы, как в России, так и за рубежом, имеют тенденцию к росту, поэтому методам диагностики, лечения и профилактики уделяется большое внимание [1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Вместе с тем влияние клинического течения нарушений прикуса на физическое развитие растущего детского организма изучено мало [2, 3, 4]. Практически отсутствуют сведения о показателях продольных и поперечных размеров грудной клетки у детей с различными клиническими проявлениями нарушений прикуса, проживающих в г. Тюмень. В этой связи в системе комплексного обследования мальчиков периода второго детства, имеющих нарушения прикуса, важное место мы отводим изучению физического развития, в том числе продольным и поперечным размерам грудной клетки.

**Цель исследования:** у мальчиков периода второго детства г. Тюмень, имеющих нарушения прикуса, изучить значения продольных и поперечных размеров грудной клетки и сравнить их с показателями здоровых сверстников.

**Материал и методы исследования.** За истекшие три года в медицинском центре «Астра — Мед» г. Тюмень проведено обследование 144 мальчиков 8–12 лет, с различными клиническими проявлениями нарушений прикуса, постоянно проживающих в г. Тюмень. В качестве контроля (КГ) обследовано 126 мальчиков (совместно с М.Н. Гуртовой и Е.Т. Колуниным) того же возраста (табл. 1), не имеющих заболеваний челюстно-лицевой об-

ласти. Антропометрические измерения проводились в соответствии с методическими указаниями НИИ Антропологии МГУ. Передне-задний (сагиттальный) и поперечный (фронтальный) диаметр грудной клетки определяли с помощью толстостенного циркуля (с точностью до 0,1 см).

Антропометрические измерения проводились в соответствии с методическими указаниями НИИ Антропологии МГУ. Передне-задний (сагиттальный) и поперечный (фронтальный) диаметр грудной клетки определяли с помощью толстостенного циркуля (с точностью до 0,1 см).

Результаты измерений обработаны методами математической статистики с использованием  $t$  — критерия Стьюдента. Исследования соответствовали Приказу МЗ РФ №226 от 19.06.2003 «Правила клинической практики в РФ». Соблюдены принципы добровольности, прав и свобод личности, гарантированных статьями 21 и 22 Конституции РФ.

#### Результаты и обсуждение.

Несомненный научный интерес для морфологов и физиологов представляет информация об анатомических особенностях размеров грудной клетки у мальчиков периода второго детства при таких часто встречающихся аномалиях челюстно-лицевой области, как нарушения прикуса.

Обращает на себя внимание то, что поперечный размер грудной клетки в связи с взрослением мальчиков достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличивается (табл. 2), тогда, как продольный диаметр грудной клетки достоверно не изменяется ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1. Численный и возрастной состав мальчиков 8–12 лет г. Тюмень с нарушением прикуса и их здоровых сверстников

Возраст, лет	Нарушения прикуса		КГ
	Дистальный	Глубокий	
8	13	15	24
9	15	16	26
10	12	14	25
11	14	15	27
12	14	16	24
Всего:	68	76	126

Таблица 2. Показатели диаметров грудной клетки у мальчиков 8–12 лет г. Тюмень (M ± m)

Показатель	Возраст (лет)				
	8	9	10	11	12
Дистальный прикус					
Поперечный диаметр грудной клетки, см	19,97±0,40	20,51±0,43	21,04±0,44	21,63±0,46	22,47±0,49
Возрастной прирост		0,54	0,53	0,59	0,84
Продольный диаметр грудной клетки, см	14,97±0,28	15,14±0,29	15,25±0,30	15,43±0,31	15,56±0,33
Возрастной прирост		0,17	0,11	0,18	0,13
Глубокий прикус					
Поперечный диаметр грудной клетки, см	20,03±0,41	20,54±0,42	20,97±0,41	21,66±0,43	22,50±0,47
Возрастной прирост		0,51	0,43	0,69	0,84
Продольный диаметр грудной клетки, см	14,98±0,36	15,10±0,31	15,26±0,37	15,36±0,42	15,44±0,40
Возрастной прирост		0,12	0,16	0,10	0,08
Мальчики контрольной группы					
Поперечный диаметр грудной клетки, см	19,93±0,39	20,57±0,41	21,07±0,43	21,70±0,44	22,54±0,50
Возрастной прирост		0,64	0,50	0,63	0,84
Продольный диаметр грудной клетки, см	15,05±0,33	15,14±0,32	15,29±0,36	15,42±0,39	15,54±0,42
Возрастной прирост		0,09	0,15	0,13	0,12

За период с 8 до 12 лет у мальчиков с дистальным прикусом прирост поперечного диаметра грудной клетки в абсолютных значениях составил — 2,50 см, у мальчиков с глубоким прикусом 2,47 см, у мальчиков КГ — 2,61 см. Можно заключить, что нарушения прикуса достоверно не влияют на физиологически протекающие процессы роста и развития грудной клетки у мальчиков периода второго детства. Что касается возрастного прироста поперечного диаметра грудной клетки у обследованных нами мальчиков, то обращает на себя внимание два обстоятельства. Во-первых, у мальчиков сравниваемых групп в возрасте 9, 10 и 11 лет возрастной прирост развития грудной клетки носил равномерно поступательный характер и никоим образом не зависел от нарушений прикуса. Во-вторых, в возрасте 12 лет у всех мальчиков возрастной прирост поперечного диаметра

грудной клетки имел максимальные значения, что связывается нами с началом пубертатного периода.

Динамика изучения возрастных размеров продольного диаметра грудной клетки свидетельствовала о том, что у мальчиков с дистальным прикусом возрастной прирост в абсолютных значениях составил 0,59 см, у мальчиков с глубоким прикусом — 0,46 см, у мальчиков КГ — 0,49 см. Можно заключить, что нарушения прикуса у мальчиков периода второго детства, проживающих в г. Тюмень, не влияют на процессы роста грудной клетки.

Показатели возрастного прироста поперечного диаметра грудной клетки у мальчиков с нарушением прикуса и их здоровых сверстников (рис. 1) свидетельствовали о том, что они существенно не отличались, а в возрасте 12 лет были практически одинаковыми.

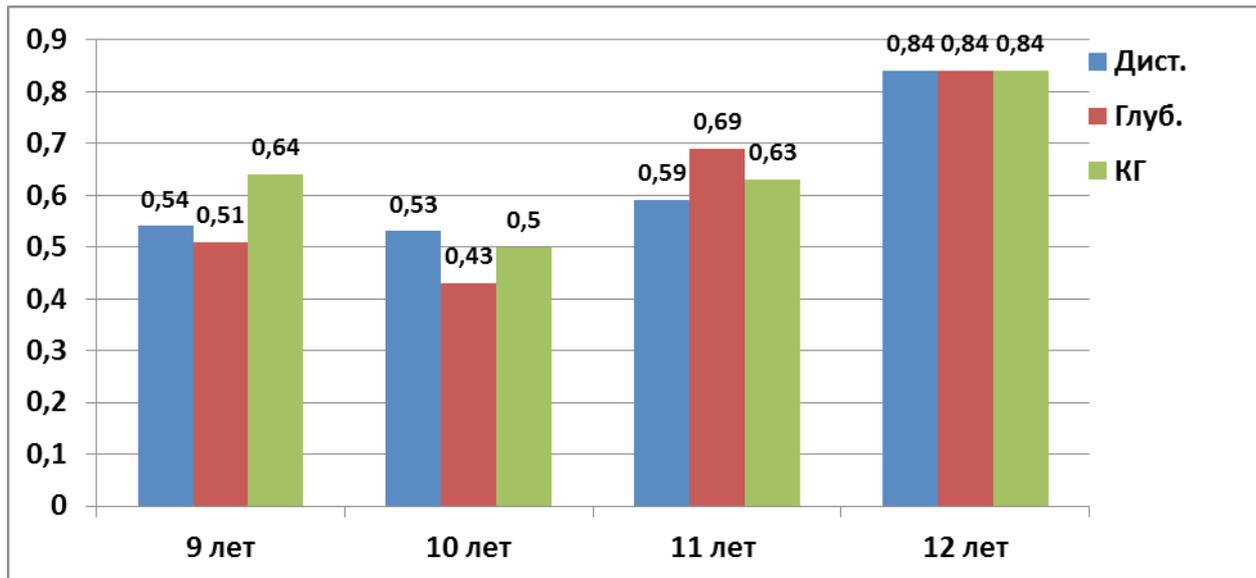


Рис. 1. Динамика возрастного прироста поперечного диаметра грудной клетки у мальчиков с нарушением прикуса и их здоровых сверстников

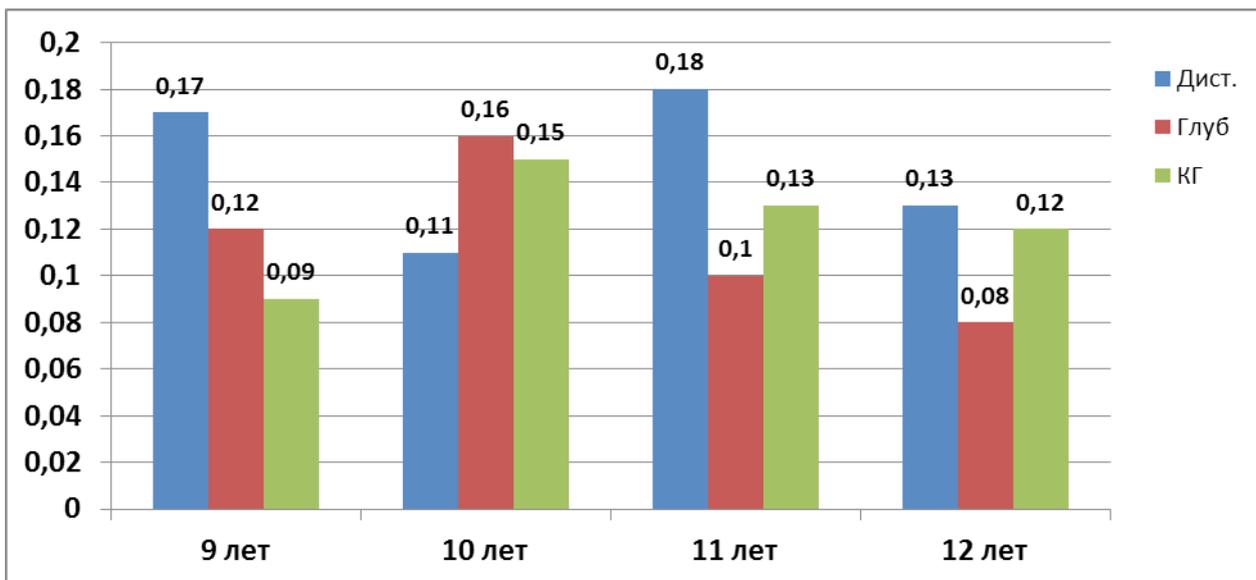


Рис. 2. Динамика возрастного прироста продольного диаметра грудной клетки у мальчиков с нарушением прикуса и их здоровых сверстников

Давая оценку значениям возрастного прироста продольного диаметра грудной клетки, мы должны отметить, что он у обследуемых нами мальчиков в связи с увеличением возраста изменялся мало (рис. 2).

#### Выводы.

1. Продольный и поперечные размеры грудной клетки у мальчиков периода второго детства г. Тюмень, имеющих нарушения прикуса, подчиняется физиологическим законам роста и развития детей.

2. В связи с взрослением мальчиков достоверно увеличиваются только продольные размеры грудной клетки, при этом нарушения прикуса не оказывают влияния

на рост. Наибольший прирост продольного размера грудной клетки отмечается в возрасте 12 лет, т. е. в начале периода полового созревания.

3. Поперечные размеры грудной клетки у мальчиков за период с 8 до 12 лет изменяются мало и не зависят от нарушений прикуса.

**Перспективы дальнейших исследований.** Изучение региональных особенностей показателей не только физического развития, но и функционального состояния кардиореспираторной системы у детей с различными клинично-анатомическими особенностями нарушений прикуса.

Литература:

1. Водолацкий, В. М. Клиника и комплексное лечение сочетанных форм аномалий окклюзии зубных рядов у детей и подростков: дисс. ... докт. мед. наук/В. М. Водолацкий. — Ставрополь, 2010. — 200 с.
2. Воронцова, И. Л. Обхватные размеры тела как физиологический показатель физического развития мальчиков 8–12 лет г. Тюмень с нарушением прикуса на начальном этапе занятий спортом/И. Л. Воронцова, Н. Я. Прокопьев, Е. Т. Колунин. //Медицинская наука и образование Урала, 2014. — №1. — с. 56–59.
3. Воронцова, И. Л. Оценка физического развития методом индексов мальчиков периода второго детства г. Тюмени с нарушением прикуса и дефектами речи на начальном этапе занятий спортом/И. Л. Воронцова, Н. Я. Прокопьев, Е. Т. Колунин. //Молодой ученый, 2014. — №5 (60). — с. 132–137.
4. Воронцова, И. Л. Физическое развитие мальчиков 12–13 лет г. Тюмень с нарушением прикуса/И. Л. Воронцова, Н. Я. Прокопьев. //Молодой ученый, 2014. — №1 (60). — с. 156–159.
5. Гунаева, С. А. Распространенность зубочелюстных аномалий у детского населения города Уфы и обоснование их комплексной профилактики: автореферат дис. .... канд. мед. наук/С. А. Гунаева. — М., 2006. — 17 с.
6. Лосев, А. В. Распространенность и механизмы развития зубочелюстных аномалий у детей и подростков Республики Алтай: автореферат дис. ... канд. мед. наук/А. В. Лосев. — Омск, 2005. — 25 с.
7. Altug-Atac A. T. Prevalence and distribution of dental anomalies in orthodontic patients./A. T. Altug — Atac, D. Erdem // Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop, 2007. — Vol. 131, N 4. — P. 510–514.
8. Baydas B, Oktay H, Metin Dagsuyu I. The effect of heritability on Bolton tooth-size discrepancy/B. Baydas, H. Oktay, I. Metin Dagsuyu. // Eur J Orthod, 2005; 27: 98–102.
9. Ezoddini, A. F. Prevalence of dental developmental anomalies: a radiographic study/A. F. Ezoddini, M. H. Sheikha, H. Ahmadi. //Commun Dent Health, 2007; 24: 140–144.
10. Gábris, K. Prevalence of hypodontia and hyperdontia in paedodontic and orthodontic patients in Budapest/K. Gábris, G. Fábrián, M. Kaán, N. Rózsa, I. Tarján. //Community Dent Health, 2006; 23: 80–82.
11. Manjunatha, B. S. Taurodontism: A Review on its etiology, prevalence and clinical considerations/B. S. Manjunatha, S. K. Kovvuru. //J Clin Exp Dent, 2010; 2: 187–190.
12. Santosh Patil. Prevalence of dental anomalies in Indian population/Patil Santosh. //J Clin Exp Dent, 2013; 5 (4): 183–186.

## Расстройства спектра аутизма у детей — синдром Аспергера. Клиническое наблюдение

Гальчин Екатерина Станиславовна, аспирант

Национальная медицинская академия последипломного образования (г. Киев, Украина)

Австрийский педиатр Ханс Аспергер в 1944 году описал аутистическое расстройство с ранним речевым развитием, дисгармоничностью в эмоциональном развитии и своеобразными двигательными нарушениями.

Интеллект детей с данной патологией был выше, чем у обычных детей. Ханс Аспергер называл своих пациентов «маленькими профессорами». «Аутистическая психопатия» — оригинальный термин Х. Аспергера для данного расстройства, был преобразован в 1981 г. Лорной Винг в синдром Аспергера.

Иногда синдром Аспергера называют «высокофункциональный аутизм», используя для этого уровень IQ. Интеллект при данном синдроме сохранен, а у некоторых детей он выше интеллекта обычных детей. (IQ-120 и выше). Социальные нарушения могут не иметь такой степени нарушений, как при аутизме с низким уровнем интеллекта.

К. Гилберг рассматривает возможность постановки диагноза синдрома Аспергера при высокой степени эмпатии. Исследователи синдрома Аспергера подчеркивают наивность, чрезмерную правдивость в характерах таких пациентов [Гилберт К., Питерс Т., 1989, П. Сатмари, 2005, У. Фрит, 1991], а также подчеркиваются коммуникативные нарушения: отсутствие способности поддерживать беседу (семантическое прагматическое нарушение речи), измененная тональность и темп речи. [Л. Винг, 1981, Т. Эттвуд, 2005], нарушения невербальной коммуникации: амимичное лицо, отсутствие или скудная жестикация. До настоящего времени среди исследователей нет единого взгляда на данное заболевание. Является ли синдром Аспергера расстройством спектра аутизма или же это отдельное нарушение развития?

В американской классификации психических болезней пятого пересмотра (DSM–V) изменены диагностиче-

ские критерии расстройств спектра аутизма и дети с синдромом с Аспергера с высокой долей вероятности не будут соответствовать новым критериям, что, безусловно, будет влиять на социальную поддержку таких детей.

Распространенность заболевания среди мальчиков в 10 раз выше, чем у девочек. Многие ученые [Л. Винг, 1981] считают развитие мозга у людей с синдромом Аспергера по нетипичному варианту мужского типа. Для детей с таким синдромом характерно узко специализированное увлечение одним предметом, имеется ограниченный круг интересов, в котором такие люди могут достигнуть выдающихся результатов. Гениальные безумцы, «саванты», так определял их психиатр Дарольд Трефферт. Среди таких аутисты-гении: А. Эйнштейн, И. Ньютон, Б. Гейтс, Винсент Ван Гог, Т. Грендин, Стивен Спилберг. Абсолютный рекорд по аутистам-гениям удерживает американская «силиконовая долина» — место высоких компьютерных технологий.

Несмотря на существующие многочисленные тесты для диагностики синдрома Аспергера у детей [С. Барон-Козн, Эмми Клин, 2006, Тони Эттвуд, 2005.] раннее выявление нарушений затруднено. Ранняя диагностика синдрома Аспергера — установленный диагноз до достижения ребенком 10 лет. В отечественной литературе работ, посвященных изучению синдрома Аспергера у детей мало, чаще всего он упоминается при описании аутизма у детей, поэтому каждый случай наблюдения представляет научный интерес.

Приводим 2 случая наблюдений синдрома Аспергера у детей.

**Случай 1.** Больной А., 1996 г.р., младший из двух детей семьи служащих. При рождении ребенка отцу было 39 лет, матери-32 года. Психозов у родственников не выявлено. Беременность протекала с угрозой выкидыша. Роды — кесарево сечение, у ребенка — перинатальная энцефалопатия. **Катамнез.** В грудном возрасте был беспокойным, много плакал, кричал. Ходить начал в 14 мес., фразовая речь в 12 мес. Любимыми игрушками были карандаш и стрела игрушечного подъемного крана, с которыми мог играть часами, раскачиваясь туловищем. Со слов матери в 2.5 года перестал говорить, мог только повторять слова матери (эхолалии.) Впервые обратились к психиатру в 2001 году, когда мальчику было 5 лет в связи с отсутствием разговорной речи: «не разговаривает, а только повторяет чужую речь». Неоднократно консультирован в Киевском центре «Психічне здоров'я дітей та підлітків». Посещал логопедическую группу детского сада, детей сторонился, в играх не участвовал, его пугали громкие звуки, шум лифта. Мать отмечает повышенную тревожность сына. На фоне тревоги появился страх «туалета»: мог по 8 дней не испражняться. В 2003 г. стал посещать школу. С педагогической характеристики: «...программный материал усваивает на начальном уровне. На уроках несобран, разговаривает сам с собой, постоянно трясет ногами. Проявляет интерес к истории XX века, но полностью игнорирует математику, арифметику».

В настоящее время посещает 10 класс общеобразовательной школы.

**Психический статус.** На осмотре с матерью, сидит опустив голову, избегает зрительного контакта. На вопросы отвечает нехотя, пытается уйти, диалог с врачом непродуктивен, речевому контакту труднодоступен, зрительный не поддерживает, напряжен, испытывает тревогу, страх. На вопросы отвечает односложно, голос монотонный, речь замедленна. **Соматическое состояние.** По органам патологии не выявлено. Отмечает склонность к запорам. Анализы мочи, крови, ЕКГ без изменений. **Консультация психолога.** Снижение интеллекта до ст. легкого слабоумия. Умеренная социальная дезадаптация.

**Осмотр невролога:** Диагноз: Минимальная мозговая дисфункция (ММД). На ЭЭГ выявляются ирритативные и эпилептиформные (с пик-волной) очаги.

**Консультация логопеда:** дефектов речи не обнаружено.

**Диагноз:** Синдром Аспергера с интеллектуально-когнитивным дефицитом. Стойкая социальная дезадаптация.

Получал лечение: риссет, стимулотон, кортексин.

**Случай 2.** Больной В., 2004 г.р. Первый ребенок в семье, от первой беременности вне брака. Наследственность не отягощена. Мальчик живет с мамой и бабушкой. Беременность протекала с токсикозом первой и второй половины, с угрозой выкидыша на сроке 24 недели. Роды стремительные, в срок, родился весом 3,100 кг, закричал сразу. Сидеть начал в 5 мес., ходить — 11 мес. Разговорная речь фразами в 2 года.

**Катамнез.** Мать впервые обратилась к детскому психиатру в 2007 году, когда мальчику было 3 года 9 мес. в связи с задержкой речевого развития. Консультирован в Украинском НИИ Социальной, судебной психиатрии и наркологии. Исследование на выявление аутизма при помощи рейтинговой шкалы аутизма (CARS) выявило: Общее количество баллов-31. Умеренно выраженные признаки аутизма в виде эмоциональных, адаптационных нарушений, недостаточной координации движений — мальчик леворукий; зрительная перцепция: сходящееся косоглазие, зрительная память очень развита, читает страницу целиком, правильно воспроизводит ее содержание, не понимая смысла, зрительный контакт поддерживает непродолжительное время, мимика лица малоподвижна. Тактильная чувствительность несколько повышена. Любит играть косметическими кремами, размазывает по рукам. Коммуникация: Вербальная — обращает на себя внимание выраженные нарушения экспрессивной речи, ребенок произносит слова очень быстро, захлеб. Речь немодулированная, невнятная. Использует отсроченные и непосредственные эхолалии, словарный запас недостаточен. Невербальная: Мальчик пользуется жестами, понимает жесты других людей.

Уровень познавательной деятельности достаточен: ребенок знает счет до миллиона, знает дни недели, читает бегом страницами. Устанавливает логические связи, классифицирует по форме, цвету.

Детский сад не посещал, был под присмотром бабушки. В школе с учебным материалом справляется. С педагогической характеристики: «...В контакт со сверстниками не вступает; мальчику характерны перепады настроения, которые сопровождаются гудением, верчением и раздеванием одежды. Неорганизованный, отсутствует самоконтроль, тяжело осваивает навыки самообслуживания».

**Консультирован психологом:** Вторичная когнитивная задержка. Нарушение активности и переключения внимания. **Консультация логопеда:** Нарушения речи II уровня. Специфические расстройства артикуляции. **Данные лабораторных и инструментальных исследований:** Анализы крови, мочи без патологии. ЭКГ — вариант нормы. Компьютерное ЭЭГ — картирование головного мозга-заключение: В фоне регистрируется дезорганизованная БЭАГМ (биоэлектрическая активность головного мозга) доминированием в картине ЭЭГ регулярного, дезорганизованного альфа — ритма, модуляции неустойчивой частоты, высокой энергетической плотности выраженными зональными различиями и значительной межполушарной асимметрией (Д>S). Форма альфа-волн нормальная. Пиковая частота доминантного спектра альфа — ритма соответствует возрастной норме. Определяются умеренно стойкие региональные нарушения БЭАГМ ирритатив-

ного характера резидуально-органического генеза в области левых заднелобных и левых затылочно-теменных полей коры мозга в форме относительной спектральной плотности медленных (дельта- и тета-) составляющих. Специфической эпилептической активности, явлений генерализации и признаков снижения порога судорожной готовности мозга в картине фоновой ЭЭГ не выявлено. **Диагноз:** Синдром Аспергера. Вторичная когнитивная задержка. Нарушение речи II уровня. Леворукость. Сходящееся косоглазие.

**Назначено:** Когнитивный тренинг, коррекция дизартрии с логопедом. От медикаментозного лечения мать ребенка категорически отказалась.

У обоих мальчиков наблюдается классическая триада нарушений при аутистических расстройствах: 1) социального взаимодействия, 2) коммуникативные нарушения, 3) стереотипии. Отличительным дифференциальным признаком являются ранние языковые навыки с особенностями речи, развитие фразовой речи до 3-х лет, уровень интеллектуального развития, избирательность познавательных интересов. Изоляцию в социуме провоцируют узкие интересы и фрагментарные способности данных больных, отсутствие навыков самообслуживания, других социальных навыков.

#### Литература:

1. Гилберг, К., Питерс Т. Аутизм: Медицинские и педагогические аспекты. СПб., 1998—144 с.
2. Карвасарская, Е. Осознанный аутизм, или мне не хватает свободы. М.: Генезис., 2010 — 400 с.
3. П. Саттари. Дети с аутизмом. Изд-во: Питер., 2005—224 с. 4. Ф. Аппе. Введение в психологическую теорию аутизма. М.: Теревинф, 2006 — 216с. 5. Baron-Cohen S. (2002) Is Asperger's Syndrome necessarily aviewedasa disability? Focus Autism. Other Dev Disable 17/3/:91—186. 6. Wing L. Asperger syndrome: a clinical account., 1981 Wing L. Autistic children N. Y. 1985.
4. Attwood, T. (2003). «Frameworks for behavioral interventions». Child Adolesc. Psychiatry. Clin. Am 12 (1):65—86.

## О влиянии отвара можжевельника туркменского (*Juniperus turcomanica*) на эритрограмму условно здоровых лиц *in vitro*

Плескановская Светлана Александровна, доктор медицинских наук, профессор;  
Тачмухаммедова Айболек Халыкбердыевна, соискатель;  
Овезкычев Перхат Таганкычевич, соискатель;  
Овезова Айнабат Агамырадовна, клинический ординатор  
Государственный медицинский университет Туркменистана (г. Ашхабад)

**В** повседневную практику лечебно-диагностических учреждений все более активно входят гемоанализаторы. Гемоанализаторы в отличие от рутинных исследований крови дают, среди прочих, точные сведения о среднем объеме эритроцита (MCV), среднем содержании гемоглобина в отдельном эритроците (MCH), средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC), показателе анизозитоза эритроцитов (RDW), гемоглобине (HGB) и гематокрите (HCT). Перечисленные характе-

ристики «красной» крови, несмотря на чрезвычайно высокую информативность, еще не достаточно широко используются в клинической практике. Тем не менее, показано, что многие из них высокоинформативны при динамическом наблюдении за результатами лечения пациентов с анемиями, больных онкологическими заболеваниями, болезнями почек [16]. Кроме того, гемоанализаторы существенно расширили возможности гематологов в изучении функциональной активности клеток

крови и в том числе эритроцитов. Стало почти рутинным исследованием определение содержания и концентрации гемоглобина в эритроцитах, измерения среднего объема клеток как «красной» так и «белой» крови, тромбоцитов. Тем не менее, остается малоизученным вопрос о спонтанных или индуцированных какими-либо препаратами изменениях основных параметров крови при длительной инкубации *in vitro*.

Можжевельник (*Juniperus*) — издревле используется в народной и официальной медицине. Ископаемая древесина *Juniperixylon Kalickii* известна из палеоцена полуострова Челекен [23]. Из 60 видов можжевельника умеренного пояса северного полушария в бывшем СССР произрастало 20 видов, из которых 12 встречаются на территории Средней Азии. В европейской медицинской практике наиболее известны и используются — *Juniperus communis* L. (верес) [17], можжевельник даурский — *Juniperus davurica*, можжевельник сибирский — *Juniperus sibirica* Burgsd., *Juniperus nana* Willd Pallas и можжевельник казацкий — *Juniperus sabina* LB [23].

*Juniperus turcomanica* B. Fedtsch. — такое название дано можжевельнику туркменскому (арче) в Средней Азии. Можжевельник туркменский (МТ) произрастает в Турк-менистане в виде редколесья от нижнего до верхнего пояса гор в Юго-Западном и Центральном Копетдаге. Плоды его, так же как и других представителей можжевельников, шишкоягоды черно-синего цвета, покрытые сизоватым восковым налетом [14, 15]. В народной медицине шишкоягоды МТ используют в качестве мочегонного, дезинфицирующего, отхаркивающего и улучшающего пищеварение средства [1, 5, 7, 8, 10, 14, 22].

МТ давно привлекает внимание туркменских ученых. Именно их исследованиями было установлено, что растение накапливает достаточно большое количество эфирных масел в плодах (1,29%) и хвое (3,64%). В состав эфирных масел МТ входят альфапинен, лимонен, кадинен, цедрол. Обнаружены, также, смолистые вещества — в хвое до 8,09% и плодах — 4,8%. В смоле хвои МТ идентифицированы гентриканотан, наокозантол, ситостерин, оксидитер-пеновая кислота, названная туркомановой. Плоды и хвоя можжевельника туркменского богаты сахаристыми веществами (от 28 до 11%) гликозидами (0,1–0,12%), кумаринами (0,18–0,44%), дубильными веществами (2,8–5,8%), органическими кислотами (1,8–2,2%), флавоноидами (0,8–1,5%), витамином С (8%) [15]. В целом химический состав МТ позволяет допустить его высокую биологическую активность на уровне организма вообще и конкретных органов и тканей в частности. Исследованиями туркменских ученых выявлены иммуномодулирующие свойства отвара МТ. В частности, показана его способность модулировать функциональную активность лимфоидных клеток условно здоровых лиц *in vitro* и *in vivo*. А именно, как стимулировать, так и тормозить спонтанную и индуцированную тканевыми и паразитарными антигенами миграцию лейкоцитов из стеклянного капилляра [20, 21]. 5% отвар МТ

*in vitro* модулирует (чаще стимулирует) миграцию лейкоцитов периферической крови больных гипотиреозом в присутствии растворимого тканевого антигена щитовидной железы как *in vitro*, так и *in vivo* [7]; лейкоцитов крови больных хроническим тонзиллитом в присутствии тканевого антигена миндалин [6]. На основании чего препарат был рекомендован к применению и эффективно используется при лечении больных гипотиреозом и хроническим тонзиллитом.

Выраженное влияние отвара МТ на функции клеток крови послужило основным толчком к проведению настоящей работы, целью которой являлось изучение характера влияния 5% отвара МТ *in vitro* на основные параметры автоматически полученной эритрограммы венозной крови условно здоровых лиц (УЗЛ).

**Материалы и методы.** Нами исследовано 200 гемограмм УЗЛ в возрасте 19–25 лет (средний возраст обследованных составил 22,7±0,9 лет). В работе использован гемо-анализатор ABX Pentra 60 C+ (Франция). Для проведения исследования 5,0 мл венозной крови забирали преимущественно из локтевой вены УЗЛ при помощи вакутейнеров в специально предназначенные для гемоанализаторов данного класса одноразовые пробирки (BD VACUTAINER K2E (EDTA) 5.0 ml). После первичного определения параметров крови на гемоанализаторе в пробирки вносили по 0,01 мл 5% отвара МТ, тщательно перемешивали на шейкере при 150 колебаниях в минуту в течение 5 и 60 минут при комнатной температуре (+25°C). В указанные сроки (5 и 60 минут) повторно определяли показатели красной крови.

МТ для исследования получали от Государственного института лекарственных растений АН Туркменистана в виде высушенной рубленой хвои, расфасованной в бумажные пакеты по 50 гр. 5% отвар МТ (infusum ex 10:200) готовили в соответствии с требованиями Фармакопеи (1991) [24] по прописи для *Juniperus communis* L. [18]. В частности, 10,0 г сухой измельченной хвои можжевельника туркменского (*Juniperus turcomanica*) заливали водой комнатной температуры, нагревали на кипящей водяной бане в течение 15 минут, затем настаивали 45 минут, процеживали и доливали первоначальный объем кипяченой водой. Препарат готовили непосредственно перед проведением эксперимента.

Полученные данные математически обработаны при помощи компьютерной программы SPSS.

**Результаты исследования.** Было установлено, что показатели эритрограммы крови УЗЛ существенно не изменяются в течение всего времени инкубации пробы (60 минут) при комнатной температуре (табл. 1).

Ни в один из сроков наблюдения математически достоверно не изменились численность эритроцитов (RBC), концентрация гемоглобина (HGB), гематокрит (HCT), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH) и средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC). Однако некоторая тенденция к их снижению имелась ( $p > 0,05$ ) (рис. 1).

Таблица 1. Показатели эритрограммы крови условно здоровых лиц в зависимости от длительности инкубации (контроль)

Показатель/единицы измерения	Исходные значения	Через 5 минут	Через 60 минут
RBC ( $10^6/\text{mm}^3$ )	4,76±0,15	4,7±0,17	4,64±0,13
HGB (g/dl)	13,2±0,55	13,1±0,3	12,9±0,6
HCT (%)	39,1±1,5	38,6±1,9	37,6±1,5
MCV ( $\mu\text{m}^3$ )	82,5±0,21	82±0,13	80,6±1,0*
MCH (pg)	27,9±0,5	27,8±0,86	27,6±0,6
MCHC (g/dl)	33,9±0,35	33,8±0,4	34,2±0,3
RDW (%)	9,7±0,12	9,8±0,16	10,1±0,36

Примечание: \* —  $p < 0,05$

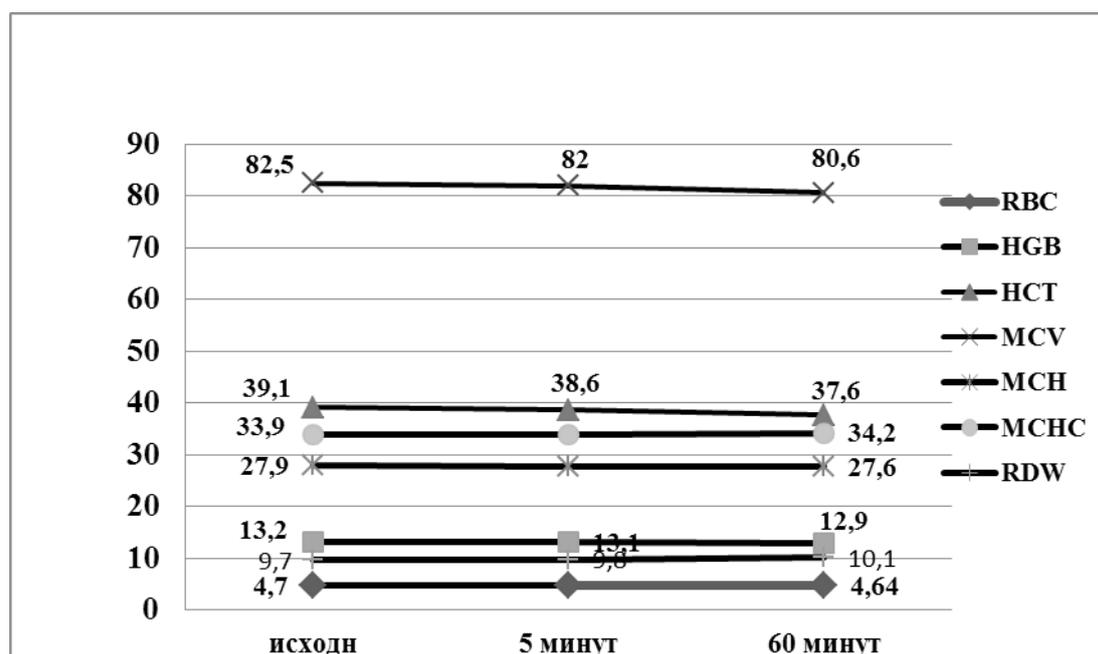


Рис. 1. Динамика параметров эритрограммы условно здоровых лиц в зависимости от времени инкубации без препарата (контроль)

На наш взгляд важно отметить, что при инкубации крови без препарата величина MCV — одна из важнейших характеристик эритроцитов первоначально так же имеет только тенденцию к снижению ( $p > 0,05$ ), но через 60 минут различие становится достоверным по отношению к исходному уровню ( $p < 0,05$ ) (рис. 2).

Одновременно с увеличением MCV появляется тенденция к увеличению RDW — степени анизоцитоза эритроцитов, но различие на протяжении всего времени инкубации остается статистически не достоверным ( $p > 0,05$ ) (рис. 3).

При введении в пробирку с кровью 0,01 мл отвара МТ уже через 5 минут инкубации математически достоверно снизились величина гематокрита — HCT ( $p < 0,01$ ), средний объем эритроцита — MCV, содержание гемоглобина в эритроците — MCH ( $p < 0,05$ ), увеличился показатель анизоцитоза эритроцитов — RDW ( $p < 0,05$ ) (таблица 2, рис. 4). Однако общая численность эритроцитов —

RBC и концентрация гемоглобина — HGB, как и в контроле при этом не изменились (таб. 2)

Через 60 минут инкубации общая численность эритроцитов — RBC и концентрация гемоглобина — HGB так и остались без изменения. Вместе с тем несколько увеличились по отношению к 5 минуте инкубации величины гематокрита — HCT, среднее содержание гемоглобина в эритроците — MCH, средняя концентрация гемоглобина в эритроците — MCHC и анизоцитоз эритроцитов — RDW; незначительно снизилась величина среднего объема эритроцита — MCV ( $p > 0,05$ ) (рис. 4,5).

Все эти изменения носили математически недостоверный характер по отношению к 5-ой минуте инкубации ( $p > 0,05$ ), но оставались достоверными по отношению к исходным показателям ( $p < 0,05$ ) (рис. 6).

Другими словами, основные изменения эритрограммы происходят уже на 5-ой минуте инкубации крови в присутствии МТ.



Рис. 2. Сравнительная величина MCV в зависимости от времени и условий инкубации



Рис. 3. Сравнительная величина RDW в зависимости от времени и условий инкубации

Таблица 2. Влияние отвара МТ (*Juniperus turcomanica*) на показатели эритрограммы крови условно здоровых лиц в зависимости от длительности инкубации

Показатель/единицы измерения	Исходные значения	Через 5 минут	Через 60 минут
RBC ( $10^6/\text{mm}^3$ )	4,7±0,1	4,5±0,2	4,5±0,25
HGB (g/dl)	13,5±0,3	11,8±1,8	11,9±1,9
HCT (%)	40±1,5	35,5±0,2**	36,0±1,5*
MCV ( $\mu\text{m}^3$ )	84±1,3	77±3,0*	76,5±3,0*
MCH (pg)	28±1,2	25,5±0,5*	22±0,5**
MCHC (g/dl)	33,9±1,0	33,5±0,6	34±0,15
RDW (%)	9,5±0,9	10,6±0,8*	10,8±0,6*

Примечание: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$

**Обсуждение результатов исследования.** Различные характеристики крови — это чрезвычайно важная информация не только о выраженности патологического процесса, если таковой имеется, но и состояния здоровья человека вообще. Гемоанализаторы резко сокращают вариабельность результатов и число субъективных

ошибок лаборанта при исследовании крови больных, делают доступными для практического здравоохранения довольно трудоемкие специальные исследования клеток крови. Они позволяют, так же, рассматривать известные показатели «белой» и «красной» крови в новом свете. Так величина RDW в настоящее время рассматрива-

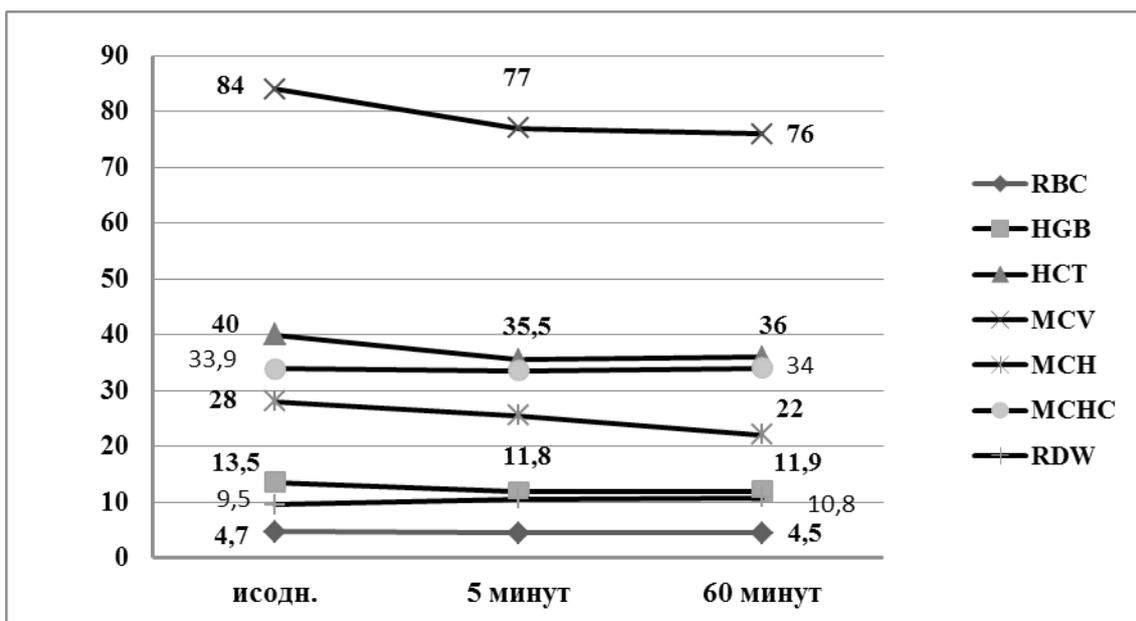


Рис. 4. Динамика параметров эритрограммы условно здоровых лиц в зависимости от времени инкубации в присутствии отвара МТ

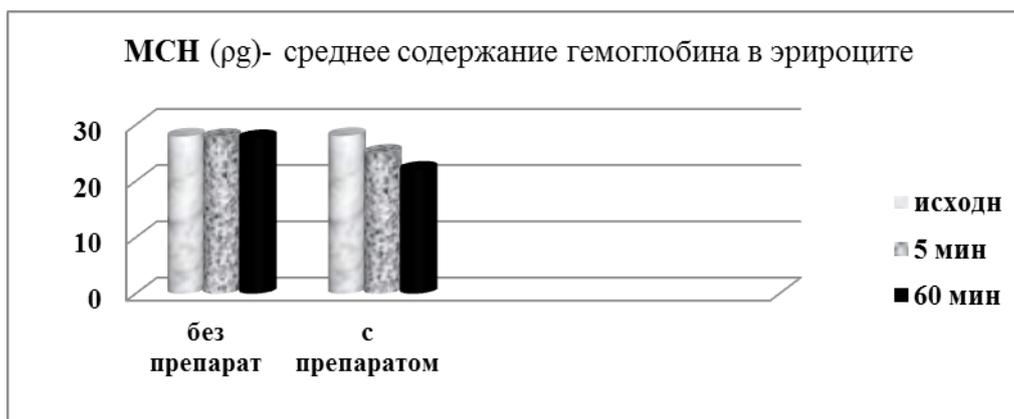


Рис. 5. Сравнительная величина МСН в зависимости от времени и условий инкубации

ется в качестве важного дополнительного критерия диагностики и динамического наблюдения за результатами лечения пациентов с анемиями. По данным некоторых зарубежных авторов в целом ряде случаев железодефицитной анемии RDW становится выше нормы раньше, чем изменяются остальные параметры крови — MCV и HGB. Кроме того, изолированное повышение RDW предлагается расценивать в качестве раннего прогностического признака развития дефицита железа в организме [16]. Этот показатель полезен при дифференциальной диагностике микроцитарных анемий. Так, у пациентов с малой  $\beta$ -талассемией отмечаются низкие значения MCV, при нормальных показателях RDW, тогда как при дефиците железа MCV — снижен, а RDW — повышен. Установлено, что по мере нарушения гемоглобинообразования наблюдается прогрессивное снижение

MCV, MCH, MCHC на фоне увеличения RDW. Эритроцитарная гистограмма существенно уширяется и значительно сдвигается влево [16].

Величина MCHC рассматривается в качестве генетически детерминированной, наиболее стабильной характеристики эритроцитов крови человека. Снижение величины MCHC наблюдается, в основном, при заболеваниях, связанных с нарушением синтеза гемоглобина [3]. Однако, корреляционной зависимости между скоростью синтеза глобина и уровнем гемоглобина крови не выявлено ( $r = +0,25$ ;  $p > 0,05$ ) [9]. Снижение значений MCHC *in vitro* в присутствии микроколичества отвара МТ, на наш взгляд, косвенно указывает на использование гемоглобина эритроцитов другими клетками крови, присутствующими в пробирке и «отвечающие» на присутствие МТ. Во всяком случае, установлено, что Гемо-



Рис. 6. Сравнительная величина МНС в зависимости от времени и условий инкубации

филус инфлюэнса (*Haemophilus influenzae*) *in vitro* может использовать различные связанные с белком формы гема для роста на искусственной питательной среде, содержащей кровь. При чем, у некоторых «нетипичных» штаммов-мутантов значительно ослаблена способность к использованию гемоглобина для синтетических процессов [2]. Гем *in vitro* используется не только бактериями [12], но и паразитами, например шистосомами [4]. Известно, что в молекуле гема железо связано с потопорфирином. Кроме того, гем входит в состав цитохромов [13]. Вполне возможно, что используется не сам гемоглобин, а железо гема, так как известно, что не все железо, поглощенное клеткой, используется для синтеза гемоглобина, часть его депонируется в виде глыбок ферритина [3, 9]. Кроме того, в простетическую группу большинства ферментов антиоксидантной защиты — например, СДГ, МПО, каталазы, NADP. Н-оксидазы входит атом железа [11, 19].

Химический состав отвара МТ представлен определенным количеством биологически активных молекул и в том числе эфирными маслами. Противовоспалительное действие отваров можжевельника — например, *Juniperus communis* среди прочих связывают именно с наличием в хвое и ягодах растения эфирных масел [15], которые, как известно, обладают антиоксидантными свойствами. Возможно, что антиоксидантный эффект препарата реализуется за счет способности определенных компонентов отвара данного лекарственного растения стимулировать синтез ферментов антиоксидантной защиты и не только *in vivo*, но и *in vitro*. Непонятно, куда в системе *in vitro* в присутствии микроколичества отвара можжевельника туркменского может «уходить» гемоглобин эритроцитов. Во всяком случае, полученные результаты в известной степени могут свидетельствовать о способности компонентов отвара МТ модулировать обмен железа в эритроцитах крови практически здоровых лиц или использовать его для синтетических процессов,

осуществляемых *in vitro* другими клетками крови, находящимися в пробе.

Кроме того, на наш взгляд, снижение среднего объема эритроцитов (MCV) при одновременно нарастающем анизоцитозе (RDW), наблюдаемое в присутствии отвара МТ, может быть обусловлено необходимостью поддержания стационарной концентрации гемоглобина в эритроцитах — МНС, то есть сохранения гомеостаза всей системы эритрона.

Исследования в этом направлении на наш взгляд перспективны, так как позволяют уточнить не только свойства, отвара лекарственного растения (в данном случае можжевельника туркменского — *Juniperus turcomanica*), но и разработать научные основы целенаправленного использования фитопрепаратов, глубже понять механизм их воздействия на организм человека и, частности, клетки (кр). МТ (*Juniperus turcomanica*) по ботаническим признакам и химическому составу схож с составом плодов и хвои официального вида *Juniperus communis* это позволяет поддерживать точку зрения [15] о возможности его использования в официальной медицине наряду с последним.

#### Выводы:

Эритрограмма крови условно здоровых лиц при длительной (в течение часа) инкубации без добавления какого-либо препарата характеризуется значимым снижением среднего объема эритроцита (MCV) и появлением тенденции к увеличению анизоцитоза (RDW). Данное обстоятельство, на наш взгляд, необходимо учитывать при проведении исследования крови больных на автоматических гемоанализаторах.

Инкубация крови в присутствии 5% отвара МТ *in vitro* сопровождается достоверным и прогрессивным снижением гематокрита (HCT), среднего объема эритроцита (MCV), содержания гемоглобина в эритроците (MCH), концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC) при одновременном нарастании анизоцитоза (RDW).

Литература:

1. Adams, R.P. 2004. *Juniperus deltoides*, a new species and nomenclatural notes on *Juniperus polycarpus* and *Juniperus turcomanica* (Cupressaceae). *Phytologia* 86:49–53.
2. Barcak, G.J., Chandler M.S., Redfield R.J., Tomb J.-F. (1991) Genetic systems in *Haemophilus influenzae*. *Methods Enzymol.* 204:321–342.
3. Deepika Darbari, Mark Loyevsky, Victor Gordeuk, John A. Kark, Oswaldo Castro, Sohail Rana, Victor Apprey, and Joseph Kurantsin-Mills (2003) Fluorescence measurements of the labile iron pool of sickle erythrocytes. *Blood*. 102:357–364.
4. Lewis A Foster and Burton J. Bogitsh (1986) Utilization of the Heme Moiety of Hemoglobin by *Schistosoma mansoni* Schistosomules In vitro *The Journal of Parasitology* 72,5:669–676 Published by: The American Society of Parasitologists Article Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3281454>
5. Munir Ozturk, Salih Gucl et al. (2012) An overview of the medicinal plants of Turkey In. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement (Medical plants), Ed. Ram J. Singh, CRC Press, Taylor&Francis Group, Boca Raton-London-New York, 2012, Vol. 6, chapter 7, p. 181–207.
6. Pleskanovskaya, S. A., Gurbandurdyev A. et al (2003) On the possibility of *Juniperus turcomanica* decoction in the chronic tonsillitis patients' treatment using, *Turkmen health care J.* 4:18–20.
7. Pleskanovskaya, S. A., Mamedova G., Munir Ozturk, Salih Gucl, Ashyraliyeva M. (2012) An Overview of the Ethnobotany of Turkmenistan and Use of *Juniperus turcomanica* in Phytotherapy In. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement (Medical plants), Ed. Ram J. Singh, CRC Press, Taylor&Francis Group, Boca Raton-London-New York, 2012, Vol. 6, chapter 8, p. 207–220
8. Ram, J. Singh (2012) Landmark Research in medical plants Phytotherapy In. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement (Medical plants), Ed. Ram J. Singh, CRC Press, Taylor&Francis Group, Boca Raton-London-New York, 2012, Vol. 6, chapter 1, p. 1–13.
9. Regulation of cellular iron metabolism, *Biochem J.* 2011 March 15; 434 (Pt 3): 365–381. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3048577/>
10. Shahina, A. Ghazanfar (2012) Medical plants of the Middle East Phytotherapy In. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement (Medical plants), Ed. Ram J. Singh, CRC Press, Taylor&Francis Group, Boca Raton-London-New York, 2012, Vol. 6, chapter 2, p. 163–181.
11. Stryer L, Berg JM, Tymoczko JL (2002). *Biochemistry*. San Francisco: W. H. Freeman. ISBN 0–7167–4684–0.
12. Wandersman, C., Stojiljkovic I. (2000) Bacterial heme sources: the role of heme, hemoprotein receptors and hemophores. *Curr. Opin. Microbiol.* 3:215–220. CrossRef
13. Идельсон, Л. И. Гипохромные анемии. М., Медицина, 1981, 89 стр..
14. Каррыев, М. О., Артемьева М. В., Баева Р. Т., Киселева В. В., Наби-заде Л. И., Оразмухамедова Н. О. Фармакохимия лекарственных растений Туркменистана (Под ред. проф. Прокопенко А. П.), Ашхабад: Ылым, 1991, 203 с.
15. Каррыев, М. О. Арча — лекарственное растение, Ылым, Ашхабад, 1971.
16. Куриляк, О. А. Клиническая интерпретация некоторых показателей гематологических анализаторов 26.05.2009. <http://unimeda.ru/articles/-6826/9671-/item/90>.
17. Лагерь, А. А. Фитотерапия. Изд-во Красноярского университета: Красноярск, 1988, 300 с.
18. Машковский, М. Д. Лекарственные средства, том 1, Медицина: Москва, 1973, Стр. 398;
19. Николаев, А. Я. Биологическая химия М: Высшая школа, 1989, 487 с.
20. Плескановская, С. А. (2005) Фитоиммуномодуляции — возможности и перспективы. *Аллергология и иммунология* 6,3:323.
21. Плескановская, С. А., Акыев А., и др. (2007) Модуляция иммунного ответа на антиген эхинококковой кисты овцами можжевельника туркменского. *Аллергология и иммунология* 8,1:104.
22. Справочник лекарственных растений Туркменистана (под ред. Каррыева М. О.), Ашгабат-1992, изд. АНТ «Энциклопедия», 88 с.
23. Телятьев, В. В. Целебные клады (растения, продукты животного и минерального происхождения Центральной Сибири и их лечебные свойства) Восточносибирское книжное издательство, 1991, 400 с.
24. Фармакопея СССР, изд. 11, вып. 2, М, Медицина, 1990, 398 с.

## Прогнозирование риска почечной дисфункции при вариабельности артериального давления (литературный обзор)

Черных Анна Александровна, аспирант;  
Кравченко Андрей Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор  
Воронежская государственная медицинская академия имени Н. Н. Бурденко

**Ключевые слова:** *вариабельность артериального давления, хроническая болезнь почек, скорость клубочковой фильтрации (СКФ), альбуминурия.*

**Key words:** *blood pressure variability, chronic kidney disease, glomerular filtration rate (GFR), albuminuria.*

В настоящее время артериальная гипертония (АГ) является самым распространенным хроническим заболеванием в урбанизированных регионах мира, а заболеваемость АГ во всем мире сравнивают с пандемией. Существует линейная зависимость между уровнем артериального давления (АД) и риском развития осложнений: чем выше АД, тем больше вероятность развития инфаркта миокарда (ИМ), мозгового инсульта (МИ), хронической сердечной недостаточности (ХСН) и хронической почечной недостаточности (ХПН), причем эти последствия связаны не только с абсолютными показателями артериального давления (АД), но и с его вариабельностью. К настоящему времени накапливается все больше данных о взаимосвязи высокой вариабельности АД и поражений органов-мишеней при гипертонической болезни (ГБ). Основываясь на данных масштабных исследований [1] было установлено, что с увеличением вариабельности АД на протяжении суток возрастает риск сердечно-сосудистых осложнений, что сопровождается значимым утолщением стенок магистральных артерий и нарастанием степени гипертрофии левого желудочка. Вариабельность АД (ВАД) принято оценивать на основании расчета среднего квадратичного отклонения (СКО) от уровня среднего (SD) значения давления за определенный период времени (сутки, день или ночь) или коэффициента вариации (CV) — отношения СКО к величине усредненного за этот же период времени показателя давления [2]. Причины вариабельности АД многообразны, но их можно объединить в две основные группы. Первая из них отражает возможные погрешности в измерении (несоблюдение техники измерения, недостаточная квалификация измеряющего, неисправный прибор) [3]. Вторую группу можно рассматривать как биологическую ВАД (true biological variability) [4]. Биологическая ВАД многочисленна: на нее могут влиять изменения во время фаз сна, физическая активность в течение суток, психоэмоциональные факторы различной интенсивности и продолжительности, также к ВАД можно условно отнести возрастные изменения систолического (САД)

и диастолического (ДАД) АД. Как известно, с возрастом САД увеличивается, а ДАД претерпевает характерные двухфазные изменения [5].

Различают несколько видов вариабельности:

1. Ритмические колебания АД (beat-to-beat variability), связанные с автономным функционированием сердечно-сосудистой системы и дыхательным циклом. Этот вид ВАД интересен преимущественно для фундаментальных научных исследований. [6].

2. Вариабельность АД в рамках визита (within-visit variability) — колебания АД при сравнении 3-х (нескольких) последовательных традиционных измерений в ходе одного визита к врачу. Такую вариабельность называют также краткосрочной вариабельностью [7]. На «внутривизитную» ВАД существенное влияние оказывает тревожная реакция на измерение. Феномен повышения артериального давления при его амбулаторном измерении, более известный как синдром белого халата или «гипертония белого халата» («white coat hypertension», ГБХ), является одним из клинических вариантов стресс-индуцированной артериальной гипертонии (СиАГ). В основе этого синдрома лежит чрезмерная реактивность системы регуляции АД при визите к врачу. Следовательно, у таких пациентов имеется достаточно высокий риск развития истинной АГ и, соответственно, более высокий риск развития сердечно-сосудистой и почечной патологии [8]. Другим методом для оценки краткосрочной вариабельности может служить метод самоизмерения АД пациентом.

3. Суточная вариабельность АД. Это колебания АД в течение суток (отдельно в периоды сна и бодрствования) по данным амбулаторного суточного мониторирования АД (СМАД), превышающие суточные физиологические колебания АД. В настоящее время наиболее актуальны два показателя суточной ВАД: рассчитанный с поправкой на фактическую продолжительность дневного и ночного периодов (SDdn), и средняя реальная ВАД (average real variability — ARV24). SDdn [9], рассчитывается по формуле:

$$\frac{SD_{\text{день}} \times \text{продолжительность «дня»} + SD_{\text{ночь}} \times \text{продолжительность «ночи»}}{\text{суммарная продолжительность «дня» и «ночи»}}$$

4. Вариабельность АД «от визита к визиту» (visit-to-visit variability) — это различия по величине клинического («плечевого») АД между визитами, определение которой основано на повторных измерениях АД с интервалами в несколько недель или месяцев. Ее часто называют долгосрочной вариабельностью АД [10]. Для описания ВАД «от визита к визиту» был выведен более точный коэффициент VIM (variation independent of mean). Он вычисляется по формуле:  $VIM = (SD/mean^x)$ . Величина возведения в степень (x) определяется для каждой выборки отдельно на основании подгонки кривой по следующему графику: по оси Y откладывается SD, по оси X — средние величины АД [11].

5. Вариабельность АД в разные дни (day-to-day variability). Определяется на основании самоконтроля АД (СКАД) (обычно 5–7 последовательных дней). ВАД рассчитывается как SD отдельно для утреннего и вечернего периодов. Измерения, выполненные в течение каждой «сессии» (по 3 утром или вечером) предварительно усредняются [12,13]. Преимущества такого способа оценки ВАД связаны с общими принципами СКАД (доступность, повышение приверженности больных лечению).

6. Одним из вариантов долгосрочной вариабельности АД является сезонная. Известно, что давление в разное время года не одинаковое. Так, например, наименьшие значения АД определяются в летнее время, наибольшие — в зимнее. Анализ сезонной ВАД должен сочетаться с изучением циркадного ритма АД в разные времена года [14,15].

Из этого следует, что наиболее значимыми разновидностями ВАД на данный момент являются: 24-часовая (определяется на основании СМАД), ВАД средней продолжительности (СКАД), долгосрочная ВАД «от визита к визиту» (традиционные измерения АД) [16]. По мнению многих авторов, приоритет в изучении следует отдать долгосрочной ВАД. При анализе данных III Национального исследования здоровья и питания в США (NHANES III) было показано, что высокая ВАД САД «от визита к визиту» взаимосвязана с повышенной смертностью в общей популяции [17].

В последние годы к вариабельности АД привлечено огромное внимание. В определенной мере это связано с результатами исследования ASCOT (Anglo-Scandinavian Cardiac Outcomes Trial), согласно которым вариабельность АД влияет на риск инсульта и других осложнений артериальной гипертонии (АГ) [18]. Немаловажным на сегодняшний день становится вопрос о связи вариабельности АД и функционального состояния почек. Доказано, что независимо от среднего значения АД, краткосрочная и долгосрочная вариабельность АД связана не только с развитием и прогрессированием поражения органов-мишеней (сердце, сосуды, почки), но также является предиктором сердечно-сосудистых осложнений и смертности [19]. Заболевания сердца и почек имеют общие «традиционные» факторы риска (гипертонию, сахарный диабет, ожирение, дислипидемию и др.), а при их сочетании действуют и «не-

традиционные» почечные факторы (гипергидратация, анемия, нарушения фосфорно-кальциевого обмена, системное воспаление и гиперкоагуляция), которые также могут оказывать влияние на риск развития и патогенез сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [20].

Взаимосвязь между показаниями АД, сердечно-сосудистыми, почечными осложнениями и смертностью изучалась в большом числе обсервационных (наблюдательных) исследований [22]. Их результаты, можно кратко обобщить следующим образом:

1. Офисное АД находится в независимой непрерывной связи с частотой ряда сердечно-сосудистых событий [инсульта, инфаркта миокарда, внезапной смерти, сердечной недостаточности и периферическим поражением артерий (ППА)], а также с терминальной стадией болезни почек (ТСБП) [22, 23, 24].

2. Отношение значений АД с сердечно-сосудистыми и почечными осложнениями характерно, как для высоких, так и относительно низких показаний — 110–115 мм рт. ст. для систолического АД (САД) и 70–75 мм рт. ст. для диастолического АД (ДАД). У лиц старше 50 лет САД оказывается лучшим предиктором клинических событий, чем ДАД [25, 26]. По имеющимся сообщениям, у лиц пожилого и старческого возраста возможную дополнительную прогностическую роль играет пульсовое давление (разность между САД и ДАД) [27]. На это указывает особенно высокий сердечно-сосудистый риск у пациентов с повышенным САД и нормальным или низким ДАД [изолированная систолическая АГ (ИСАГ)] [28].

3. В непрерывной связи с клиническими событиями находятся и значения АД, измеренные вне офиса, например, полученные в ходе СМАД и ДМАД [29, 30].

Связь между почками и АГ по современным взглядам представляет собой порочный круг, в котором почки являются одновременно и причиной АГ и органом-мишенью ее влияния [57]. Центральное место в патогенезе развития АГ занимает активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС), способствующая вазоконстрикции, гипертрофии, фиброзу и ремоделированию периферических сосудов, развитию эндотелиальной дисфункции, атеросклерозу. Немаловажное значение в течении АГ имеет почечная дисфункция, которая существенно усугубляет возможности контроля АГ и профилактики кардиоваскулярных осложнений. По современным представлениям, показателем ранней диагностики почечной дисфункции и независимым предиктором сердечно-сосудистых осложнений является скорость клубочковой фильтрации (СКФ) [21, 22, 23, 25, 27].

Диагноз обусловленного АГ поражения почек основывается на обнаружении сниженной функции почек и/или повышенной экскреции альбумина с мочой [31].

**Хроническая болезнь почек (ХБП)** диагностируется на основании выявления анатомического или структурного повреждения почек и/или снижения СКФ <60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>, которые прослеживаются в течение 3 и более месяцев, независимо от их характера и этио-

логии [32, 33]. Согласно последним международным рекомендациям ХБП классифицируется с учетом категории СКФ и уровня альбуминурии, так как СКФ и определение экскреции альбумина с мочой имеют самостоятельное диагностическое и прогностическое значение. В зависимости от величины СКФ хроническая болезнь почек делится на 5 стадий. Показатель СКФ на уровне 90 мл/мин принят как нижняя граница нормы. Значение СКФ <60 мл/мин. (для диагностики ХБП) выбрано ввиду соответствия гибели более 50% нефронов. Если признаков повреждения почек нет, а СКФ находится в диапазоне 60–89 мл/мин., то стадия ХБП не устанавливается. Такое состояние оценивается как снижение СКФ и обязательно отражают в диагнозе. У пожилых лиц (60 лет и старше) показатели СКФ в пределах 60–89 мл/мин без инициирующих факторов риска ХБП рассматривается как возрастная норма. При рСКФ менее 60 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup> выделяют три стадии ХБП: 3 стадию (СКФ 30–60 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup>) и 4 и 5 стадии (СКФ менее 30 и 15 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup>, соответственно). Кроме того, новые рекомендации предполагают разделение 3 стадии ХБП по уровню СКФ на стадии 3а и 3б, поскольку почечный и сердечно-сосудистый прогнозы не одинаковы в группах лиц с ХБП 3 стадии с СКФ от 59 до 45 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup> и от 44 до 30 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup>. Если в подгруппе лиц с СКФ от 59 до 45 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup> весьма высоки сердечно-сосудистые риски при умеренных темпах прогрессирования ХБП, то у пациентов с уровнем СКФ в пределах от 44 до 30 мл/мин/1.73 м<sup>2</sup> риск развития терминальной почечной недостаточности (ТПН) оказывается выше, чем риск летальных сердечно-сосудистых осложнений [32, 33].

Имеющиеся к настоящему времени данные, включая и метаанализ более 1.5 миллионов наблюдений [34] определенно указывают, что риски общей и сердечно-сосудистой смертности, развития ТПН, острого повреждения почек и прогрессирования ХБП существенно отличаются в зависимости от уровня мочевого экскреции альбумина в любом диапазоне СКФ. Выделяют три категории альбуминурии: А1 — отношение А/Кр <30 мг/г (<3 мг/ммоль) — норма или незначительное повышение; А2 — отношение А/Кр 30–300 мг/г (3–30 мг/ммоль) — умеренное повышение; А3 — отношение А/Кр >300 мг/г (>30 мг/ммоль) — значительное повышение [Levey A. S. и соавт., 2010]. Длительное время, «нормальным» уровнем альбуминурии считали мочевую экскрецию альбумина <30 мг/сут. В «Рекомендациях Научно-исследовательского института нефрологии...» в качестве нижней границы был предложен уровень мочевого экскреции альбумина 15 мг/г (15 мг/сут) [55]. Тем не менее результаты последних наблюдений делают более обоснованной нижнюю границу нормы экскреции альбумина почками 10 мг/сут (или 10 мг альбумина/г креатинина), поскольку уровень экскреции альбумина с мочой в диапазоне 10–29 мг/сут отчетливо ассоциируются с повышением рисков общей и сердечно-сосудистой смертности [51, 52, 53, 54, 34]. Проблема градации альбуминурии/протеинурии стала пред-

метом дискуссии на последней Лондонской конференции KDIGO были оставлены текущие градации выраженности альбуминурии («стадии альбуминурии») — <30 мг альбумина/г креатинина, 30 — 299 мг/г, >300 мг/г. Вместо традиционной терминологии «нормоальбуминурия — микроальбуминурия — макроальбуминурия/протеинурия» для описания градаций мочевого экскреции альбумина (МЭА) предложено использовать определения «оптимальный» (<10 мг/г), «высоко-нормальный» (10–29 мг/г), «высокий» (30–299 мг/г), «очень высокий» (300–1999 мг/г) и «нефротический» (>2000 мг/г). Использование терминов «нормоальбуминурия», «макроальбуминурия», «микроальбуминурия» в настоящее время представляется нежелательным [34]. Принимая во внимание то, что существует ряд факторов, приводящих к ложноположительным или ложноотрицательным результатам тестов на протеинурию/альбуминурию, трактовать результаты исследования экскреции белка с мочой следует с учетом результатов общего анализа мочи [33].

Использование категорий СКФ и альбуминурии позволяет стратифицировать больных ХБП по риску почечных исходов (снижение СКФ, прогрессирование альбуминурии, ОПП, ТХПН) и других осложнений (сердечно-сосудистая заболеваемость и смертность, эндокринные и метаболические нарушения, лекарственная токсичность) [32]. В то время как повышение концентрации креатинина в сыворотке или снижение рСКФ указывают на ухудшение функции почек, повышения мочевого экскреции альбумина или белка указывает, как правило, на поражение фильтрационного барьера клубочков. Показано, что микроальбуминурия служит предиктором развития явной диабетической нефропатии у больных диабетом 1 и 2 типов [35], в то время как наличие явной протеинурии в целом указывает на уже сформировавшееся поражение паренхимы почек [36]. Было показано, что у больных АГ с диабетом и без него микроальбуминурия, даже не превышающая обычные пороговые значения [37], является предиктором сердечно-сосудистых событий [38, 39, 40, 41]. Известно, что МАУ является отражением генерализованной дисфункции эндотелия (ДЭ). Имеются доказательства, что наряду с генерализованной ДЭ у пациентов нарушается функция гломерулярных эндотелиоцитов, что проявляется наличием альбумина в моче [58]. В связи с этим уже на стадии МАУ значительно возрастает не только вероятность прогрессирования поражения почек, но и риск развития ССО [59, 60]. Исследования по проекту HOPE (Heart Outcome Prevention Evaluation) убедительно показали, что МАУ строго ассоциирована с риском развития клинических проявлений ИБС, смертностью и развитием сердечной недостаточности [61].

Расчет СКФ и определение микроальбуминурии (МАУ) у больных АГ являются доступными, воспроизводимыми маркерами поражения органов-мишеней с высокой прогностической значимостью, выгодным соотношением

«стоимость-эффективность» [56]. Во многих исследованиях показано, что продукция креатинина существенно варьирует в зависимости от пола, возраста и этнической принадлежности. Согласно современным рекомендациям с целью диагностики и классификации ХБП необходимо рассчитывать СКФ по формуле **СКД-ЕРІ**, которая на основании эмпирических данных учитывает все эти влияния на продукцию креатинина. Эта формула помогает выявить легкую степень нарушения функции почек, когда показатели креатинина все еще остаются в пределах нормы [42]. Кроме того, результаты исследований, выполненных в Научно-исследовательском институте нефрологии, показали, что стратификация стадий ХБП на основе СКД-ЕРІ метода оценки СКФ очень близко совпадает с данными, полученными с помощью референтного метода с плазматическим клиренсом  $^{99m}\text{Tc}$ -ДТРА [43].

Ухудшение функции почек и возрастание сердечно-сосудистого риска подтверждается данными о повышении сывороточных уровней цистатина С [44]. Исследования показали, что уровень цистатина С является более точным маркером почечной функции, чем уровень креатинина. Цистатин С (наряду с инулином) на сегодняшний день рассматривается как «золотой стандарт» определения скорости клубочковой фильтрации как интегрального показателя функции почек. В отличие от креатинина, на темп синтеза цистатина С не влияют такие факторы, как возраст, пол, мышечная масса, характер

питания, наличие воспалительных реакций. У человека нормальный уровень цистатина С в плазме крови в возрасте от 14 до 50 лет составляет 0,63–1,33 мг/л, в возрасте старше 50 лет — 0,74–1,55 мг/л. В ходе крупного длительного исследования было показано, что цистатин С является предиктором хронической почечной недостаточности и сердечно-сосудистых заболеваний у пожилых людей [44,45].

Следует отметить, что обнаружение нарушенной функции почек у больного АГ, выражающееся в виде любого из упомянутых выше нарушений, представляет собой очень мощный и часто встречающийся предиктор будущей сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности [39,46,47, 48, 49, 50]. По этой причине рассчитывать СКФ и определять микроальбуминурию рекомендуется у всех больных АГ.

#### **Заключение:**

В настоящее время существует очевидная необходимость разработки исследований позволяющих найти связь между повышенной долгосрочной вариабельностью артериального давления и прогнозом поражения функций почек. Необходимо перспективно определить причины изменчивости вариабельности артериального давления «от визита к визиту», его влияние на сердечно-сосудистые осложнения и действительно ли лечение антигипертензивными препаратами снижает вариабельность АД и улучшает клинический исход.

#### **Литература:**

1. Mancia G, Parati G. Ambulatory blood pressure monitoring and organ damage. *Hypertension*. 2000; 36: 894–900.
2. Емельянов, И. В. Вариабельность артериального давления у больных гипертонической болезнью, связь с состоянием вегетативной нервной системы и органов-мишеней: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.06/Емельянов Игорь Витальевич-Санкт-Петербург, 2004 — 22 с.
3. Горбунов, В. М. Современные представления о вариабельности артериального давления. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2012; 8 (6): 810–818.
4. Poulter, N. R. Can we improve BP control rates? Lessons from the Health Survey for England 2006. *Medicographia* 2010; 32 (3): 227–234.
5. Mancia, G., Bombelli M., Facchetti R. et al. Long-Term Prognostic Value of Blood Pressure Variability in the General Population Results of the Pressioni Arteriose Monitorate e Loro Associazioni Study. *Hypertension* 2007; 49: 1265–70.
6. M. L. Appel, R. D. Berger, J. P. Saul, J. M. Smith, R. J. Cohen. Beat to Beat Variability in Cardiovascular Variables: Noise or Music? *Journal of the American College of Cardiology*. 1989; 14 (5): 1139–1148.
7. J. H. Shin, J. Shin, B. K. Kim, Y-H Lim, H-C Park, S. I. Choi, S. G. Kim and J. H. Kim Within-visit blood pressure variability: relevant factors in the general population. *Journal of Human Hypertension*. 2013; 27 (5): 328–334.
8. Дроздецкий, С. И, Глотова М. Е, Дружилов М. А. Гипертония белого халата: безобидный феномен или притаившаяся опасность? *Кардиология*, 2006; 1: 28–32
9. Bilo, G., Giglio A., Styczkiewicz K. et al. A new method for assessing 24-h blood pressure variability after excluding the contribution of nocturnal blood pressure fall. *J Hypertens* 2007; 25: 2058–2066.
10. Остроумова, О. Д. Вариабельность артериального давления и риск развития инсульта при гипертонической болезни. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*, 2012; 10 (2): 45–50.
11. Dolan, E., O'Brien E. Blood pressure variability: Clarity for clinical practice. *Hypertension* 2010; 56: 179–81.
12. Kikuya, M., Ohkubo T., Metoki H. et al. Day-to-day variability of blood pressure and heart rate at home as a novel predictor of prognosis: the Ohasama study. *Hypertension* 2008; 52: 1045–1050.
13. Johansson, J. K., Niiranen T. J., Puukka P. J., Jula A. M. Prognostic value of the variability in home-measured blood pressure and heart rate: the Finn-home study. *Hypertension* 2012; 59: 212–218.

14. Cuspidi, C., Ochoa J. P., Parati G. Seasonal variations in blood pressure: a complex phenomenon. *J Hypertens* 2012; 30 (1): 315–1320.
15. Talma Rosenthal. Seasonal Variations in Blood Pressure. *Am J Geriatric Cardiology*. 2004; 13 (5): 267–272.
16. Stergiou, G. S., Parati G. How to best assess blood pressure? The ongoing debate on the clinical value of blood pressure average and variability. *Hypertension* 2011; 57: 1041–1042.
17. Muntner P, Shimbo D, Tonelli M, Reynolds K, Arnett DK, Oparil S. The relationship between visit-to-visit variability in systolic blood pressure and all-cause mortality in the general population: findings from NHANES III, 1988 to 1994. *Hypertension*. 2011; 57: 160–166.
18. Dahlof, B., Sever P. S., Poulter N. R. et al. Prevention of cardiovascular events with an antihypertensive regimen of amlodipine adding perindopril as required versus atenolol adding bendroflumethiazide as required, in Anglo-Scandinavian Cardiac Outcomes Trial — Blood Pressure Lowering Arm (ASCOT-BPLA): a multicentral randomized controlled trial. *Lancet* 2005; 366: 895–906.
19. Parati, G. I., Ochoa J. E., Bilo G. Blood pressure variability, cardiovascular risk, and risk for renal disease progression. *CurrHypertens Rep*. 2012; 14 (5): 421–431.
20. Кобалава, Ж.Д., Виллевалде С.В., Ефремовцева М.А. Хроническая болезнь почек: определение, классификация, принципы диагностики и лечения. *Российский кардиологический журнал* 2013; 4: 95–103.
21. Mancia G, De Backer G, Dominiczak A, Cifkova R, Fagard R, Germano G, et al. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hypertens* 2007; 25: 1105–1187.
22. Lewington, S., Clarke R., Qizilbash N., Peto R., Collins R. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a metaanalysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet* 2002; 360: 1903–1913.
23. Britton, K. A., Gaziano J. M., Djousse L. Normal systolic blood pressure and risk of heart failure in US male physicians. *Eur J Heart Fail* 2009; 11: 1129–1134.
24. Kalaitzidis, R. G., Bakris G. L. Prehypertension: is it relevant for nephrologists? *Kidney Int* 2010; 77: 194–200.
25. Franklin, S. S., Gustin W. 4th, Wong, N. D., Larson M. G., Weber M. A., Kannel, W. B., Levy D. et al. Haemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1997; 96: 308–315.
26. Vishram, J. K., Borglykke A., Andreasen A. H., Jeppesen J., Ibsen H, Jørgensen T, et al., on behalf of the MORGAM Project. Impact of Age on the Importance of Systolic and Diastolic Blood Pressures for Stroke Risk: The MOnica, Risk, Genetics, Archiving and Monograph (MORGAM) Project. *Hypertension* 2012; 60:1117–1123.
27. Benetos, A., Safar M., Rudnichi A., Smulyan H., Richard J. L., Ducimetieere P., Guize L. Pulse pressure: a predictor of long-term cardiovascular mortality in a French male population. *Hypertension* 1997; 30: 1410–1415.
28. Kannel, W. B., Wolf P. A., McGee D. L., Dawber T. R., McNamara P., Castelli W. P. Systolic blood pressure arterial rigidity risk of stroke. The Framingham study. *JAMA* 1981; 245: 1225–1229.
29. Kannel, W. B. Risk stratification in hypertension: new insights from the Framingham Study. *Am J Hypertens* 2000; 13: 3S — 10S.
30. Thomas, F., Rudnichi A., Bacri A M, Bean K, Guize L, Benetos A. Cardiovascular mortality in hypertensive men according to presence of associated risk factors. *Hypertension* 2001; 37: 1256–1261.
31. Stevens, L. A., Coresh J., Greene T., Levey A. S. Assessing kidney function: measured and estimated glomerular filtration rate. *N Engl J Med* 2006; 354: 2473–2483.
32. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int (Suppl.)* 2013; 3: 1–150.
33. Рабочая группа Научного общества нефрологов России. Национальные рекомендации. Хроническая болезнь почек: основные положения, определение, диагностика, скрининг, подходы к профилактике и лечению. *Клиническая нефрология*. 2012; 4: 4–26. Available at: <http://journal.nephrolog.ru/ckd/>
34. Levey, A. S., de Jong P. E., Coresh J. et al. The definition, classification and prognosis of chronic kidney disease: a KDIGO Controversies Conference report. *Kidney Int* 2010; 80: 17–28.
35. Parving, H. H. Initiation and progression of diabetic nephropathy. *N Engl J Med* 1996; 335: 1682–1683.
36. Ruilope, L. M., Rodicio J. L. Clinical relevance of proteinuria and microalbuminuria. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 1993; 2: 962–967.
37. Redon, J., Williams B. Microalbuminuria in essential hypertension: redefining the threshold. *J Hypertens* 2002; 20: 353–355.
38. Jensen JS, Feldt-Rasmussen B, Strandgaard S, Schroll M, Borch-Johnsen K. Arterial hypertension, microalbuminuria and risk of ischemic heart disease. *Hypertension* 2000; 35:898–903.
39. de Leeuw P. W., Ruilope L. M., Palmer C. R., Brown M. J., Castaigne A., Mancia G, et al. Clinical significance of renal function in hypertensive patients at high risk: results from the INSIGHT trial. *Arch Intern Med* 2004; 164: 2459–2464.

40. Sarnak, M. J., Levey A. S., Schoolwerth A. C., Coresh J., Culleton B., Hamm L. L., et al. Kidney disease as a risk factor for development of cardiovascular disease: a statement from the American Heart Association Councils on Kidney in Cardiovascular Disease, High Blood Pressure Research, Clinical Cardiology and Epidemiology and Prevention. *Circulation* 2003; 108: 2154–2169.
41. Gerstein, H. C., Mann J. F., Yi Q., Zinman B., Dinneen S. F., Hoogwerf B., et al. Albuminuria and risk of cardiovascular events, death and heart failure in diabetic and nondiabetic individuals. *JAMA* 2001; 286: 421–426.
42. Moe, S., Drueke T., Cunningham J., Goodman W., Martin K., Olgaard K., et al. Definition, evaluation and classification of renal osteodystrophy: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int* 2006; 69: 1945–1953.
43. Levey, A. S., Stevens L. A., Schmid C. H. et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med* 2009; 150: 604–12.
44. Shlipak, M. G., Katz R., Sarnak M. J., Fried L. F., Newman A. B., Stehman-Breen C, Seliger SL, Kestenbaum B., Psaty B., Tracy R. P., Siscovick D. S. Cystatin C and prognosis for cardiovascular and kidney outcomes in elderly persons without chronic kidney disease. *AnnInternMed.* 2006; 145 (4): 237–246.
45. Pirttila, T. J., Manninen A., Jutila L., Nissinen J., Kalviainen R., Vapalahti M., Immonen A., Paljarvi L., Karkola K., Alafuzoff I., Mervaala E., Pitkanen A. Cystatin C expression is associated with granule cell dispersion in epilepsy. *Ann Neurol.* 2005; 58 (2): 211–223.
46. Zanchetti, A., Hansson L., Dahlof B., Elmfeldt D., Kjeldsen S., Kolloch R., et al. Effects of individual risk factors on the incidence of cardiovascular events in the treated hypertensive patients of the Hypertension Optimal Treatment Study. HOT Study Group. *J Hypertens* 2001; 19: 1149–1159.
47. Ruilope, L. M., Salvetti A., Jamerson K., Hansson L., Warnold I., Wedel H., Zanchetti A. Renal function and intensive lowering of blood pressure in hypertensive participants of the hypertension optimal treatment (HOT) study. *J Am Soc Nephrol* 2001; 12: 218–225.
48. De Leeuw P. W., Thijs L., Birkenhager W. H., Voyaki S. M., Efstratopoulos A. D., Fagard R. H., et al. Prognostic significance of renal function in elderly patients with isolated systolic hypertension: results from the Syst-Eur trial. *J Am Soc Nephrol* 2002; 13: 2213–2222.
49. Segura, J., Ruilope L. M., Zanchetti A. On the importance of estimating renal function for cardiovascular risk assessment. *J Hypertens* 2004; 22: 1635–1639.
50. Rahman, M., Pressel S., Davis B. R., Nwachuku C., Wright J. T. Jr, Whelton P. K., et al. Cardiovascular outcomes in high-risk hypertensive patients stratified by baseline glomerular filtration rate. *Ann Intern Med* 2006; 144: 172–180.
51. Schmieder, R. E. Schrader J., Zidek W. et al. Low-grade albuminuria and cardiovascular risk: what is the evidence? *Clin Res Cardiol* 2007; 96 (5): 247–257.
52. Klausen, K. P. Scharling H., Jensen G., Jensen J. S. New definition of microalbuminuria in hypertensive subjects: association with incident coronary heart disease and death. *Hypertension.* 2005; 46 (1):33–37.
53. Brantsma, A. H., Bakker S. J., Hillege H. L. et al. Urinary albumin excretion and its relation with C-reactive protein and the metabolic syndrome in the prediction of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28 (10): 2525–2530.
54. Forman, J. P., Brenner B. M. «Hypertension» and «microalbuminuria»: The bell tolls for thee. *Kidney Int* 2006; 69: 22–28.
55. Смирнов, А. В., Добронравов В. А., Каюков И. Г. и др. Рекомендации Научно-исследовательского института нефрологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова: определение, классификация, диагностика и основные направления профилактики хронической болезни почек у взрослых. Левша, СПб. 2008;51.
56. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension *Eur Heart J* 2013; 34: 2159–2219.
57. Кутырина, И. М. Современные аспекты патогенеза почечной артериальной гипертензии. *Нефрология.* 2000; 4: 112–115.
58. Ochoadnick, P., Henning R. N., van Dokkum R. P. et al. Microalbuminuria and endothelial dysfunction: emerging targets for primary prevention of end-organ damage. *Cardiovasc Pharmacol* 2006; 47: 151–162.
59. Hansson, L., Hedner T., Lund-Johansen P. et al. Randomised trial of effects of calcium antagonists compared with diuretics and (3-blockers on cardiovascular morbidity and mortality in hypertension: the Nordic Diltiazem (NORDIL) Study. *Lancet* 2000; 356: 359–365.
60. McQueen, M. J. Evidence for the use of urinary albumin as marker of kidney involvement in unselected populations. *Scand J Clin Lab Invest* 2008; 241: 52–56.
61. Lever, A. F., Brennan P. J. MRS trial of treatment in elderly hypertensives. *Clin Exp Hypertens* 1993; 15: 941–952.

# ВЕТЕРИНАРИЯ

## Антилитогенная терапия.

### Комплексная диагностика и лечение мочекаменной болезни собак

Остапчук Александр Николаевич, аспирант;

Зверев Дмитрий Валерьевич, студент

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова

*Исследовать типы мочевых камней у собак в Саратове и в Саратовской области, в том числе определить преобладающий. На основе исследования основных типов мочекаменной болезни у мелких непродуктивных животных предлагается новый подход предупреждения и лечения данного заболевания, позволяющий улучшить ситуацию с МКБ. Он включает в себя комплекс лечебных мероприятий, направленных на профилактику, мезофилактику, метафилактику.*

**Ключевые слова:** диагностика мочекаменной болезни, антилитогенная терапия, профилактика, метафилактика, мезофилактика, уролиты.

#### 1. Введение

Мочекаменная болезнь (далее МКБ) это сложный симптомокомплекс, включающий нарушение обмена ряда литогенных веществ в организме, нарушение их транспорта в кишечнике, почках и мочевых путях, патологические изменения физико-химических и биологических свойств мочи, создающие благоприятные условия для камнеобразования.

Термин «уролитиаз» это более широкое понимание всех видов камнеобразования, включая местное или вторичное камнеобразование, вследствие некоторых видов инфекций, выраженного уростаза, инородных тел и пр., не возникающих вследствие нарушения обмена.

#### 2. Актуальность

До сегодняшнего времени особенности образования мочевых камней остаются в сфере интересов врачей-урологов. Разрозненные исследования в этой области не объединены общим методологическим подходом. В ветеринарной медицине подобные исследования проводятся отдельными учёными и интерес среди врачей-практиков к данному вопросу не высок. Из-за того, что существуют разные типы МКБ, соответственно должна быть разная терапия конкретно для определенного типа. В результате проведенной работы был адаптирован для ветеринарной практики на основании полученных результатов и литературных данных широко применяемый в медицине комплекс мероприятий под названием «Антилитогенная терапия».

#### 3. Цель работы

Определить преобладающий тип мочекаменной болезни у животных-компаньонов Саратова и Саратовской области. На основании полученных данных разработать комплекс диагностических и лечебных мероприятий направленных на профилактику и лечение мочекаменной болезни мелких непродуктивных животных.

#### 4. Материал и методы

Материалом для исследования послужили уролиты, извлечённые из мочевых путей в ходе оперативного вмешательства у 60 собак, поступивших в УНТЦ «Ветеринарный госпиталь» в 2010–2013 годах.

Качественный состав уролитов исследовали методами аналитической химии. Исследование шлифов мочевых камней проводили с помощью световой и поляризационной микроскопии.

#### 5. Результаты собственных исследований

Результаты химического анализа уролитов приведены в таблице 1.

Фосфатные камни имели размеры от 0,5 до 32 мм, имели овальную или пирамидальную форму, гладкую поверхность, в одном случае с единичными выступами. Цвет от льняного до кремового. Минеральный состав фосфатов представлен фосфатом кальция основным  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$  (гидроксилapatитом), фосфат-карбонатом

Таблица 1. Химический состав уролитов

№п/п	Тип мочекаменной болезни	Количество животных	% от общего числа животных
1	Оксалатно-фосфатный	27	45
2	Фосфатный	17	28,3
3	Оксалатный	11	18,3
4	Уратно-оксалатный	5	8,4
5	Итого	60	100

кальция  $[Ca_{10} (PO_4CO_3)_6 (OH)_2]$  (карбонатным гидроксилпатитом) и фосфатом магния и аммония шестиводным  $[MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O]$  (струвитом). Для фосфатных камней характерна слоистая микроструктура (ритмическая кристаллизация с участием органической матрицы), наличие кристаллического центра, полиморфизм и изометрическая ориентация (отсутствие ориентации кристаллов своими гранями к центру). Рост фосфатных камней происходит в 2 фазы: 1. Образование фосфатных кристаллов и/или аморфных фосфатных соединений в моче; 2. Свободные кристаллы сосаждаются вместе с органическими соединениям, образуя слоистые текстуры камня.

Оксалатные уролиты имели различный состав и морфологию. Оксалатные уролиты, образованные оксалатом кальция дигидратом  $[CaC_2O_4 \cdot 2H_2O]$  (уэделлитом), имели размер 0,5–9 мм, мелкие округлую форму и гладкую поверхность, крупные неправильную форму и складчатую поверхность («роза пустыни»). Цвет камней бледно-коричневый. рН оксалатных камней 6,6. Оксалатные уролиты, состоящие из уэделлита и узелита (моногидрат оксалата кальция  $[CaC_2O_4 \cdot H_2O]$ ), имели мелкие размеры (0,5–4,0 мм), гладкую блестящую поверхность, цвет от тёмно-коричневого с зеленоватым оттенком до практически чёрного. Форма уролитов неправильно-округлая. рН 6,2. При микроскопическом исследовании шлифов было установлено, что центр камней образован уэделлитом с чётким концентрическим строением. Вокруг ядро было окружено «поясом» из уэделлита.

Оксалатно-фосфатные уролиты имели размер от 1 до 37 мм, овальную пирамидальную, кубическую форму, гладкую и шероховатую поверхность, что обусловлено преобладающим компонентом в химическом составе верхнего слоя. Цвет от кремового до тёмно-жёлто-коричневого. Минеральный состав во всех камнях представлен гидроксилпатитом, карбонатным гидроксилпатитом и уэделлитом, в 5-ти камнях также обнаружен струвит. рН от 8,0 до 9,0. Для морфологии характерно многослойное строение и чередование слоёв оксалатов и фосфатов, с преобладанием последних, т. к. в период оксалатного образования полностью блокируется образование фосфатов и наоборот. Дипирамидальные кристаллы оксалата кальция ориентированы к центру, деформированы и встречаются аномальные кристаллы, что указывает на неблагоприятные условия камнеобразования.

Уратно-оксалатные уролиты имели размер 0,5–7 мм. Мелкие камни призматической формы, крупной, непра-

вильной формы, напоминающей почку КРС. Цвет камней жёлто-розовый. рН 6,9. В состав камней входит мочева кислота  $[C_5H_4N_4O_3]$ , её соли и уэделлит. Микроструктура характеризуется слоистым строением. В составе ряда слоёв оксалаты и ураты взаимосвязаны т. к. условия их образования идентичны (кислая реакция среды).

## 6. Выводы и практические предложения

Преобладающими типами мочекаменной болезни в Саратовской области являются оксалатно-фосфатный (27 животных, 45%) и фосфатный (17 животных, 28,3%) типы. Оксалаты в составе уролитов встречаются у 16 животных, что составляет 26,7%, и обнаруживаются в 100% камней смешанного состава. Уролиты «чистого» оксалатного типа встречаются в 11-и случаях, что составляет 15,4%. Уратно-оксалатный камень представлен в пяти случаях (8,4%), уратных камней в чистом виде в нашем исследовании обнаружено не было (0%).

На основании полученных результатов и литературных данных нами был адаптирован для ветеринарной практики широко применяемый в медицине комплекс мероприятий под названием «Антилитогенная терапия».

**Антилитогенная терапия** — представляет собой комплекс этиологического и патогенетического лечения, направленный на метафилактику, мезафилактику и профилактику у животных, имеющих факторы риска МКБ, при отсутствии мочевых камней.

Для **профилактики** мочекаменной болезни животных — компаньонов нами используются 2 основных доступных метода:

1. Предоставление владельцам информации о мерах профилактики в устной форме и печатном виде при первом обращении в клинику. Как правило, это пост- и предпродажный осмотр, вакцинация или стерилизация животных.

2. Размещение на сайте в электронном виде в разделе «Для владельцев» информации о мерах профилактики болезней животных, в т. ч. и мочекаменной болезни.

**Мезофилактика МКБ** направлена на снижение влияния в органах мочевыделительной системы местных патогенетических факторов, влияющих на рецидивное камнеобразование. Применительно к ветеринарной практике ими являются:

— обеспечение пассажа мочи до удаления камня (катетеризация, наложение уретростомы);

— правильный выбор методов удаления мочевых камней, включающих как классическую хирургию, так и современные органосохраняющие технологии;

— правильное закрытие разрезов органов мочевыделительной системы, исключающее контакт шовного материала с мочой;

— паллиативное ведение пациентов с временными или абсолютными противопоказаниями для радикального лечения мочекаменной болезни.

**Метафилактика уролитиаза** это сложный комплекс лечебных мероприятий, включающий в себя этиологическое противорецидивное и патогенетическое лечение МКБ. Проводится различно, в зависимости от химического строения уролита после его/их хирургического удаления или самостоятельного отхождения. Лечение во всех случаях комплексное и длительное, а иногда пожизненное. Осложняют лечение постоянно меняющиеся обменные процессы обменов кальция, фосфатов и пуринов, в некоторых случаях трудность их коррекции, антибиотикорезистентность мочевой инфекции и непонимание владельцем ситуации.

Общие принципы антилитогенной терапии, характерные для всех типов камнеобразования:

— установление этиологии и определение патогенеза с учётом типа камнеобразования перед проведением консервативного лечения;

— определение содержания литогенных веществ в моче, вида кристаллурии, рН, инфекции;

— исследование химического состава и структуры, удалённых или самостоятельно отошедших уролитов;

— ограничение поступления с кормом и водой литогенных веществ по типу камнеобразования;

— включение в рацион компонентов, предотвращающих образование уролитов;

— применение диет, медикаментов и лечебно-профилактических средств, способствующих снижению содержания в сыворотке крови и моче литогенных веществ;

— воздействие на транспорт литогенных веществ на уровне канальцев почек с учётом выведения их с мочой;

— подавление процессов кристаллизации литогенных веществ в моче путём изменения её физико-химических показателей;

— контроль в динамике эффективности лечения с оценкой положительных и отрицательных результатов.

Сроки проведения антилитогенной терапии в процессе метафилактики в каждом конкретном случае определяются индивидуально.

#### **Метафилактика фосфатного уролитиаза:**

1. Увеличение в рационе кормов с кислым эквивалентом (мясо, рис) или назначение коммерческих рационов с пониженным содержанием фосфора;

2. Применение препаратов, содержащих витамины А и Е;

3. Применение антибактериальных препаратов с учётом чувствительности мочевой микрофлоры: цефалоспорины III и IV поколения, фторхинолоны, беталак-

тамноустойчивые антибиотики, нитрофураны в течение длительного времени (1–2 месяца) до стойкой кислой реакции мочи.

4. С целью повышения антикристаллизационной активности биологических протекторов («защитных» коллоидов) рекомендуется применять панзинорм и вобэнзим.

5. Применение средств, закрывающих мочу: аскорбиновая и лимонная кислота, метионин.

6. Фитотерапия: фитолизин, экстракт марены красильной, урологический сбор, эрва шерстистая (пол-пала), бруснивер.

#### **Метафилактика оксалатного уролитиаза:**

1. Диета с пониженным содержанием кальция, кислых продуктов или коммерческие рационы при оксалатном типе уролитиаза.

2. Витамины (особенно пиридоксин, А, Е, магний, калий, йод)

3. Увеличение потребления жидкости

4. Фитотерапия: пол-пала, кукурузные рыльца, березовые почки. Не рекомендуется применение других фитопрепаратов, т.к. они обладают оксалатогенными свойствами.

5. При стойкой кислой реакции мочи рекомендовано применение цитратных препаратов (Блемарен).

6. Применение тиазидов.

#### **Метафилактика уратного типа:**

1. Диета с низким содержанием пуринов (отварное мясо и мясные субпродукты в отварном виде без бульона, крупы, овощи) или коммерческие рационы при уратном типе уролитиаза.

2. Витамины А, Е, В<sub>6</sub>, цитраты.

3. Увеличение диуреза применением растительных мочегонных средств (пол-пала, листья и почки березы, кукурузные рыльца, толокнянка). Петлевые диуретики противопоказаны!

4. Применение урикозурических препаратов (Аллопуринол).

#### **Метафилактика смешанного типа уролитиаза:**

При оксалатно-уратном типе: увеличение диуреза, диета с низким содержанием пуринов, кальция, витамины А, Е, В<sub>6</sub>, В<sub>1</sub>, назначение урикозостатиков (аллопуринол), антибактериальная терапия в зависимости от бактериологических анализов мочи.

При оксалатно-фосфатном камнеобразовании: противоксалатная терапия, антибактериальная терапия при присоединении уреазообразующей инфекции.

При уратно-фосфатном камнеобразовании: противопоказаны цитратные препараты, препараты кальция, магния, щелочи (бикарбонат натрия). Антибактериальная терапия с учётом чувствительности микрофлоры к антибиотикам. Показано назначение витаминов А, Е, группы В. Диета с низким содержанием белка.

При оксалатно-уратно-фосфатном камнеобразовании терапия и диета подбираются в зависимости от типа камнеобразования.

Литература:

1. Бене Ж.-Ж. Кормление и болезни мочевых путей у кастрированных кошек: ретроспективное исследование/Ж.-Ж. Бене, М. Ламарч // Focus. — 2007. — № 17.1 — с. 18–21.
2. Р. Денни Хемиш, Ортопедия собак и кошек/Р. Денни Хемиш, Дж. Баттервоф Стивен — пер. с англ. М. Дорош и Л. Евлеева. — М.: «Аквариум-Принт», 2007. — 696 с.: ил.
3. Колпаков, И. С. Мочекаменная болезнь: учеб. Пособие/И. С. Колпаков. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 224 с., [8] л. цв. ил.
4. Машковский, М. Д. Лекарственные средства/М. Д. Машковский — 15-е изда., перераб., испр. и доп. — М.: РИА «Новая волна»: Издатель Умеренков, 2008. — 1206 с.: ил.
5. Мур, Э. Количественный анализ мочевых камней у собак и кошек/Э. Мур // Focus. — 2007. — № 17.1 — с. 22–27.
6. Остапчук, А. Н. Химический состав и структура уролитов у собак, страдающих мочекаменной болезнью/А. Н. Остапчук, А. Н. Кулимекова // Ветеринарная клиника. — 2012. — № 10. — с. 7–9.
7. Робертсон, В. Г. Оценка кристаллизационного потенциала мочи по относительному перенасыщению вместо метода соотношения активных соединений/В. Г. Робертсон, А. Е. Стевенсон // Focus. — 2007. — № 17.1 — с. 37–40.
8. Чиглинцев, А. Ю. Структура, минеральный и химический состав мочевых камней: монография/А. Ю. Чиглинцев, Э. В. Сокол, Д. Ю. Норхин. — Челябинск, 2010. 160 с.
9. Хьюстон, Д. М. Распространение мочекаменной болезни кошек/Д. М. Хьюстон // Focus. — 2007. — № 17.1 — с. 4–9.
10. Blavier, A. Uroliths in dogs/A. Blavier, A. Sulter, A. Bogen et alii [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://ejcap.fecava.org/#/en/240841/108302/list-of-contents.html>

# ГЕОЛОГИЯ

## Текущая ситуация в сфере геологоразведочных работ на территории Томской области

Ильина Галина Фёдоровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Ильин Николай Николаевич, председатель комитета по недропользованию  
Администрация Томской области

*В последние годы определилась отрицательная тенденция в реализации этапов и видов работ по геологическому изучению территорий и темпам ввода новых месторождений в разработку. Этот фактор явился причиной медленного роста добычи нефти и освоения новых территорий геологоразведочными работами. В настоящее время предпочтение отдается разведочным работам в ущерб поисковым (поисковому бурению и площадным сейсморазведочным работам 2Д). Развитие добычи УВС в Томской области (как и в ряде других регионов страны) связано с освоением трудноизвлекаемых запасов, что требует применения инновационных технологических решений в геологоразведочных работах и добыче.*

### Дисбалансы в проведении работ

В последнее десятилетие для сферы ГРП характерна несбалансированность в выполнении различного вида и стадий работ. По этой причине слишком медленно растет добыча нефти на новых месторождениях из-за сдерживания их разведка и ввода в эксплуатацию. Среди основных факторов и причин сложившегося положения можно выделить следующие:

— Недостаточные объемы региональных и поисковых сейсморазведочных работ, вследствие чего низкими темпами ведется подготовка ресурсов. Среди подготовленных ресурсов остается высоким процент низко категорийных —  $D_1+D_2$ .

— Преобладание разведочного и эксплуатационного бурения в общих объемах буровых работ, что не обеспечивает необходимый для воспроизводства прирост запасов нефти категории  $C_1+C_2$  за счет перевода из ресурсов категории  $C_3$ .

— В 2010 г. резко сократились объемы площадных сейсморазведочных работ (2Д), создающих основу для последующего поисково-оценочного бурения.

Основная причина неустойчивого положения с уровнями добычи нефти в настоящее время заключается в отсутствии новых изученных территорий с доказанной перспективностью на УВС, которые могли бы стать объектами инвестирования и где недропользователи могли бы развернуть поисковые (а затем — разведочные)

работы с оправданным риском своих капиталовложений [1].

### Недооценка региона со стороны федерального центра

В Томской области есть перспективные неопискованные объекты, например в правобережье Оби, являющиеся частью Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции. При этом финансирование со стороны федерального центра не позволяет провести там масштабные работы, требующиеся для подготовки территории к приходу частных инвесторов. В 2010 г. финансирование ГРП на УВС за счет средств федерального бюджета в Томской области составило 355 млн руб. Что можно сделать на эти средства? Выполнить порядка 2–2,5 тыс. пог. км сейсмике 2Д или раз в два года пробурить одну параметрическую скважину. И такая ситуация имеет место уже почти 10 лет (с 2002 г. отменили ставки ВМСБ и у регионов больше нет полномочий и средств, чтобы самостоятельно решать вопросы по проведению ГРП и геологическому изучению территорий).

Если посмотреть на динамику инвестиций в ГРП за счет бюджетных средств, то видно, что финансирование работ в Томской области в настоящее время находится на уровне начала 2000-х годов (рис. 1), но физические объемы работ, которые можно выполнить на эти



Рис. 1. Объемы финансирования ГРП на территории Томской области за счет федерального бюджета, млн руб.

деньги стали теперь намного меньше (стоимость бурения возросла в 3–4 раза, сейсморазведки — в 5–6 раз).

В 2010–2014 гг. общий объем финансирования ГРП на нефть и газ в Томской области составлял 5,1–5,9 млрд руб., из которых на долю федеральных средств приходилось 0,4–0,7 млрд руб. (в среднем до 9%). В финансировании ГРП в области на 1 руб. бюджетных средств приходится 14,4 руб. расходов со стороны недропользователей, тогда как в среднем по России данный показатель кратности по УВС (с учетом доли в региональных исследованиях) равен примерно 11. Это свидетельствует, с одной стороны, о недостаточном финансировании ГРП за счет бюджета, а с другой стороны, о высокой активности компаний-недропользователей, их потенциальной заинтере-

сованности в освоении опосредованного углеводородного потенциала, имеющегося в Томской области.

Однако следует подчеркнуть, что наблюдаемая тенденция к сокращению доли государства (федерального бюджета) в общем объеме финансирования ГРП (с 17% в 2005 г. до 5,4% по плану 2014 г.) снижает стимулы для недропользователей для приобретения новых участков недр. Это касается проведения работ в целом на территории Томской области и, в том числе, на правобережье Оби. В 2010–2014 гг. большинство участков недр, предложенных на тендерах на право пользования недрами в области, не заинтересовали потенциальных недропользователей, поскольку они слабо изучены и имеют небольшие по объемам запасы.



Рис. 2. Структура и объем затрат недропользователей на геологоразведочные работы

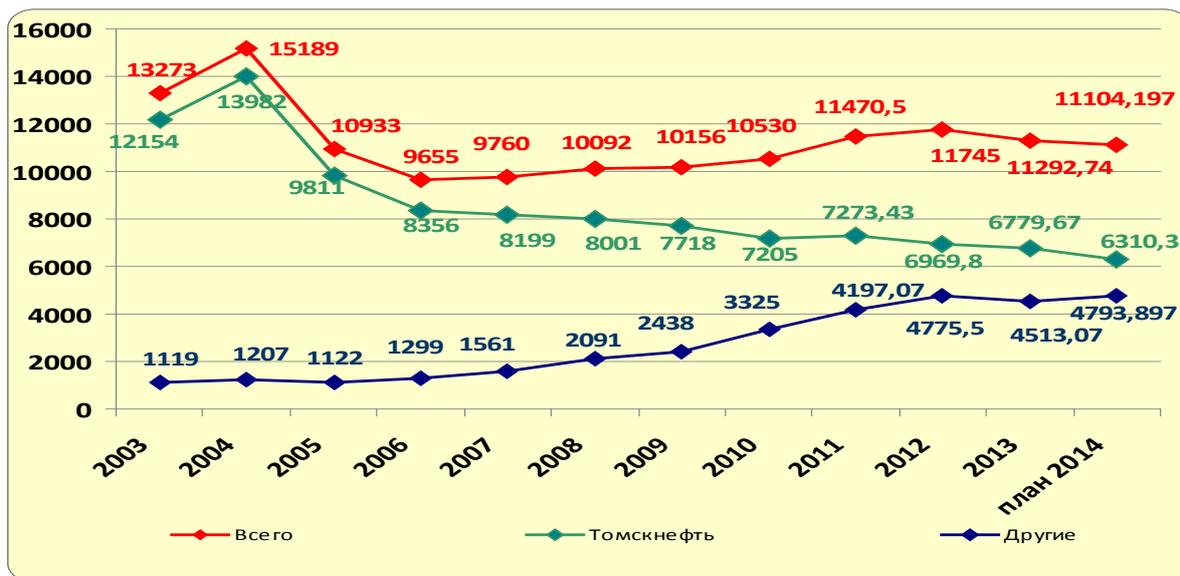


Рис. 3. Динамика добычи нефти за период 2003–2013 гг.

**Рост активности независимых недропользователей**

В Томской области в начале 2000-х годов сложилась устойчивая тенденция к росту активности независимых недропользователей (малых и средних нефтегазовых компаний — МСНГК) в сфере ГРП и, соответственно, в развитии добычи УВС. Тогда как крупнейший производитель нефти — ОАО «Томскнефть» — постепенно сдает свои позиции. В 2006–2014 гг. доля МСНГК в суммарных негосударственных затратах на ГРП составила более 86%.

Особо контрастно это отразилось на динамике добычи нефти за рассматриваемый период (рис. 3).

Структура ресурсов и запасов УВ сырья отражает крайне низкую геологическую изученность территории области. Высокая доля ресурсов категорий  $D_1+D_2$  свидетельствует о малых объемах площадных сейсморазведочных работ (МОГТ 2Д), значительные ресурсы категории С3 — указывают на малые объемы поискового бурения.

Основным показателем успешности геологоразведочных работ является воспроизводство добычи новыми запасами.

Динамика изменения добычи нефти и прироста запасов за период с 2004 г. приведена на графике (рис. 4).

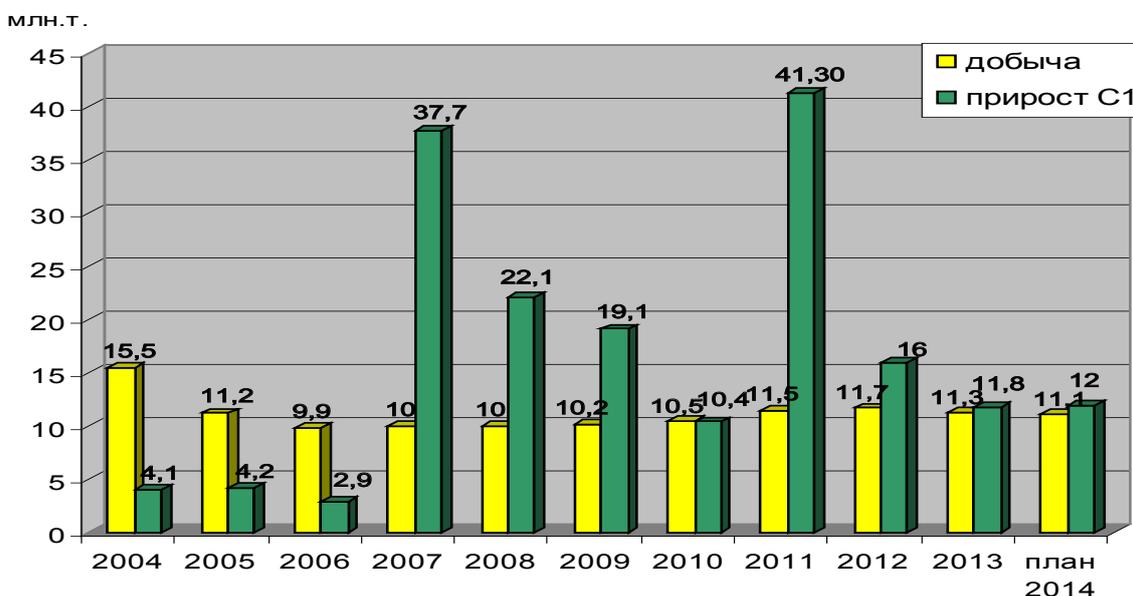


Рис. 4. Динамика изменения добычи нефти и прироста запасов нефти

В последние годы основной прирост запасов производится за счет разведочного бурения и пересчета запасов по эксплуатируемым месторождениям. Всё вышеизложенное не способствует созданию надежной сырьевой базы для расширения производства компаний.

Для устойчивого развития нефтедобывающей промышленности на территории Томской области необходимо реализовать следующие мероприятия:

— На территории Томской области, как и в России в целом, есть уже «зрелые» районы, где освоение ресурсов УВС ведется с 1960-х годов, и новые перспективные слабо изученные районы (правобережье Оби), вовлечение которых в хозяйственный оборот связано с высоким уровнем геологических и финансовых рисков и требует значительных затрат на первом этапе — из федерального бюджета.

— Дальнейшее развитие добычи УВС в области (как и в ряде других регионов страны) связано с освоением трудноизвлекаемых запасов, что требует применения инновационных технологических решений в добыче [2].

— Томская область, как и практически все нефтегазодобывающие регионы России, сталкивается с проблемами, вызванными спецификой внутрикорпоративных финансово-экономических взаимодействий в рамках крупных вертикально интегрированных нефтегазовых компаний (ВИНК).

— В области накоплен значительный опыт развития и функционирования МСНГК. Освоение новых перспективных территорий, которые в настоящее время не вызывают особого интереса у крупных компаний, открывает и новые возможности для деятельности МСНГК [3].

— В перспективе — после ввода в эксплуатацию проектируемого нефтеперерабатывающего завода (в дополнение к уже имеющимся мощностям нефтехимии) — в Томской области появится возможность для моделирования взаимодействий между различными сегментами НГК по всей «вертикали» от подготовки запасов УВС в недрах до производства и реализации конечных продуктов (нефтепродуктов и химикатов).

#### Литература:

1. Ильина, Г. Ф., Ильин Н. Н. Вопросы добычи нефти и инновационное развитие отрасли. // Горный журнал. Черные металлы. Изд. Дом «Руда и металлы», 2012 г. с. 7–9.
2. Ильина, Г. Ф., Ильин Н. Н. Инновационное развитие нефтегазодобывающего сектора экономики на примере Томской области. // European Applied Sciences, 10–2, 2013г, Германия, с. 15–18.
3. Ильина, Г. Ф., Ильин Н. Н. Состояние ресурсной базы углеводородного сырья Томской области. // Вестник ЦКР Роснедра, М., № 1, 2014г, с. 40–42.

## ЭКОЛОГИЯ

### Антропогенное влияние человека на водную экосистему Верхней Волги (г. Дубна — п. Белый Городок)

Кузнецов Александр Львович, аспирант;  
Будаева Валентина Александровна, студент  
Московский государственный университет пищевых производств

*Ключевые слова:* Верхняя Волга, антропогенное влияние, отбор проб, анализ, контроль, качество воды, ПДК, экосистема.

Река Волга — одна из самых крупных рек России. На её берегах расположены сотни населённых пунктов и даже 4 города миллионника. Условно Волга разделена на Верхнюю, Среднюю и Нижнюю Волги. В Верхней Волге не сосредоточены крупные промышленные центры, но созданы крупные водохранилища. Самое крупное — Ивановское водохранилище (так называемое Московское море), сразу после него по течению реки расположена ГЭС г. Дубны которая входит в Волжско-Камский каскад ГЭС.

Антропогенное влияние человека, которое начинается у истоков в разы усиливается в Нижней Волге, поэтому крайне важно проводить контроль над состоянием водных артерий от истоков.

Для изучения состояния водной экосистемы был выбран участок реки Волга в 40 км, от ГЭС г. Дубна 56.738807°, 37.128339° — 56.734417°, 37.130849° до посёлка Белый Городок 56.970265°, 37.488505° — 56.969575°, 37.497538°. Весной 2014 года в г. Дубна были начаты работы по возведению новой дамбы протяжённостью 7,8 км, поэтому полученные результаты можно будет считать отправной точкой для сравнения влияния человека до и после возведения новых гидрологических сооружений. Был проведён физико-химический контроль качества воды по основным показателям. Наиболее важными показателями являются: рН, содержание растворённого кислорода, солевой состав и наличие органических и биогенных соединений. В виду отсутствия возможности своевременно произвести заборы, микробиологическое исследование воды не проводилось, но проводилось наблюдение за живыми индикаторами, где проводились дополнительные заборы воды. Отбор проб производился в конце июня 2014 года.

#### Методика отбора проб:

Для проведения отбора проб был собран пробоотборник (Рис. 1.), с использованием одноразовых ПЭТ

бутылок. Согласно методике по отбору проб ПНД Ф 12.15.1–08, пункт 6.3 «Отбор проб для определения БПК и ХПК и нефтепродуктов производится только в стеклянную посуду», в виду большого количества проб, отсутствия возможно произвести микробиологическое исследование, значительное увеличение веса тары (в 10 раз) и сравнительно небольших ожидаемых показателей БПК и ХПК, было принято решение отступить от методики и использовать ПЭТ упаковку для транспортировки.

Отбор проб вёлся сверху вниз по течению, каждые 2 км, причём, пробы отбирались с поверхности в 20 метрах от каждого из берегов, на поверхности и 4х метровой глубине на фарватере. (Рис. 2.) Каждая проба нумеровалась, записывались координаты, время отбора и температура воды. В день отбора проб наблюдался сильный северо-восточный ветер, который создавал большие волны с подветренной стороны, в результате местами отбор проб вёлся из взбаламученной воды. После отбора ПЭТ бутылка плотно закрывалась и помещалась в тёмную сумку, для транспортировки и для уменьшения попадания солнечного света. (Рис. 3.)

#### Методика проведения анализа:

Анализ природной воды проводился с целью определения физических свойств и химического состава. В ходе анализа были использованы гравиметрические, титриметрические и фотоэлектроколметрические методы анализа. Для сокращения времени от отбора до анализа и сохранения качества результатов, по возможности были использованы экспресс методики и одноразовая посуда. После математической обработки результатов проводилось усреднение для каждого условного среза. Диапазон полученных результатов представлен в таблице 1.

По ходу течения реки в неё впадает множество мелких лесных ручьев и рек, для анализа влияния этих притоков



Рис. 1. Протоборник

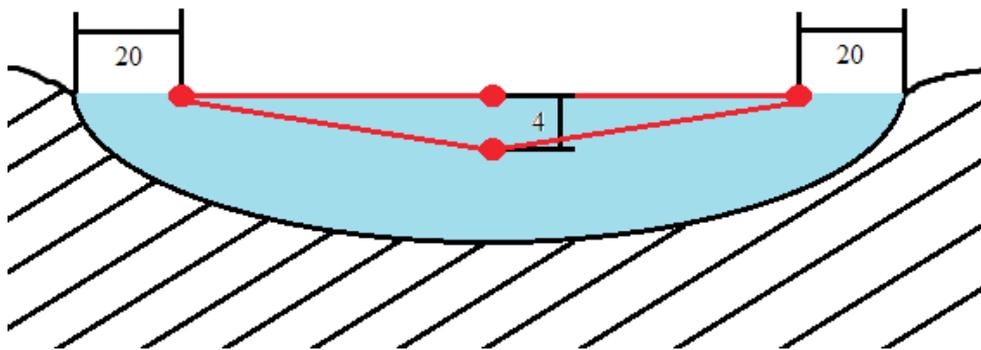


Рис. 2. Принцип отбора проб



Рис. 3. Упаковка и транспортировка проб

Таблица 1. Сравнение полученных результатов с ПДК рыбохозяйственных водоёмов

№	Параметр	Единица измерения	ПДК <sub>рыбохоз.</sub>	Диапазон полученных результатов
1	рН	Ед рН	6,5–8,5	6,32–7,46
2	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1000	120–150
3	Общая жёсткость	ммоль/дм <sup>3</sup>	7	2,7–3,2
4	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	3,25	3,7–4,3
5	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	-	11,0–14,0
6	БПК <sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода)	мг/дм <sup>3</sup>	3	3,1–4,4
7	Температура	°С	-	17,1–17,8
8	Кислород растворенный	мг/дм <sup>3</sup>	6	6,62–9,23
9	Хлорид Cl	мг/дм <sup>3</sup>	300	12,00–15,0
10	Сульфат SO <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	100	25–35
11	Аммоний NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,2–0,5
12	Нитрат NO <sub>3</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	40	1,2–1,4
13	Фосфат PO <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,15	0,01–0,1
14	Цветность	градус	35	80–110
15	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0–0,2
16	СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,05–0,2
17	Запах воды	-	-	Не определён
18	Интенсивность запаха	-	-	Запаха нет

были взяты дополнительные пробы в местах впадения в Волгу, часть показателей представлена в таблице 2. Берега реки изрезаны небольшими заливами, поскольку вода в них практически стоячая и насыщена высоким содержанием природных биогенных веществ (опавшая листва, отмершая водная растительность) они частично заросли водорослями и тростником, в основном, загрязнение искусственного происхождения отсутствует.

Поскольку изучался не только поверхностный слой, но и качество воды с глубины, в таблице 3 представлены результаты сравнения различных слоёв. Большие глубины и придонный слой не исследовались, так как подводное течение сразу же сносило лёгкий пробоотборник

по течению, был риск зацепиться за сетку (Волга богата рыбными ресурсами, что привлекает не только рыбаков, но и браконьеров).

#### Анализ результатов:

Полученные результаты свидетельствуют о не высокой минерализации воды порядка 120–150 мг/л, и мягкости воды 1,7–3,2 ммоль/л что не превышает ПДК. Цветность воды составляет 80–110 градусов по платиново-кобальтовой шкале цветности, что превышает ПДК в 2–3 раза, основная причина этого в том, что поступающая вода из Ивановского водохранилища находится между заболоченных берегов и илисто-песчаным дном,

Таблица 2. Сравнение качества воды в местах впадения ручьев и рек в Волгу

№	Параметр	Единица измерения	Впадение р. Дубна 56.783900°, 37.242905°	Впадение лесного ручья 56.816234°, 37.279855°	Впадение ручья Коньков 56.860388°, 37.357748°	Впадение р. Кимрка 56.869431°, 37.359314°
1	рН	Ед рН	6,85	6,39	6,52	7,41
2	Кислород растворенный	мг/дм <sup>3</sup>	6,71	7,09	7,32	9,10
3	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	14,0	11,0	11,3	14
4	БПК <sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода)	мг/дм <sup>3</sup>	4,4	3,1	3,5	4,4
5	Цветность	градус	110	80	90	110
6	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0	0,05	0,2
7	СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0	0	0,2
8	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	4,3	3,7	3,8	4,3
9	Запах воды	-	Не определён	Болотный	Не определён	Не определён
10	Интенсивность запаха	-	Запаха нет	Очень слабый	Запаха нет	Запаха нет

Таблица 3. Сравнение качества воды в зависимости от места взятия пробы

Координаты условного среза	Параметр	Правый берег, поверхность	Левый берег, поверхность	Фарватер, поверхность	Фарватер, глубина 4 м
56.740887°, 37.142174° — 56.737863°, 37.140908°	рН	6,70	6,71	6,72	6,69
	Кислород растворенный	8,44	8,36	8,25	8,16
	Взвешенные вещества	4,0	4,0	3,9	4,0
	БПК <sub>5</sub>	3,9	3,8	3,8	3,5
	СПАВ	0,1	0,15	0,05	0,05
	Нефтепродукты	0,06	0,06	0,05	0
56.806151°, 37.267573° — 56.804189°, 37.273195°	рН	7,37	7,46	7,20	7,19
	Кислород растворенный	7,30	7,02	7,16	6,88
	Взвешенные вещества	3,8	3,7	3,7	3,7
	БПК <sub>5</sub>	3,1	3,2	3,3	3,1
	СПАВ	0,1	0,1	0,1	0,1
	Нефтепродукты	0,05	0,05	0	0
56.887954°, 37.391791° — 56.884648°, 37.392821°	рН	7,29	7,32	7,45	7,3
	Кислород растворенный	8,70	7,99	8,35	8,1
	Взвешенные вещества	4,2	4,2	4,1	4,1
	БПК <sub>5</sub>	4,3	4,1	4,4	4,2
	СПАВ	0,2	0,2	0,15	0,15
	Нефтепродукты	0,1	0,2	0,2	0

в результате частого взбаламучивания, органические соединения не успевают осесть на дно и окрашивают воды в слегка мутный жёлтый цвет.

Значения химического и биологического потребления кислорода представлены на Рис. 4. С точки зрения соблюдения норм ПДК, БПК выше предельного значения на всём исследуемом участке. На рисунке чётко прослеживается закономерность, при прохождении крупного населённого пункта г. Дубна и г. Кимры, на выходе значения ХПК и БПК имеют максимальные значения, загрязняясь в городской черте, вода постепенно очищается по течению реки. После г. Кимры значения потребления кислорода практически достигают норм.

Биогенные вещества в основном поступают со сточными водами, большая часть азота и фосфора содержится в виде органических соединений. Диапазон полученных значений укладывается и не превышает норму, но в осенне-весенний период эти значения, как правило, повышаются на 40–60%, в основном за счёт паводков, что может привести к превышению ПДК. Соотношение минерального и органического азота не постоянно, повышение минерального азота при благоприятных условиях приводит к зарастанию водорослями и переходу минерального азота в органический.

Концентрация хлоридов и сульфатов так же не превышает норм и колеблется в пределах  $\pm 10$  мг/л. В основном это зависит от состава грунта в месте взятия пробы.

Концентрации нефтепродуктов и СПАВ превышают ПДК в 2–4 раза. В основном превышения зафиксированы в местах впадения рек, река Дубна входит в перечень загрязнённых рек России, также в месте впадения

в Волгу, река Кирка пересекается автомобильным мостом, высокий уровень загрязнения водоёма подтверждается живыми индикаторами. Непосредственно в населённых пунктах тоже наблюдается превышение ПДК. Превышение так же фиксируется в тех местах берега, где проходят автодороги и возведены автомобильные мосты.

При сравнении качества воды в местах впадения ручьев и рек в Волгу можно заметить, что более крупные притоки несут загрязнения искусственного происхождения, а мелкие — естественного, это напрямую связано с деятельностью человека. Более крупные притоки осваиваются быстрее и, следовательно, быстрее загрязняются.

У берегов концентрация взвешенных веществ выше, чем на фарватере, потому что взбаламучивание волнами не даёт осесть примесям на дно. Возможно, что результаты несколько завышены, так как в день отбора проб наблюдалось волнение.

#### Причины загрязнения:

Самым главным источником загрязнения является человеческий фактор. Визуальная оценка выявила факты застройки берегов коттеджными посёлками и отдельными частными строениями. На сегодняшний день нет строгого предписания по установке очистных сооружений для частных домов. Существующие очистные сооружения, предлагаемые для индивидуального строительства, имеют ряд недостатков, в том числе и необходимость в своевременном контроле и обслуживании, в противном случае, они не эффективны и происходит загрязнение водоёмов. В таких местах наблюдались живые индикаторы, а именно водоросли, которые произрастают на некотором

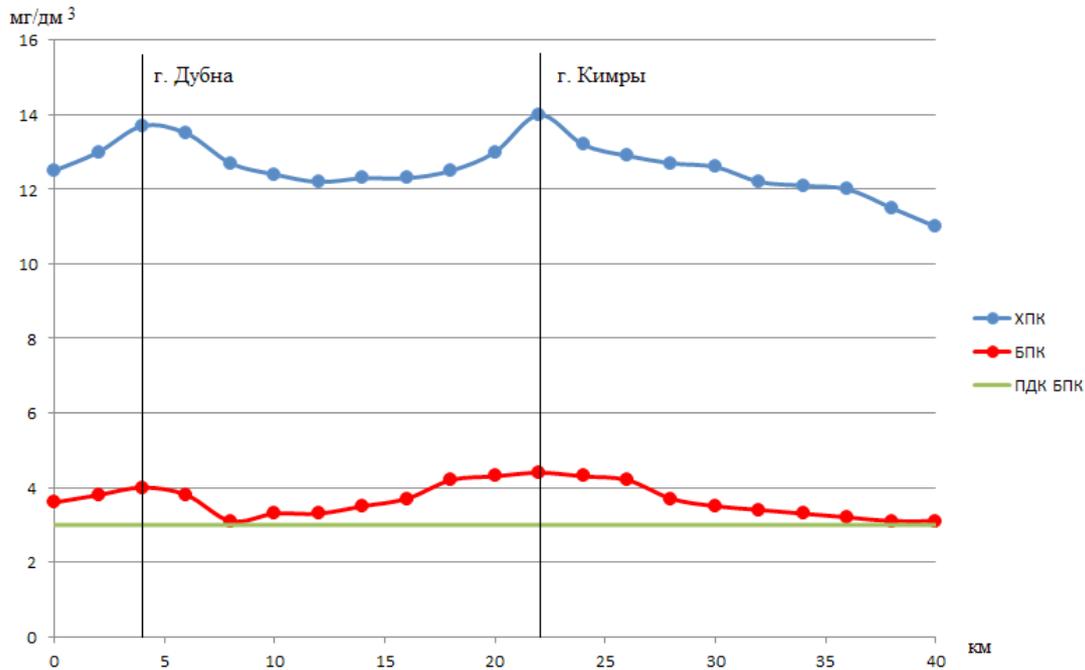


Рис. 4. Зависимость величины ХПК/БПК от расстояния до населённых пунктов

удалении от берега. Пробы воды показали повышенное содержание органических и биогенных веществ, что свидетельствует о неэффективной очистке сточных вод. Заращение мелководья водорослями, скорее всего, не происходит из-за сильных ветров, которые нагоняют волны и не дают водорослям закрепиться в песчаном грунте.

Другим источником загрязнения воды можно назвать городские сточные воды, в г. Дубна образована «Особая экономическая зона», что привлекло инвесторов для создания новых производств и рабочих мест, но очистные сооружения ещё не прошли полный цикл модернизации, поэтому возможны перебои в качестве очищенных сбросов.

На сегодняшний день в г. Дубна существует 2 полигона ТБО. ТБО «Дубна Левобережная» был закрыт в начале 2014 года, ТБО «Дубна Правобережная» является действующим, но по плану Минэкологии Подмосковья должен быть закрыт в декабре 2014 года. Оба полигона являются источником загрязнения водных объектов и воздушных масс в г. Дубна, проверки не раз вскрывали ряд существенных природоохранных нарушений, в том числе утечки загрязнённых вод. Другим полигоном на этом участке Волги является полигон ТБО в г. Кимры, эксплуатация которого осуществляется ООО «Жилищное благоустройство». Так же в лесном массиве существуют незаконные свалки, как правило, в оврагах и мелких лесных ручьях, которые впадают в Волгу. Данный источник загрязнения можно назвать постоянным, на интенсивность производимого загрязнения влияет сезон года и количество осадков. Следует отметить, что раньше источником органического и минерального загрязнения были удоб-

рения, но в связи со спадом производства и сокращением засеваемых площадей, их попадание в Волгу уменьшилось в разы.

Волга является судоходной рекой, несколько десяткой теплоходов и барж, ежедневно курсируют по её акватории, выхлопные газы содержат тяжёлые металлы и остатки нефтепродуктов, что негативно сказывается на природе и фиксируется практически во всех отобранных пробах. Маломерные суда и моторные лодки оказывают схожее влияние на водную экосистему.

#### Выводы:

Антропогенное влияние человека продолжает проявляться на водной экосистеме Верхней Волги, смена десятилетий меняет лишь источники загрязнения, но не их количество, в место удобрений смываемых с полей, вода загрязняется СПАВ и биогенными веществами из сточных вод. Маломерные суда, которых раньше не было, в таких количествах, активно загрязняют воду тяжелыми металлами и нефтепродуктами, места стоянок активно зарастают водорослями и планктоном, значительно ухудшая качество воды. Следует отметить, что самовосстановление и самоочищение реки происходит на удалении от населённых пунктов (Рис. 4.), но желание людей освоить нетронутые, чистые уголки экосистемы, может привести к ещё большему загрязнению. Полученные данные не являются постоянными и могут варьироваться, как в меньшую, так и в большую стороны. В целом, по многим показателям Верхнюю Волгу можно назвать условно чистой, но сохранение этой чистоты и во много первозданности — общая задача.

Литература:

1. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод/Ю. Ю. Лурье. — Москва.: Химия, 1984. — 448 с.
2. Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод, ПНД Ф 12.15.1–08
3. Приказ федеральное агентство по рыболовству №20 от 18 января 2010 г.
4. Портал города Дубна, <http://naukograd-dubna.ru/>

## Исследования лесных насаждений с применением беспилотных дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов (БДПЛА)

Николаев Андрей Иванович, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства (г. Москва)

В соответствии с действующим лесным законодательством Российской Федерации современное лесоустройство является одновременно элементом государственной информационной системы и основой организации использования лесов [1,2,3].

При проведении лесоустроительных работ в качестве информационной основы для таксации лесных насаждений применяются аэрофотоснимки и космические снимки поверхности Земли, имеющие ряд отрицательных моментов применения.

В отношении аэрофотоснимков — это их высокая стоимость и длительный по времени процесс обработки исходных данных и подготовки конечных снимков для работы. Применение космических снимков ДЗЗ<sup>1</sup> экономически более обоснованно, но снимки имеют более мелкое разрешение по сравнению с аэрофотоснимками, и съемка более зависима от внешних метеорологических условий. Обработка полученных снимков при обоих указанных выше способах вносит определенную долю субъективности ошибок оператора.

Полученные фотопланы местности используются таксаторами как ориентиры при наземных работах, а также при определении категории земель, примерных площадей лесочетных единиц, преобладающей древесной породы и иных таксационных показателей, устанавливаемых Лесоустроительной инструкцией [3].

В настоящее время наиболее актуальной является задача по повышению качества лесоустройства, а, именно, получения информационной основы лесоустройства наименее затратными способами, основным преимуществом которых должны являться возможность оперативной съемки местности при невысоких финансовых вложениях.

Для получения фотопланов местности по цене ниже, чем космоснимки и по качеству выше, чем аэрофо-

тоснимки, предлагается использовать возможности БДПЛА<sup>2</sup> с полезной нагрузкой (далее по тексту ПН), позволяющей производить съемку местности под любым необходимым ракурсом и очень большим диапазоном разрешений, зависящим от ПН и высоты съемки.

Обработка данных, полученных с применением БДПЛА, обеспечивается специально разработанным для этих целей пакетом программного обеспечения, что позволяет перейти на новый уровень в научных натурных обследованиях и лесоустройстве, а также при обработке информации с целью построения моделей развития лесных экосистем.

Суть метода дистанционного зондирования и анализа территории с помощью БДПЛА заключается в применении авторской методики оптико-проекционных построений и моделирования на основе голографического принципа и вспомогательных вычислений.

На рис. 1. представлено проекционное преобразование оптических показателей с фото-видеокамеры (далее точка обзора или ТО)<sup>3</sup>.

Путем лазерного проецирования с ТО на наземную поверхность нивелируется положение ТО по вертикальному и горизонтальному направлению на объект с определенным размером L5. По углам расхождения от точки лазерного наведения высчитывается высота нахождения ТО относительно земной поверхности h2 с точностью  $\pm 20$  см в момент совершения съемки по значениям L4, L4' и угловому промеру  $\alpha 3$ . Угловые и линейные параметры до взятого в качестве примера ствола дерева h1 рассчитываются по уже имеющимся высчитанным данным в зависимости от каждого конкретного случая. Так L2' и L2'' определяют значение L2 и одновременно служат основой расчета диаметра ствола дерева. Высота дерева h1 может определяться по видимой вершине как L1 и угла  $\alpha 4$ , либо

<sup>1</sup> Дистанционное зондирование земли.

<sup>2</sup> Беспилотные дистанционно пилотируемые летательные аппараты.

<sup>3</sup> Угол обзора ТО ( $\alpha v$ ) = 170°.

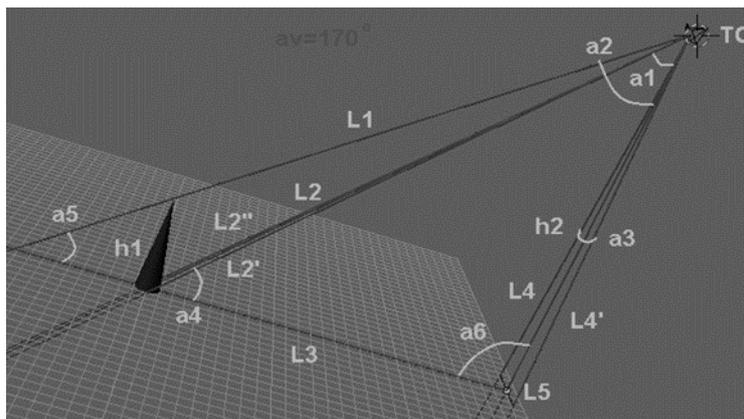


Рис. 1. Схема оптико-проекционного анализа

по голографическому принципу через продолжение прямой расстояния до ствола L3 и угла  $a_5$ . Угол  $a_6 = \text{const } 90^\circ$ .

По указанной схеме проектируется положение рядом стоящих деревьев с целью вычисления горизонтальных расстояний между ними и определения их пространственного размещения и таксационных характеристик (рис. 2) с предложенным экологическим параметром — **Площадь горизонтально-угловой просматриваемости**. Данный параметр позволяет определять таксационные-ландшафтные характеристики лесных насаждений и прогнозировать устойчивость экосистем.

Зная угол обзора ТО и коэффициент корректировки положения ТО возможно рассчитывать пространственные характеристики лесного насаждения без необходимости съемки конкретного участка на другой фокусный объект.

Разработанный алгоритм позволяет вести лесоучетную деятельность и проводить экологические исследования лесных насаждений с визуализацией и детализацией до отдельного дерева, отслеживать изменения лесных насаждений, происходящих в них процессов, уточнять на ре-

гиональной основе таблицы ходов роста и др. справочной информации. Появляется возможность моделировать антропогенное и природное воздействие на лесные насаждения, что может оказать огромную помощь в планировании ведения лесного хозяйства РФ и обосновании принятия тех или иных управленческих решений, для сохранения экологических и ресурсных функций лесных экосистем.

Проверка точности полученных результатов проводилась путем ручного обмера насаждений на пробных площадях, разница в полученных результатах не превысила 5% по совокупности основополагающих параметров, что в рамках допустимых законами погрешностей проведения лесоустроительных работ позволяет приравнять предложенный способ к ландшафтной наземной инструментальной таксации.

**Основные положительные стороны применения БДПЛА в исследованиях лесных насаждений:**

1. Широкий диапазон разрешений съемки местности за счет различной ПН и варьирования высоты полета аппарата.

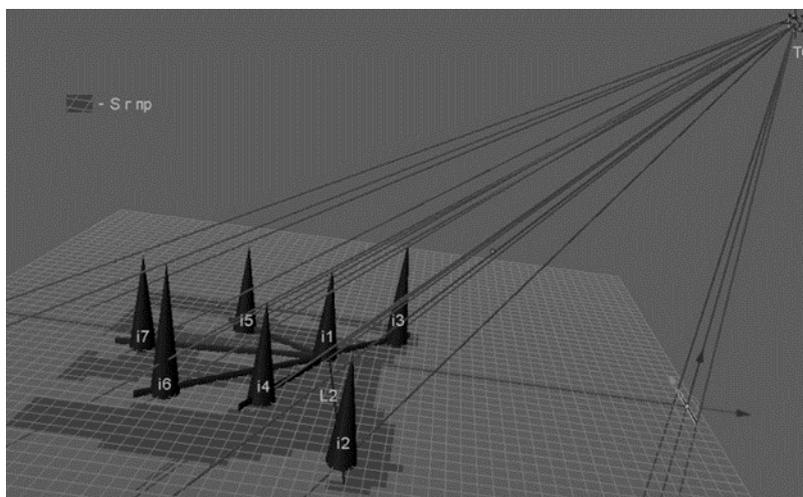


Рис. 2. Схема спроецированного пространственного размещения деревьев и формируемая площадь горизонтально-угловой просматриваемости

2. Отпадает необходимость облета всей площади исследуемого участка, благодаря программному алгоритму, рассчитывающему все показатели под любым углом съемки.

3. Визуализации лесных насаждений в масштабном 3D-проектировании.

4. Определение ландшафтных показателей лесных насаждений.

5. Прогнозирование экологических показателей лесных насаждений.

6. Моделирование антропогенного воздействия на лесные насаждения, и природных явлений.

7. Снижение стоимости работ и оптимизация затрат.

8. Возможность отслеживания изменения лесных насаждений в любой момент времени как с возвратом в прошлое, так и ходом в будущее на основании моделирования (преемственность в лесоустройстве).

9. Возможность составления электронной отчетности и электронного документооборота с шифрованием данных и персональной ответственностью работника.

10. Сокращение цикла обработки и документирования лесотаксационных данных и подготовки картографической базы данных по объекту таксации лесов.

#### Литература:

1. Лесной кодекс Российской Федерации. — Федеральный закон от 04.12.2006. — №200-ФЗ.
2. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов. Утверждены приказом Рослесхоза от 10.11.2011. — №472.
3. Лесоустроительная инструкция. — Утверждена приказом Рослесхоза от 12.11.2011. — №516.

## Ecological damage, climate change and demography

Яргин Сергей Вадимович, кандидат технических наук, доцент  
Российский университет дружбы народов (г. Москва)

Overpopulation leads to poverty, overcrowding, pollution of air and water [1]. Together with increasing unemployment and food shortages, these factors will decrease the quality of life for billions of people [2]. Moreover, it is becoming evident that the climate changes are influenced by human industrial activities, which are proportional to the population size. The ongoing industrial development of the previously underdeveloped countries is precarious because environment protection measures are observed less rigorously there and, most importantly, because of the unplanned nature and large scale of this process, proportional to the population size. Countries with a high population growth are not likely to spontaneously fall below the replacement fertility level in the foreseeable future [3].

Ecological damage and depletion of non-renewable resources are proportional to the population size [4]. Food production cannot increase infinitely without soil depletion, desertification, deforestation and other forms of environmental damage [5]. Humankind can choose between reduction of the population growth by diminishing the birth rate and raising the death rate [6] by means of famine, epidemics or homicide, which were usual during the whole history. Even today, damage of a fragile infrastructure in some areas can result in severe shortages of fresh water and food. Humanity is in a demographic dead-end street [7], whereas no realistic solutions of the overpopulation-related problems have been proposed so far. Such solutions would require a revision of some ethical principles and propagation

of new ones, in particular, that no population group, on a national or international scale, may obtain any advantages because of its numerical size and further growth. On the contrary, those who have had many children should logically live in more crowded conditions. Without procreative competition, different peoples would be more likely to live in peace and help each other. Importantly, there would be no need for any kind of discrimination because the equality principle would automatically affect populations with higher birth rates.

The most reliable method of birth control is sterilization. The last (or single) birth should be preferably accomplished by caesarean section. Although more costly, this procedure is associated with a lesser risk for the newborn and facilitates sterilization by resection of the fallopian tubes. Admittedly, the caesarean section as a form of delivery would be associated with more risks in areas with limited or no medical facilities. Vasectomy in men would be also efficient, especially in the populations, where overt or hidden polygamy is practiced. Sterilization can provide a solution to the controversies related to the economic migrations, which cause a growing opposition in more developed countries. If an economy needs foreign manpower, sterilization would be a desirable condition for a work and residence permit. A high-quality sterilization service could be provided by the countries receiving immigrants. Such measures would be more humane than economical sanctions against families with many children, which, to be efficient, must include e. g. denial of free edu-

cation and medical care for the second or third child. The victims of such measures would be children themselves, who are not responsible for their parents' unwillingness to apply contraception.

It can be argued that sterilization does not prevent sexually transmitted diseases and AIDS; however, these conditions may be regarded as self-inflicted as a result of negligent or immoral behavior, thus being in a sense a private matter. Admittedly, in relation to the sexually transmitted diseases and AIDS, if a woman has been infected by her partner (which is not uncommon e. g. in sub-Saharan Africa), she should not be regarded negligent or immoral because of it. In any case, when children appear, it ceases to be private matter or an inherent human right, as the number of children in a family is of public concern. Furthermore it can be heard as objection that birth control and sterilization are unnatural. It should be noted that death from infectious, parasitic diseases and many forms of homicide are natural, while survival in the case of a perforated appendicitis is quite unnatural. In fact, it is the human civilization that is unnatural, and it is the civilization that can solve the problems of overpopulation and international conflicts.

High fertility was propagandized during the global conflicts and the Cold War to replenish military and manpower resources. Necessity of birth control has been obfuscated by conflicting national and global interests: population growth has been regarded as a tool helping to sovereignty and economic advance. Even today, there are appeals to increase the birth rate, accompanied by misinformation about allegedly severe complications of contraception and abortions. Global birth control by means of widespread sterilization requires investments and managerial efforts; all simpler and less expensive solutions would be however less humane. It is sometimes argued that the birth rates tend to decrease as living conditions improve. There is such tendency indeed but the population of more developed countries continues growing nonetheless due to the economic and other migration and enhanced birth rate amongst the immigrants. Finally, it should be stressed that there can be no religious objections against contraception and sterilization because they are not mentioned in religious texts, so implying neither disapproval nor prohibition.

Labor productivity is growing; few working people can provide means of subsistence for a large population [8], while unemployment is increasing. In the past, similar conditions were terminated by wars and pestilence. This has not happened long since, and we are waiting to see what happens, while the population is growing. However, there are many things to do. Great projects could be accomplished by a unified mankind: construction of irrigation facilities for drought-stricken lands; nuclear, solar, tidal and other power plants to reduce the consumption of fossil fuels, etc. Scientific research must be revitalized and purged of scientific misconduct [9]. These measures would create work for many people. Moreover, should the birth rate decline in the future, it means that the workforce is at its maximum today, which provides

an opportunity to accomplish great projects. Not much is required for that: a globalised administration and English as the first or second language for everyone. Only by concentrating of authority within a powerful international executive, based in the most developed parts of the world, can the vicious circus of international competition and conflicts be broken and priorities for addressing overpopulation created. Accordingly, propaganda should popularize the image of hardworking people, which must become a pattern of identification for the youth [10].

Furthermore, in some southern and eastern Asian countries, the sex ratio has become skewed towards men, partly in consequence of gender-selective abortions [11–14]. In the People's Republic of China, male-to-female ratio among the newborns was reported to be around 119:100 [12]. A similar phenomenon has been observed in India and among immigrants from Asia to Europe [11]. According to traditions, economic and social reasons, many families prefer to have sons, which is the cause of the increasing male-to-female ratio in the newborns, infanticide, abandonment of newborn girls, and neglect of daughters [12].

There were many campaigns in China since the 1940s, which have ended with nothing; and the 'one child policy' can be one of them [15]. Moreover, this policy can be a convenient background for eugenics, selection of strong men (fig. 2) etc. In future, the gender shifts might progress, considering advancing prenatal sex-testing technologies, their growing availability for the public, discrimination against the girl child and son preference in many countries [16]. Therefore, measures should be planned and taken globally by a powerful international executive. It is time to act now; otherwise it will be too late, the more so as the measures against overpopulation, ethnic and gender shifts would eventually result in worldwide stability and improvement of the quality of life. The predominance of males is more conspicuous in the lower socio-economic classes; and there is a concern that their marginalization may lead to antisocial behavior threatening societal stability. As the excess of men may cause insecurity, families are further motivated to have more sons for protection. Moreover, the relative excess of men may contribute to militarism and conflicts.

Son preference was reported also from Africa [17], where gender shifts are not yet prominent because of lesser availability of the prenatal gender testing. However, should fertility decline in future, the motivation to perform gender-selective abortions would become stronger because many families would try to have at least one boy to secure the patriarchal lineage [17]. It should be also mentioned that the population size and gender imbalance in some countries are probably underestimated because the migrants, who are predominantly males, can be overlooked by a census. Due to the international migrations, a regional excess of men causes global repercussions. A local outflow of men would further stimulate the gender-selective practices in their native countries. For young males in some regions, the damage has al-

ready been done, and the measures against gender imbalance in future newborns would not help them to find a female partner.

The following is the beneficial message and proposed solution at the same time: by concentrating authority in a powerful international executive based in the most developed

parts of the world can the vicious circus of overpopulation, ethnicity- and gender-related shifts, of international competition and conflicts, be finally broken. In conclusion, the mankind needs to eliminate the motives for high fertility and the son preference, to protect and support childless elderly people, unwed mothers and families raising girls.



Fig. 1. All'improvviso Chinese hairdressers in GUM, Moscow



Fig. 2. Near the GUM. Beer drinking is prohibited in public places. Russian pensioners have sometimes trouble because of it.



Fig. 3. Near the Red Square in Moscow

References:

1. Greep R. O. Whither the global population problem // *Biochem Pharmacol* 1998, V 55, N 4, p. 383–386.
2. Robey B. Asia's demographic future: the next 20 years // *Asia Pac Pop Policy* 1990, N 14, p. 1–4.
3. Lutz W, Qiang R. Determinants of human population growth // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2002, V 357, p. 1197–1210.
4. Desvaux M. The sustainability of human populations: How many people can live on earth? // *Significance* 2007, September, p. 102–107.
5. Reddy P. H. India in the demographic trap // *Janasamkhya* 1989, V 2, p. 93–102.
6. Russell C., Russell W. M. Population crises and population cycles // *Med Confl Surviv* 2000, V 16, N 4, p. 383–410.
7. Вишнеvский А. Г. Избранные демографические труды. Москва: Наука, 2005; т. 2–381 с.
8. Капица С. П. Очерк теории роста человечества: демографическая революция и информационное общество. Москва: URSS, 2008–122 с.
9. Яргин С. В. Недобросовестность в медицинской науке и практике. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014; ISBN 978–3-659–57657–7.
10. Jargin S. V. Ethical challenges in an age of overpopulation // *S Afr Med J* 2010, V 100, N 11, p. 694.
11. Singh N., Prupp A. H., Brekke T., Stray-Pedersen B. Different sex ratios of children born to Indian and Pakistani immigrants in Norway // *BMC Pregnancy Childbirth* 2010, V 10, p. 40.
12. Hesketh T., Xing Z. W. Abnormal sex ratios in human populations: causes and consequences // *Proc Natl Acad Sci USA* 2006, V 103, N 36, p. 13271–13275.
13. Яргин С. В. Причины гендерного дисбаланса // *Народонаселение* 2011, №4 (54), стр. 122–124.
14. Jargin S. Overpopulation, ecological damage and the climate change. Amazon Kindle Edition, 2014 <http://www.amazon.com/dp/B00MEKJLZO>
15. The Lancet. The end of the one-child policy in China? // *Lancet* 2001, V 377, N 9770, p. 968.
16. Hesketh T., Lu L., Xing Z. W. The consequences of son preference and sex-selective abortion in China and other Asian countries // *CMAJ* 2011, V 183, N 12, p. 1374–7.
17. Beyeza-Kashesy J., Neema S., Ekstrom A. M., Kaharuza F., Mirembe F., Kulane A. «Not a boy, not a child»: A qualitative study on young people's views on childbearing in Uganda // *Afr J Reprod Health* 2010, V 14, p. 71–81.

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

### Закономерности процесса распределения жидкого консерванта при его внесении в провяленную траву влажностью 25–55% при подборе пресс-подборщиком

Сеник Яков Степанович, кандидат технических наук, инженер-исследователь;

Гокоев Игорь Александрович, кандидат технических наук, инженер-исследователь;

Юнин Вячеслав Александрович, кандидат технических наук, младший научный сотрудник;

Зыков Андрей Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник;

Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства РАСХН (г. Санкт-Петербург)

**Цель исследований** — изучение процесса распределения жидкого консерванта при его внесении в провяленную траву влажностью 25–55% при подборе пресс-подборщиком.

**Новизна исследований** — являются полученные закономерности, характеризующие неравномерность распределения рабочей жидкости (консерванта) при подборе провяленной травы в зависимости от давления, под которым осуществляется подача жидкости, типа распылителей, расстояния между ними и диаметра трубопроводов.

Экспериментальные исследования процесса распределения жидкого консерванта в провяленную массу во время ее подбора пресс-подборщиком проводили путем постановки трехфакторного эксперимента с использованием методов теории математического программирования, в частности, метода криволинейной множественной регрессии и корреляции в программе «MathCAD 11». Исследования проводили в полевых условиях ФГБУ «Северо-Западная МИС» Волосовского района Ленинградской области с применением общеизвестных методик, используя влагомер Wilie-25 с зондами 45 и 90 мм, термоанемометр ТКА-ПКМ, фотоэлектрокалориметр ФЭК-56П и др.

В результате проведения экспериментальных исследований были получены данные неравномерности распределения консерванта [1], характеризующие коэффициентом вариации распределения консерванта на обрабатываемой провяленной траве во время ее подбора пресс-подборщиком, в зависимости от давления подачи рабочей жидкости, высоты расположения распылителей относительно подбираемой массы и типа распылителей, на основании которых построены графические (см Рисунок 1а и 1б) и выявлены математические зависимости.

Зависимость коэффициента вариации распределения рабочей жидкости ( $v$ ) в зависимости от давления подачи жидкости ( $P$ ) и высоты расположения распылителя отно-

сительно подбираемой массы (соответственно 0,18, 0,25, 0,38 и 0,48 м) составит:

— для распылителей конусного типа

$$V_{0,18} = 100,14P^2 - 175,27P + 139,05, \quad (1)$$

$$V_{0,25} = 15,62P^2 - 7,50P + 13,87, \quad (2)$$

$$V_{0,38} = -21,87P^2 + 7,50P + 22,38, \quad (3)$$

$$V_{0,48} = -6,25P^2 + 2,50P + 8,75; \quad (4)$$

— для распылителей щелевидного типа

$$V'_{0,18} = 90,62P^2 - 127,07P + 121,86, \quad (5)$$

$$V'_{0,25} = 37,5P^2 - 57,5P + 38,0, \quad (6)$$

$$V'_{0,38} = 9,37P^2 - 25,00P + 19,63, \quad (7)$$

$$V'_{0,48} = -6,25P^2 + 10,00P + 7,25. \quad (8)$$

Согласно ГОСТ 57310–84 коэффициент вариации для достижения равномерного распределения жидкости не должен превышать 5%. Данному требованию соответствуют распределение рабочей жидкости распылителями конусного типа при высоте его расположения 0,48 м и давлением в системе 0,85–1,0 МПа и распылителями щелевидного типа при высоте распределения 0,38 м и давлением в системе 0,8–1,0 МПа.

На неравномерность распределения рабочей жидкости по обрабатываемой поверхности существенно влияет расстояние между распылителями на штанге. На Рисунке 2 представлены в графической интерпретации варианты расположения распылителей на штанге через 0,2, 0,3 и 0,4 м. Следующие закономерности описывают неравномерность распределения рабочей жидкости в зависимости от изменения давления подачи в диапазоне 0, — 1,0 МПа при расстоянии между распылителями на штанге (1) 0,2, 0,3 и 0,4 м:

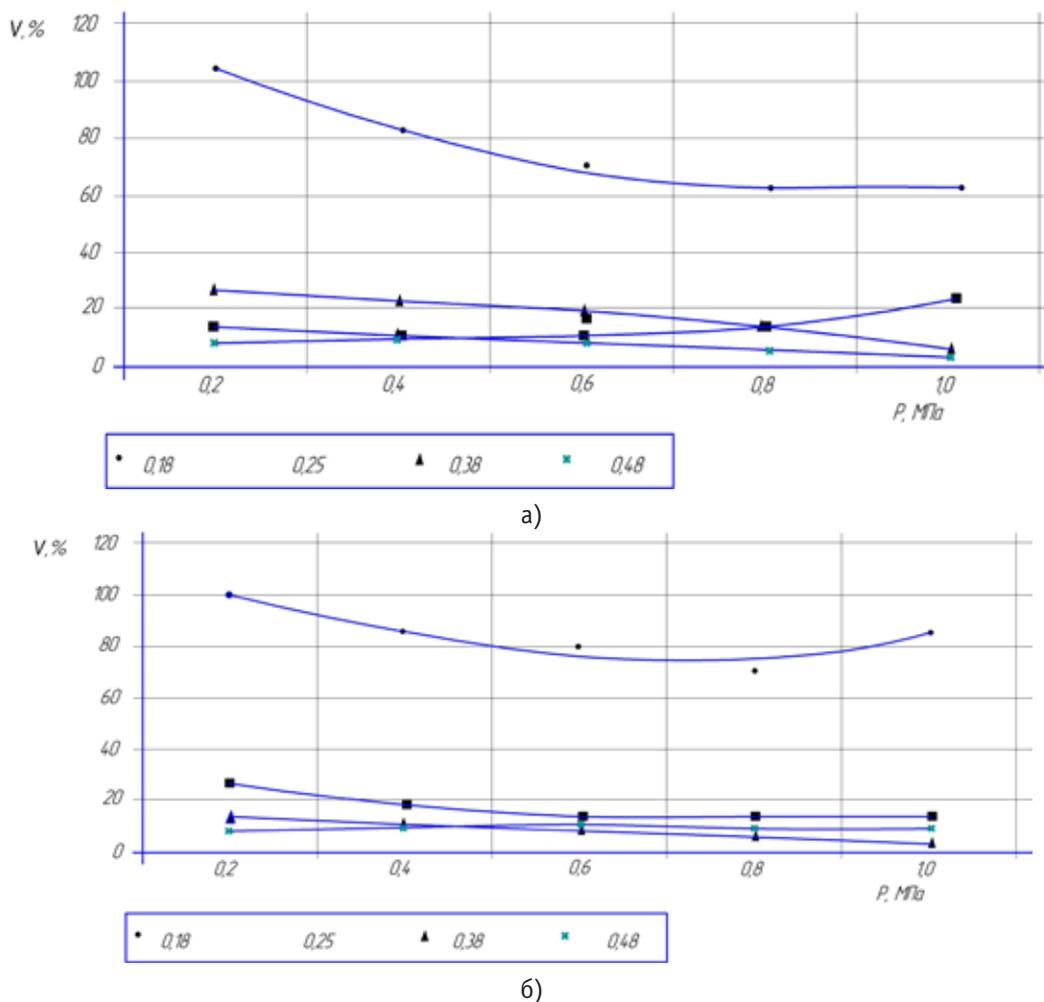


Рис. 1. Неравномерность распределения консерванта в зависимости от давления подачи жидкости и высоты расположения распылителей: а) конусного типа; б) щелевидного типа

$$v_{0,2} = 15,75P^2 - 29,60P + 25,85, \tag{9}$$

$$v_{0,3} = 8,12P^2 - 16,25P + 13,12, \tag{10}$$

$$v_{0,3} = 8,12P^2 - 16,25P + 13,12, \tag{10}$$

$$v_{0,4} = 3,06P^2 - 12,5P + 22,94. \tag{11}$$

$$v_{0,4} = 3,06P^2 - 12,5P + 22,94. \tag{11}$$

Наименьшее значение коэффициента вариации распределения рабочей жидкости получено при расположении распылителей на штанге через 0,3 м и давлении подачи жидкости 0,8 МПа.

Выявлено, что качество распределения рабочей жидкости при обработке ею провяливаемой травы при подборе зависит от диаметра трубопроводов (шлангов). На Рисунке 3 представлены тренды изменения коэффициента вариации распределения рабочей жидкости в зависимости от диаметра трубопровода при изменении давления подачи в диапазоне от 0,2 до 1,0 МПа.

В результате аппроксимации данных были получены следующие зависимости при диаметре трубопровода (d), соответственно, 0,1, 0,2 и 0,3 м:

$$v_{0,01} = 18,75P^2 - 25,0P + 21,25, \tag{9}$$

Наилучшие показатели по распределению рабочей жидкости во время подбора провяленной массы достигаются при подаче жидкости по трубопроводам диаметром 0,2 м и давлении 0,4–0,6 МПа. При использовании трубопроводов большего и меньшего диаметра происходит увеличение неравномерности распределения.

Качество процесса распределения жидкого консерванта (рабочей жидкости) при его внесении в провяленную траву во время подбора характеризуют следующие выявленные закономерности:

- неравномерность распределения рабочей жидкости в зависимости от давления ее подачи и высоты расположения распылителя относительно обрабатываемой провяленной массы с учетом типа распылителя;
- неравномерности распределения жидкости в зависимости от давления подачи ее к распределителям при различных расстояниях между ними;



Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации от давления в системе при различных расстояниях между распылителями

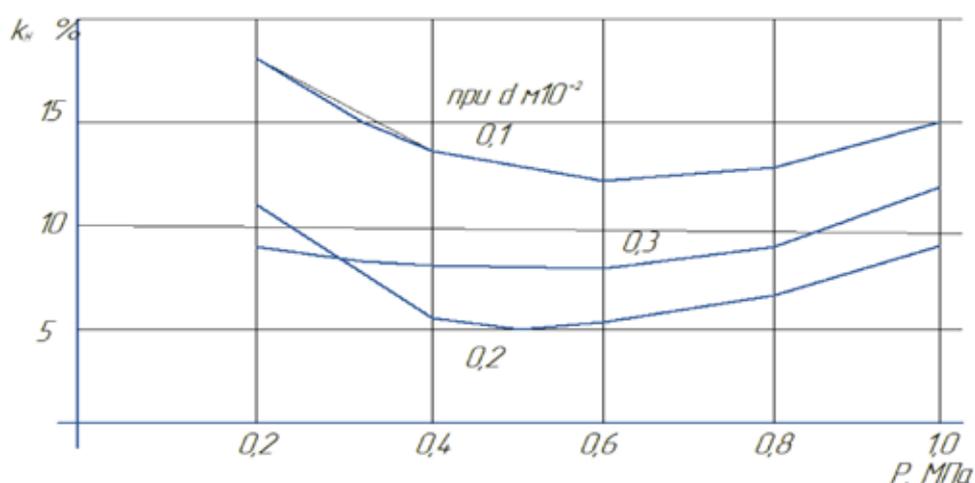


Рис. 3. Неравномерность распределения консерванта в подбираемой массе в зависимости от давления подачи и диаметра трубопровода

— неравномерности распределения консерванта в зависимости от давления в трубопроводе и его внутреннего диаметра.

Закономерности процесса распределения жидкого консерванта при его внесении в провяленную траву влажностью 25–55% при подборе пресс-подборщиком на основании, которых следует разработать исходные требования на оборудование для внесения жидких консервантов

в провяливаемую траву при ее подборе из валка [2,3].

Выявленные закономерности могут найти применение в разработке исходных требований на оборудование для внесения жидких консервантов, а так же технических средств предназначенных для предпосевной (предпосадочной) обработки семян (клубней) растений, и в целом для защиты растений путем обработки их фунгицидами и инсектицидами, а так же подкормки.

Литература:

1. Зыков, А. В. Внесение жидких консервантов при заготовке рулонного сена/А. В. Зыков, В. А. Юнин // Молодой ученый. — 2013. — №2. — с. 448–451.
2. Устройство для внесения консервирующих препаратов в растительную массу/В.Д. Попов, В.А. Юнин, Я.С. Сенник, И.А. Гокоев, А.В. Зыков/№20120110572 от 20.03.2012 г.
3. Кузнецов, Н.Н. Устройство для внесения консервирующих препаратов в растительную массу/Н.Н. Кузнецов, А.В. Терентьев, А.В. Зыков // Молочно-хозяйственный вестник. — 2013. — №1 (9) — с. 23–28.

# Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 13 (72) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Авдеюк О. А.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Игнатова М. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенюшкин Н. С.  
Ткаченко И. Г.  
Яхина А. С.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru)

<http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4