

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**
№ 9-10 2016 (СЕНТЯБРЬ-ОКТАБРЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Редакционный совет

- А.В. Царегородцев* — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет
- Ю.Б. Миндлин* - к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологий им. К.И. Скрябина
- М.М. Безрукова* — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО
- Н.Н. Грачев* — профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus),
- А.И. Гусева* — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»
- А.Я. Качанов* — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
- И. Квасов* — д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
- С.М. Надежкин* — д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
- Б.А. Прудковский* — д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний «ИНТЕРСЕРТИФИКА»
- С.Э. Саркисов* — д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии
- В. Сергеевский* — д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»
- А.П. Симоненков* — д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАН

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:

109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 755-1913
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>
<http://www.vipstd.ru/nauteh>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК - 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ,
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ, КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Журнал издается с 2011 года

Редакция:

Главный редактор

А.В. Царегородцев

Выпускающий редактор

Ю.Б. Миндлин

Верстка

А.В. Романов

Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016

В течение года можно произвести
подписку на журнал непосредственно в редакции.

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:

Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии

ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296

Подписано в печать 31.10.2016 г. Формат 84x108 1/16

Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Ерофеевская Л.А., Чернявский В.Ф.** — Потенциал использования *Rhodococcus* для активации процессов очищения почв от нефтезагрязнений
Erofeevskaya L., Chernyavsky V. — Potential of use of *Rhodococcus* for activation of processes of clarification of soils from petropollution..... 3
- Зубкова В.М., Белозубова Н.Ю., Малащенко А.А., Ханипова Э.Р.** — Формирование циклов химических элементов льном-долгунцом при различных уровнях азотного питания
Zubkova V., Belozubova N., Malashenkov A., Khanipova E. — Formation cycles of chemical elements of fiber flax at different levels of nitrogen nutrition..... 7

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Ли Ж., Сахарянова А.М.** — Исследование оптико-электронного автоколлиматора для измерения угловых деформаций крупногабаритных конструкций при наличии ограничения рабочего пучка
Li R., Sakhariyanova A. — Research optoelectronic autocollimator for measuring the angular deformation of large structures with limited working beam..... 14
- Ягафарова Х.Н., Зиятдинов А.М.** — История гироскопа и его основные свойства
Yagafarova K., Ziyatdinov A. — The history of the gyroscope and its main properties..... 21

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Ковальский С.П., Фокин Н.И., Ковалев В.О.** — Алгоритм тактовой синхронизации элементов сетевого узла региональной транспортной сети связи
Kovalsky S., Fokin N., Kovalev V. — Algorithm of clock synchronization of elements of network point of the regional transport network of communication..... 27

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Буй Н.З.** — Архитектура системы управления мобильностью в корпоративной сети
Bui N. — An architecture of enterprise mobility management system..... 30
- Закиров М.Э.** — Сравнительный анализ методов word2vec и GloVe и некоторые выводы из него
Zakirov M. — Comparative analysis of the methods and word2vec GloVe and some conclusions drawn from it..... 36
- Захаров И.Л.** — Современные облачные системы: проблемы качества и надежности передачи информации

- Zakharov I.* — The modern cloud systems: problems of quality and reliability of information transmission..... 42

- Панков И.Д.** — Анализ схожести дефектов программного обеспечения как подзадача ранжирования списка дефектов при финальном приёмочном тестировании
Pankov I. — Analysis of the similarity of software defects as a subtask of ranking of defects in the final acceptance testing... 45

- Сокол Г.А.** — Применение производственных функций типа ves-функции для моделирования функционирования социально-экономических систем
Sokol G. — The use of production ves-functions to simulate the functioning of the socio- economic systems..... 50

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Абушаш О.М., Бениа К.Р., Белимготов Б.Х.** — История изучения метастазов, их современное лечение
Abushash O., Benija K., Belimgotov B. — History study metastases, current treatment..... 56

- Загородный Н.В., Кудинов О.А., Иванов А.В., Киласония И.Д., Сиренко А.Д.** — Сравнительный анализ интраоперационных и послеоперационных клинических показателей при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава в зависимости от особенностей техники передне-бокового оперативного доступа
Zagorodny N., Kudinov O., Ivanov A., Kilasonia I., Sirenko A. — Comparative analysis of perioperative clinical indicators in total hip replacement, depending on the characteristics of the art anterior-lateral-line access..... 62

- Маркина А.Ю., Бушталлер И.В.** — Клинико-социальные аспекты смертности населения от злокачественных новообразований мочеполовой системы
Markina A., Bushtaller I. — Clinical social aspects mortality | from malignat neoplasms of the genitourinary system..... 67

- Савгачев В.В.** — Разработка универсальной классификации прогнозирования осложнений при травме пяточной кости
Savgachev V. — Development of universal classification of forecasting of complications at the injury of the calcaneal bone.. 72

- Фатеева А.А., Унербаева С.А., Ильманиева А.Ж., Петунина Н.А.** — Иммуновоспалительные реакции у пациентов при коморбидном течении тиреоидной патологии и метаболического синдрома (полного и неполного метаболического синдрома)
Fateeva A., Unerbaeva S., Ilmalieva A., Petunina N. — Immunological reactions in patients comorbid flow in thyroid diseases and metabolic syndrome (complete or incomplete metabolic syndrome)..... 77

Информация

- Наши авторы / Our Authors..... 82
- Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале..... 83

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RHODOCOCCUS ДЛЯ АКТИВАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОЧИЩЕНИЯ ПОЧВ ОТ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ

POTENTIAL OF USE OF RHODOCOCCUS FOR ACTIVATION OF PROCESSES OF CLARIFICATION OF SOILS FROM PETROPOLLUTION

*L. Erofeevskaia
V. Chernyavsky*

Summary. Kulturalno-morphological, fiziko-biochemical properties and the phylogenetic provision of the new strain *Rhodococcus* sp are studied., Shergin allocated from a frozen soil of the mine. Prospects of its use for the purpose of activation of processes of a biological destruction of naphtha and oil products in wide temperature range of a surrounding medium are shown. It is established that for the 7 days at a temperature of +4 °C the strain utilizes 14,0–19,8% — naphtha and oil products; at a temperature of +20 °C — 49,77–59,1%; at a temperature of +30 °C — 43,2–66,18%.

Keywords: strain *Rhodococcus*, oil, destruction, oil productions, hydrocarbons, ecosystems.

Ерофеевская Лариса Анатольевна

Научный сотрудник, ФГБУН Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения РАН
iprog@ipng.usn.ru

Чернявский Виктор Федорович

Врач-эпидемиолог, ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Саха (Якутия)»
fbuz@fbuz14.ru

Аннотация. Изучены культурально-морфологические, физико-биохимические свойства и филогенетическое положение нового штамма *Rhodococcus* sp., выделенного из мерзлотного грунта шахты Шергина. Показана перспективность его использования с целью активации процессов биологической деструкции нефти и нефтепродуктов в широком диапазоне температур окружающей среды. Установлено, что на 7-е сутки при температуре +4 °C штамм утилизирует 14,0–19,8% — нефти и нефтепродуктов; при температуре +20 °C — 49,77–59,1%; при температуре +30 °C — 43,2–66,18%.

Ключевые слова: штамм, *Rhodococcus*, нефть, нефтепродукты, деструкция, углеводороды, экосистемы.

В настоящее время загрязнение природной среды нефтепродуктами является одной из актуальных экологических проблем. Связано это с форсированным развитием нефтегазовой отрасли, освоением новых и эксплуатацией имеющихся нефтегазоносных месторождений, обслуживанием нефтепроводов и участвовавшими в последнее время аварийными разливами нефти и нефтепродуктов (НП).

Несвоевременная ликвидация нефтезагрязнений приводит к тому, что нефтяные углеводороды (УВ) распространяются на сопредельные территории, земли на долгие годы выводятся из сельскохозяйственного оборота.

В большинстве случаев нефтезагрязнения устраняются с применением механических и физических методов, что влечет за собой нарушение почвенно-растительного покрова. Такие методы не всегда приемлемы, поскольку процесс самовосстановления нарушенных земель занимает от 10 до 50 лет [1, С. 140–159].

Из многочисленных методов, которые позволяют сократить сроки реабилитации экосистем, в настоящее время наиболее экологичными считаются биологические методы, основанные на интенсификации микробиологической деструкции нефтяных углеводородов (УВ). При этом, предполагается как активация аборигенной микро-

флоры загрязненных объектов, так и внесение биопрепаратов на основе штаммов углеводородоксилирующих микроорганизмов (УОМ) [2, с. 163; 3, С. 1023–1026; 4, С. 20–21].

В настоящее время известно более 200 видов УОМ. Число новых микроорганизмов, перспективных для очистки нефтезагрязненных экосистем постоянно увеличивается благодаря выделению из почвы и получению новых штаммов методом геной инженерии [5, С. 167–183]. Однако информация о них ограничена и проходит, в основном, либо под «грифом «коммерческая тайна», либо на уровне реклам, либо на уровне не внедренных в практику патентов и научных разработок [6, С. 179–188.; 7, С. 105–106; 8, С. 192].

Кроме того, проблема существующих разработок по микробиологической очистке почв и грунтов от нефтезагрязнений состоит в том, что некоторые из них основаны на использовании УОМ, относящихся к патогенам различных уровней приоритетности и могут быть отнесены к условно — патогенным микроорганизмам, что значительно сокращает возможности их использования в условиях открытой экосистемы.

Эти обстоятельства делают востребованными проведение научных исследований по поиску новых непатогенных

штаммов углеводородокисляющих бактерий, перспективных для очистки нарушенных экосистем от нефти и НП.

Целью работы являлось выделение из нефтезагрязненных экотопов и расширение номенклатуры бактерий, способных к утилизации нефти и нефтепродуктов.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований служили образцы мерзлотного грунта, загрязненного нефтепродуктами.

Для культивирования УОМ использовали метод жидких накопительных культур на минеральной среде Мюнца [9, С. 1024–1030].

В качестве единственного источника углерода использовали нефть Талаканского месторождения, с содержанием 0,82% парафиновых и 12,4% смолистых веществ [10, С. 165–170].

Идентификацию выделенных УОМ проводили на основе изучения их морфологических, культуральных и физиолого-биохимических свойств, используя Определители бактерий [11, с. 800; 12, р. 408] с привлечением анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рНК.

Ген 16S рНК амплифицировали с универсальными зубактериальными праймерами 27f (5'-AGAGTTTGGATCCTGGCTCAG-3') и 1492r (5'-TACGGYTACCTTGTTACGACTT-3') [13, Р. 115–175].

ПЦР проводили на приборе GeneAmp PCR System 2700 ("Applied Biosystems", США).

Определение нуклеотидной последовательности генов 16S рНК Секвенирование ДНК проводили с помощью набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе Applied Biosystems 3730 DNA Analyzer.

Предварительный анализ полученных нуклеотидных последовательностей фрагментов генов 16S рНК проводили в программе BLAST банка генов национального центра биологической информации (NCBI — <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Определение нефтепродуктов в водной среде определяли спектрометрическим методом, с использованием концентратомера «ИКН-025».

Результаты и их обсуждение

Из образцов мерзлотного грунта, отобранного во время проведения очистных работ в шахте Шер-

гина и её прилегающей территории, расположенной по ул. Кулаковского, 18, г. Якутск выделен новый штамм бактерий, обладающий способностью к утилизации нефти и НП (дизельное топливо, масло моторное, масло гидравлическое, газовый конденсат). Штамм получен методом накопительных культур на среде Мюнца с нефтью с последующим пересевом на МПА.

Для этого 1,0 г мерзлого грунта с вышеуказанного объекта вносили в 250 мл минеральной среды Мюнца В качестве единственного источника углерода и энергии использовали нефть, которую вносили в среду Мюнца [9, С. 1024–1030] в количестве 1000 мг на 1,0 дм³ среды. Инкубация проводилась в термостатируемых качалочных условиях на установке «УВМТ-12–250» при 200 об/мин и температуре +20±1 °С. Рост бактерий наблюдали через 7 дней инкубации по образованию мутноватой эмульсии и дезинтеграции слоя нефти.

Чистая культура бактерий была получена путем культивирования при выше перечисленных условиях и многократных пересевов накопительной культуры на чашки Петри с мясопептонным агаром (МПА).

Далее посева инкубировали в стационарных условиях при различных температурах от +4 до +30 °С. Через 48–72 ч. на поверхности МПА наблюдали появление пастообразных гладких колоний кремовато-розового цвета, диаметром 1–5 мм, которые по культурально-морфологическим и биохимическим признакам, а также по результатам проведенного анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рНК и ключевых фенотипических признаков согласно таксономическим описаниям, приведенным в Определителе Берги [11, с. 800; 12, р. 408] идентифицированы, как штамм *Rhodococcus* sp.

Штамм депонирован во Всероссийской Коллекции Микроорганизмов (ВКМ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина Российской академии наук (ИБФМ РАН) под регистрационным номером ВКМ Ас-2626D.

Полученный штамм характеризуется следующими признаками.

Морфологические признаки

Грамположительные, неподвижные палочки. В односточной культуре на минеральной среде Мюнца [9, С. 1024–1030] образует короткие толстые палочки. При делении наблюдается характерное расположение клеток под углом друг к другу.

Таблица 1. Дифференциальные свойства и биохимические тесты

Тест или субстрат	Реакции	Тест или субстрат	Реакции
Рост в аэробных условиях	+	Маланат натрия	-
Рост в анаэробных условиях	(+)	Уреаза	-
Рост при температуре + 4 °С	+	Цитрат натрия	-
Рост при температуре + 20 °С	+	Инозит	-
Рост при температуре + 30 °С	(+)	Сорбит	+
Рост при температуре + 37 °С	-	Фенил-аланин	-
Лецитиназа	-	β-галактозидаза	-
Оксидаза	-	Индол	-
Орнитин	+	Глюкоза	-
Лизин	-	Лактоза	-

Примечание: + тест положительный; — тест отрицательный; (+) слабоположительный

Таблица 2. Степень утилизации нефтепродуктов штаммом *Rhodococcus* sp.

Вариант опыта		t°С		
Ксенобиотик, мг/дм ³	Срок	+4	+20	+30
Нефть	до опыта	1000,0	1000,0	1000,0
	после опыта	809,2	502,3	568,0
	% деструкции	19,8	49,77	43,2
Дизельное топливо	до опыта	1000,0	1000,0	1000,0
	после опыта	860,0	426,6	488,0
	% деструкции	14,0	57,34	51,2
Масло моторное	до опыта	1000,0	1000,0	1000,0
	после опыта	822,0	409,9	463,0
	% деструкции	17,8	59,1	53,7
Масло гидравлическое	до опыта	1000,0	1000,0	1000,0
	после опыта	809,0	501,4	466,0
	% деструкции	19,1	49,86	53,4
Газовый конденсат	до опыта	1000,0	1000,0	1000,0
	после опыта	858,2	464,0	338,2
	% деструкции	14,2	53,6	66,18

Культуральные признаки

На питательном агаре на основе гидролизата рыбной муки промышленного производства формирует пастообразные блестящие колонии кремовато-розового цвета, диаметром 1–5 мм. Консистенция мягкая, легко снимаются с поверхности агара, легко размазываются.

На среде Сабуро промышленного производства формирует сметанообразные колонии кремовато-розового цвета, диаметром 1–5 мм. Консистенция мягкая, легко снимаются с поверхности среды, легко размазываются.

В мясоептонном бульоне промышленного производства вызывает диффузное помутнение.

На минеральной среде Мюнца с нефтью [9, С. 1024–1030] растет в виде пастообразных матовых мутных колоний диаметром 1 мм.

Физиолого-биохимические признаки

Штамм растёт при температуре +4+30±1 °С, в аэробных условиях и слабо в анаэробных условиях. Оптимум роста +4+20±1 °С.

Оксидазаотрицательный, не декарбоксилирует лизин, декарбоксирует орнитин, не способен расщеплять фенилаланин. Индолотрицателен. Сероводород не продуцирует. Не активен в отношении инозита. Уреаза отрицателен. Тест с β-галактозидазой — отрицателен. Не ферментирует лактозу, глюкозу, цитрат натрия, малонат натрия (таблица 1).

Штамм устойчив к амоксиклаву, ампициллину, каотиму, амоксициллину, пefлоксацину, амосину. Слабоустойчив к левомецетину. Чувствителен к бензилпенициллину, мозивару, оксациллину, цефатоксиму, цефтриаксону, полимиксину, фуразолидону, метранидазолу.

Использует в качестве источника энергии УВ нефти и НП.

Нефтеокисляющие свойства штамма *Rhodococcus* sp. изучены в условиях лабораторного опыта.

Для этого, клетки штамма *Rhodococcus* sp. со скошенного МПА смывали 0,9% раствором NaCl, готовили исходную микробную суспензию бактериального изолята, объемом 25 см³, с концентрацией 1 × 10⁹ микробных клеток/см³ по оптическому стандарту ГИСК им. А. М. Тарасевича.

Биодеградацию нефти и НП определяли спектрометрическим методом, с использованием концентратометра «ИКН-025».

Данные эксперимента показывают, что в среде Мюнца предлагаемый штамм *Rhodococcus* sp. на 7-е сутки при температуре +4 °С утилизирует 14,0–19,8% — нефти и нефтепродуктов; при температуре +20 °С — 49,77–59,1%; при температуре +30 °С — 43,2–66,18%, в зависимости от типа ксенобиотика (таблица 2).

Таким образом, преимуществом штамма *Rhodococcus* sp. является то, что он обладает высокой утилизирующей способностью по отношению, как к нефти, так и к НП, в широком диапазоне температур от +4 до +30 °С, который может быть использован для очистки объектов окружающей среды от загрязнений нефтью и НП (дизельное топливо, масло моторное, масло гидравлическое, газовый конденсат).

ЛИТЕРАТУРА

1. Оборин А. А., Калачникова И. Г., Масливец Т. А., Базенкова Е. И., Плещева О. В., Оглоблина А. И. // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. — М.: Наука, 1988. С. 140–159.
2. Бабаев Э. Р., Мовсумзаде М. Э. Преобразование нефти в процессе её микробиологической деградации в почве // Башкирский химический журнал, 2009. — Т. 16. — № 3. — С. 80–87 Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. — М.: Изд-во РУДН, 2004. — 163 с.
3. Киреева Н. А., Водопьянов В. В., Григориади А. С., Новоселова Е. И., Багаутдинова Г. Г., Гареева А. Р., Лобастова Е. Ю. Эффективность применения биопрепаратов для восстановления плодородия техногенно-загрязнённых почв // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2010. — Т. 12. — № 1(4). — С. 1023–1026.
4. Матенкова Е. А., Наплекова Н. Н. Состав микробных ассоциаций дерново-подзолистых почв с нефтяным загрязнением // Достижения науки и техники АПК, 2009. — № 4. — С. 20–21.
5. Середина В. П., Андреева Т. А., Алексеева Т. П., Бурмистрова Т. И., Терещенко Н. Н. Нефтезагрязнённые почвы: свойства и рекультивация. — Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — С. 167–183.
6. Нечаева И. А., Гафаров А. Б., Филонов А. Е., Пунтус И. Ф., Боронин А. М. Составление и отбор ассоциаций микроорганизмов, способных к деградации углеводородов нефти при пониженной температуре. Известия Тульского государственного университета. Серия Химия. 2006. Выпуск 6. — С. 179–188.
7. Филонов А. Е., Нечаева И. А., Ветрова А. А., Овчинникова А. А., Власова Е. П., Петриков К. В., Гафаров А. Б., Пунтус И. Ф., Ахметов Л. И. Биоремедиация нефтезагрязнённых почв в условиях холодного климата: разработка биопрепаратов и их применение. III Международная конференция «Микробное разнообразие: состояние, стратегия сохранения, биотехнологический потенциал». 28 сентября — 5 октября 2008 г., Пермь — Н. Новгород — Пермь. — 2008. — С. 105–106.
8. Ерофеевская Л. А., Новгородов П. Г. К вопросу о выборе психрофильной микрофлоры для биологической рекультивации почв, загрязнённых нефтью в условиях Якутии // Биотехнология: состояние и перспективы развития: Материалы V международного конгресса, часть 2 (Москва, 16–20 марта, 2009 г.). М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Менделеева, 2009. — С. 192.
9. Керстен Д. К. Морфологические и культуральные свойства индикаторных микроорганизмов нефтегазовой съёмки — Микробиология, 1963, № 5 — С. 1024–1030.
10. Чалая О. Н., Зуева И. Н., Лифшиц С. Х., Трущелева Г. С., Иванова И. К. Состав и свойства нефти Талаканского месторождения // Малотоннажная переработка нефти и газа в Республике Саха (Якутия): Материалы конференции (26–27 июля 2001 г., г. Якутск). — Якутск, Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2001. — С. 165–170.
11. Определитель бактерий Берджи / под Ред. Д. Хоулта, Н. Крига, П. Снута и др. М.: Мир, 1997, т. 1–2. — 800 с.
12. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Book Review Int. J. of Syst. Bact.; July 1985, p. 408.
13. Lane, D. J. 16/23S sequencing // Nucleic Acid Techniques in Bacterial Systematics /Eds. Stackebrandt E., Goodfellow M. Chichester: Wiley. 1991. — P. 115–175.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИКЛОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЬНОМ-ДОЛГУНЦОМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

FORMATION CYCLES OF CHEMICAL ELEMENTS OF FIBER FLAX AT DIFFERENT LEVELS OF NITROGEN NUTRITION

**V. Zubkova
N. Belozubova
A. Malashenkov
E. Khanipova**

Summary. this article discusses the formation of cycles of specific chemical elements, depending on the levels of nitrogen nutrition on the basis of experiments conducted on farmland Russian State Agrarian Correspondence University (RSACU). It is known that when an unjustified increase in the content of his soil possibility of significant adverse impacts on the biosphere — soil, water, air, plants, and through them — in animals and humans. A special role is to optimize the power plant gets nitrogen in conditions of anthropogenic impact on the soil, when violated the required level of the exchange of matter and energy, and then it may have to go about this strain of human exchange.

The results of research presented in the article show that depending on the level of nitrogen supply was varied in the soil nitrogen and mineral micronutrients potentially available forms. Moreover, different levels of nitrogen had no significant effect on the toxic condition of the soil. Involvement of trace elements in the biological cycle was determined, first of all, of their biological importance for plants. In connection with what is potentially available forms of cadmium, lead, copper, nickel, zinc, manganese up a significant percentage of gross in these soils, and also because together they represent a group of elements — contaminants with substantially different from each other properties and behavior in the soil, to identify potential competitive relationship between them was tracked mobilization effect of nitrogen fertilizers on the content of available forms.

Keywords: nitrogen fertilizers, heavy metals, mineral forms of nitrogen, pollutants, biogenic cycles of chemical elements.

Зубкова Валентина Михайловна

Д.б.н., профессор, РГСУ, г. Москва
vzubkova@rambler.ru

Белозубова Наталья Юрьевна

К.б.н., доцент, РГСУ, г. Москва

Малашенков Артур Альбертович

Аспирант, РГСУ, г. Москва

Ханипова Элина Ринатовна

Аспирант, РГСУ, г. Москва

Аннотация. в данной статье рассматривается формирование круговоротов конкретных химических элементов в зависимости от уровней азотного питания на основе опытов, проведённых на сельскохозяйственных угодиях Российского государственного аграрного заочного университета (РГАЗУ). Известно, что при необоснованном увеличении содержания азота в почве возможны существенные негативные воздействия на биосферу — почву, воду, атмосферу, растения, а через них — на животных и на человека. Особую роль оптимизация питания растений азотом приобретает в условиях техногенной нагрузки на почву, когда нарушается необходимый уровень обмена вещества и энергии, и тогда речь уже может идти об антропогенной деформации этого обмена.

Результаты исследований, приведенные в статье, показывают, что в зависимости от уровня азотного питания изменялось содержание в почве минерального азота и потенциально доступных форм микроэлементов. При этом различные уровни азота не оказали существенного влияния на токсическое состояние почвы. Вовлечение микроэлементов в биологический круговорот определялось, в первую очередь, их биологической значимостью для растений. В связи с тем, что потенциально доступные формы кадмия, свинца, меди, никеля, цинка, марганца составляют существенную долю от валовых в исследуемых почвах, а также потому, что в совокупности они представляют группу элементов — загрязнителей, с существенно отличающимися друг от друга свойствами и поведением в почве, для выявления возможных конкурентных взаимоотношений между ними, было отслежено мобилизационное действие азотных удобрений на содержание их доступных форм.

Ключевые слова: азотные удобрения, тяжелые металлы, минеральные формы азота, элементы-загрязнители, биогенные циклы химических элементов.

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивность земледелия и животноводства, в первую очередь, определяется уровнем обеспеченности почв сельскохозяйственных угодий азотом.

Азотные удобрения не только повышают продуктивность сельскохозяйственных растений, восполняя запасы азота для питания растений и поддерживая

почвенное плодородие, но и выполняют определенные экологические функции в агроэкосистемах, в том числе регулируют круговорот биогенных элементов в агроценозах. Так же они оптимизируют параметры показателей плодородия и основных химических и физико-химических свойств почв и улучшают химический состав и питательную ценность продукции растениеводства (Спицына, Томаровский, Оствальд, 2014). Однако, при необоснованном увеличении содержания

азота в почве возможны существенные негативные воздействия на абиотические и биотические компоненты биосферы.

Основными видами неблагоприятного влияния азотных удобрений могут быть загрязнение поверхностных и грунтовых вод соединениями азота, Попадание азота из удобрений и почвы в грунтовые и поверхностные воды может приводить к эвтрофикации природных водоемов и загрязнению источников питьевого водоснабжения населения, нарушению круговорота и баланса питательных элементов; ухудшению химических и физических свойств почвы; снижению продуктивности сельскохозяйственных растений и качества получаемой продукции; ухудшению фитосанитарного состояния посевов, развитию болезней растений (Мотузова, Карпова, 2013).

Нитраты являются предшественниками нитрозаминов — сильнейших канцерогенов, образующихся в природной среде, продуктах питания и в организме человека и животных. Доказан эндогенный синтез нитрозаминов у животных и человека, в частности в кислой среде желудочного сока из нитратов и вторичных аминов или амидов.

Однако необходимо отметить, что в развитых странах Западной Европы проблема возможного загрязнения нитратами растениеводческой продукции и природных вод возникла лишь в последнее время — через 100–150 лет систематического применения удобрений в высоких дозах. Лишь переизбыток производства сельскохозяйственной продукции и развитие движения «зеленых» вынудили эти страны несколько сократить уровень применения удобрений и перейти на «экологически безопасные» биологические системы земледелия, которые затронули всего 1% сельскохозяйственных угодий. При отказе от применения минеральных удобрений и пестицидов продуктивность сельскохозяйственного производства значительно снижается.

Помимо основных компонентов удобрения (элементов питания) в их составе могут присутствовать примеси тяжелых металлов и металлоидов. Уровень их содержания зависит от качества исходного сырья и технологии его переработки (Алексеев, 1987).

Длительное внесение минеральных удобрений может приводить к накоплению некоторых тяжелых металлов и металлоидов в почвах агроэкосистем и сельскохозяйственной продукции, но азотные удобрения, с точки зрения содержания токсикантов, в том числе, тяжелых металлов наиболее безопасные удобрения (Зубков, Зубкова, 2010). Производство их базируется на синтетиче-

ском аммиаке, поэтому они практически не содержат примесей.

Важно отметить, что в условиях техногенной нагрузки на почву происходит нарушение энергетического обмена и круговоротов веществ, именно в этих условиях оптимизация процесса питания растений азотом приобретает особую роль (Безель, Жуйкова, 2010). В почвах с высоким региональным фоном тяжелых металлов применение минеральных удобрений может приводить к накоплению металлов в сельскохозяйственных растениях выше ПДК.

Известно, что у растений способность к поглощению, накоплению и использованию химических элементов генетически детерминирована. Поэтому скорость поступления питательных элементов и их соотношение имеют видовую и сортовую специфику. Но в пределах одной генотипической формы характер их поглощения под воздействием внешних условий может заметно меняться (Ильин, 1985). Решающую роль при этом играет концентрация элементов в субстрате и связанное с ней соотношение химических элементов в окружающей среде (Барсукова, Гамзикова, 1999). Последнее условие в значительной степени определяет сложный и малоизученный вопрос об антагонизме и синергизме ионов при поступлении их в растение.

Антагонизм возникает, когда совместное физиологическое действие одного или более элементов менее суммы действия элементов, взятых по отдельности, а синергизм — когда совместное действие больше. Такие взаимодействия можно связать со способностью одного элемента ингибировать или стимулировать поглощение других элементов растениями (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Все эти реакции весьма переменчивы. Они могут происходить внутри клеток, на поверхности мембран, а также в среде, окружающей корни растений. Процессы взаимодействия контролируются многими факторами, и их механизмы еще плохо изучены (Ullah, 2015).

Внесение физиологически кислых азотных удобрений может оказать большое влияние на доступность почвенных соединений токсикантов, в том числе, тяжелых металлов (ТМ) — важнейший показатель, характеризующий санитарно-гигиеническую обстановку и определяющий необходимость проведения мелиоративных детоксикационных мероприятий.

В связи с этим, при изучении действия азота на самые разнообразные функции растительного организма, контроль накопления и локализации химических элементов

необходим для объяснения изменений в жизнедеятельности растительного организма.

Интенсивность формируемого растительностью биогенного обмена определяется видом химических элементов, содержанием в почве их доступных форм, видовыми особенностями растений в накоплении элементов и их продуктивностью (Минеев, Доспехов, Безель, Жуйкова, Мотузова и др., 2015)

При критическом уровне содержания тяжелых металлов в почве и невозможности получения сельскохозяйственной продукции с допустимым количеством тяжелых металлов в продуктивных органах необходимо использовать такие почвы для выращивания культур, продукция которых может быть использована в качестве сырья для промышленности, в том числе льна-долгунца (Зубков, Зубкова, 2015)

Цель работы заключалась в изучении влияния различных уровней азотного питания на формировании циклов Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Mn при выращивании льна-долгунца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2015 году на землях бывшей фермы РГАЗУ с растениями льна-долгунца, сорт Антей (*Linum usitatissimum L.*). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, характеризующаяся низким содержанием гумуса, слабокислой реакцией среды, высоким содержанием фосфора и повышенным — калия.

Схема опыта, представленная в последующих таблицах, включала фоновый вариант с внесением двойного суперфосфата и хлористого калия из расчета 9г P₂O₅ и K₂O на 1 м². На фосфорно-калийном фоне изучено две дозы азота (3 и 6 г на 1 м²). Повторность опытов 6-и кратная. Расположение делянок осуществлялось методом рендомизированных повторений.

Определение нитратного азота проводили по ГОСТ 26951–86 (ионометрически); обменного аммония — по ГОСТ 26489 (фотокалориметрически) через 15, 30, 45, 60 и 90 дней после закладки опыта; тяжелые металлы определены атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре С 115–1М- по методике ЦИНАО (А.В. Кузнецов и др., 1992). Отобранные по основным фазам роста и развития растительные образцы анализировали по методике Скурихина, 1992 г.

Для определения содержания кадмия и других тяжелых металлов в течение вегетационного периода от-

бирали образцы растений льна в фазы «елочка», начало цветения, ранняя желтая спелость.

Для характеристики воздействия на растения уровней азотного питания использовали интегральный показатель нагрузки (загрязнения) (К):

$$K = 1/n \sum Ci / C_{фон}, \text{отн.ед.},$$

где C_i и $C_{фон}$ — концентрации минеральных форм азота — N (NH₄⁺ + NO₃⁻) и потенциально доступных форм Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Mn в почве различных вариантов опыта; n — количество включенных в анализ химических элементов.

Участие растительности в формировании биогенного обмена химических элементов определяли через их вынос фитомассой:

$$P = \sum Ci \times Mi, \text{ г/га, где}$$

C_i — концентрация i — го вида элемента, мг/кг; M_i — его фитомасса по надземным и подземным органам (корни), г/м² (Безель, Жуйкова, Доспехов, 1989)

Статистическую обработку данных осуществляли по Доспехову Б.А. (1989).

Погодные условия в год проведения исследования в целом были благоприятными для возделывания льна-долгунца. Средняя за сезон температура воздуха превысила норму на 1 градус, количество выпавших осадков практически не отличалось от многолетних значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показали результаты наших исследований, внесение азота изменяло содержание в почве, как его минеральных форм, так и потенциально доступных форм тяжелых металлов (табл. 1).

Содержание минеральных форм азота в почве увеличивалось с ростом доз удобрения и в разные сроки определения в 1,1–2,4 раза превышало содержание на фоновом варианте. В конце вегетации различий в содержании доступных для растений форм азота не выявлено.

Мобильная форма — источник химических элементов для метаболических реакций. В среде с высокой концентрацией любого химического элемента его избыточное поступление в растения неизбежно.

По результатам наших исследований изучаемые элементы можно разделить на 3 группы. К первой

Таблица 1. Среднее содержание минеральных форм азота и потенциально доступных форм тяжелых металлов при различных уровнях азотного питания, мг/ кг почвы

Варианты опыта/элемент	Сроки взятия образцов после внесения азота, дней				
	15	30	45	60	90
1. P120K120(ПК)					
N	9,7±0,6	17,1±1,1	22,2±1,4	17,1±1,1	6,2±0,4
Cd	0,25±0,01	0,27±0,01	0,23±0,01	0,24±0,01	0,22±0,01
Pb	2,5±0,16	7,1±0,46	10,8±0,70	10,6±0,69	8,0±0,52
Zn	6,8±0,44	10,8±0,70	10,5±0,68	10,6±0,69	8,4±54,6
Cu	3,11±0,20	4,32±0,28	4,30±0,28	3,70±0,24	3,20±0,20
Ni	2,93±0,19	2,62±0,17	2,33±0,15	2,44±0,16	1,82±0,11
Mn	192±12,5	151±9,8	150±9,7	146±9,6	141±9,5
2. PK + N30					
N	13,8±0,9	20,9±1,3	34,3±2,2	22,1±1,4	5,2±0,3
Cd	0,39±0,02	0,31±0,01	0,26±0,01	0,25±0,01	0,23±0,01
Pb	1,9±0,12	6,4±0,4	7,3±0,5	6,1±0,3	6,0±0,3
Zn	6,7±0,43	11,4±0,77	10,3±0,76	10,4±0,76	8,1±0,50
Cu	4,27±0,27	4,57±0,29	4,18±0,27	3,17±0,20	3,20±0,21
Ni	2,72±0,18	2,89±0,19	2,36±0,17	2,40±0,17	2,05±0,13
Mn	192±12,4	151±9,7	149±9,6	153±9,9	143±9,4
3. PK + N60					
N	23,2±0,15	40,1±2,6	41,5±2,7	18,5±0,12	6,2±0,4
Cd	0,50±0,03	0,39±0,02	0,28±0,01	0,25±0,01	0,22±0,01
Pb	0,6±0,03	6,2±0,40	7,3±0,50	4,5±0,29	5,3±0,34
Zn	5,9±0,41	10,9±0,69	10,2±0,66	10,9±0,68	8,3±0,54
Cu	3,30±0,22	4,48±0,29	4,07±0,25	2,69±0,17	3,10±0,20
Ni	2,50±0,16	2,98±0,18	2,09±0,13	2,48±0,16	1,82±0,11
Mn	151±9,8	151±9,7	148±9,6	148±9,5	143±9,3

группе, характеризующейся увеличением количества потенциально доступных форм под действием азота, особенно в первоначальный период вегетации, можно отнести кадмий, содержание которого возрастало в начале исследований в 1,6–1,8; через 30 дней — в 1,1–1,4; 60 дней — 1,2–1,4 раза. Ко второй группе — элементы, существенно не изменя-

ющие своей подвижности, — медь, никель, а также цинк и марганец. Необходимо обратить внимание на более низкое содержание цинка в первые 15 дней исследований. Особенно усугубляла цинковую недостаточность доза азота 60 кг/га, возможно, вследствие иммобилизации цинка в виде цинк-аммоний-фосфата. В дальнейшем, в течение вегетации

Таблица 2. Содержание микроэлементов в растениях льна-долгунца при различных уровнях азотного питания, мг/кг а.с.м.

Варианты опыта	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn
1. P120K120(ПК)						
коробочки	0,28	1,65	59,4	10,67	1,45	38,5
соломка	0,53	2,64	14,3	3,19	1,33	22,0
корни	0,39	1,32	10,48	1,83	0,97	23,5
2. PK + N30						
коробочки	0,33	1,87	58,3	11,44	1,57	36,3
соломка	0,52	1,98	15,4	3,09	1,45	28,6
корни	0,63	1,76	15,4	2,97	1,33	39,6
3. PK + N60						
коробочки	0,35	1,87	60,5	11,66	1,33	39,6
соломка	0,51	1,87	17,6	3,19	1,45	25,3
корни	0,66	1,98	15,4	3,52	1,33	37,4

Таблица 3. Продуктивность растений льна-долгунца при внесении азотных удобрений* (г/м²)

Варианты опыта	Корни	Соломка	Коробочки
1. P120K120(ПК)	$\frac{116}{14}$	$\frac{479}{57}$	$\frac{239}{29}$
2. PK + N30	$\frac{163}{16}$	$\frac{582}{58}$	$\frac{260}{26}$
3. PK + N60	$\frac{162}{15}$	$\frac{597}{56}$	$\frac{316}{29}$
НСР 05	11,8	36,1	24,5

*В числителе — г/м², в знаменателе —% от общей биомассы.

происходило восстановление содержания подвижных форм цинка, что может быть связано с термодинамической неустойчивостью его соединений в аэробных условиях. Практически неизменным на протяжении всего периода исследований оставалось содержание в почве марганца. Также как и по цинку, при большей дозе азота в первый период определения содержание потенциально доступных форм элемента существенно уменьшалось. К третьей группе элементов можно отнести свинец, количество подвижных форм которого под действием азота в отдельных вариантах опыта понижалось на 10–76%.

Расчет интегрального показателя нагрузки свидетельствует о том, что различные уровни азота не оказали существенного влияния на токсическое состояние почвы. Даже в первоначальный период исследования (15

дней после внесения азота) коэффициент загрязнения составил 1,15–1,17 относительных единицы.

Для понимания физиологической роли ТМ и обоснования необходимости практического применения удобрений на почвах, находящихся в зоне техногенной нагрузки, важное значение имеет изучение распределения ТМ по отдельным органам.

Внесение азота оказало влияние на барьерные функции отдельных органов льна-долгунца и формирование биогенных циклов химических элементов (табл. 2).

Под действием азота к периоду уборки льна увеличилось содержание кадмия (на 61–69 — в корнях и 18–25% — в коробочках), свинца (в коробочках — на 13%), меди (на 62–92% — в корнях, на 7–9% — в коробочках), цинка (на 8–15% — в соломке).

Таблица 4. Вынос микроэлементов растениями льна-долгунца при различных уровнях азотного питания, г/га

Варианты опыта	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn
1. P120K120(PK)						
надземная масса	3,19	16,59	210,47	40,78	9,84	197,4
корни	0,5	1,53	12,16	2,12	1,13	27,26
2. PK + N30						
надземная масса	3,93	16,38	241,21	47,72	12,51	260,83
корни	1,03	2,87	25,10	4,84	2,17	64,55
3. PK + N60						
надземная масса	4,15	17,07	296,25	71,69	12,86	276,18
корни	1,07	3,21	24,95	5,70	2,15	60,59

Таблица 5. Соотношение микроэлементов в общем выносе их растениями льна-долгунца

Варианты опыта	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn
1. P120K120(PK)						
надземная масса	0,67	3,47	43,99	8,53	2,06	41,28
корни	1,12	3,42	27,21	4,74	2,53	60,98
2. PK + N30						
надземная масса	0,67	2,81	41,40	8,19	2,15	44,76
корни	1,02	2,85	24,96	4,81	2,16	64,20
3. PK + N60						
надземная масса	0,61	2,52	43,68	10,57	1,90	40,70
корни	1,10	3,29	25,54	5,84	2,20	62,03

Азотные удобрения не оказали существенного влияния на содержание в растениях никеля, цинка и марганца.

В условиях изменения уровня азотного питания в формировании биогенных циклов существенную роль играла биологическая значимость элементов. При относительно низком содержании таких элементов как кадмий, свинец, никель, отмечено, как правило, либо более низкое их содержание в коробочках, либо равномерное распределение по органам растений. Для меди, марганца, цинка, напротив, характерно существенное концентрирование в коробочках. Так, содержание цинка, меди и марганца в коробочках превосходило их содержание в соломке в 3,8–4,2; 3,3–3,9 и 1,3–1,8 раза соответственно. В корнях цинка содержалось меньше в 3,8–3,9 раза, меди — в 3,3–3,9 раза; содержание марганца в корнях находилось на уровне его содержания в коробочках.

Возрастающие дозы азота увеличивали биологическую продуктивность растений в 1,2–1,3 раза. При этом достоверно возростала масса репродуктивных

органов (табл. 3). Общее количество элементов, вовлекаемых в круговорот растениями льна, представлено в таблице 4.

Внесение азота в дозе 30 кг/га приводило к усилению отчуждения из почвы кадмия, свинца, цинка, меди, марганца надземной массой льна-долгунца. Увеличение дозы азота до 60 кг/га увеличивало отчуждение меди, вынос других микроэлементов надземной частью урожая практически не изменялся за исключением цинка, накопление которого находилось на уровне фонового варианта.

Вынос микроэлементов корнями также увеличивался при меньшей дозе азота. Необходимо отметить, что доля корней в биологическом выносе достигала по кадмию и марганцу 27%, свинцу, меди, никелю 23% и цинку — 15%, при этом азот не оказал существенного влияния на доленое участие корней в общем выносе микроэлементов.

Влияние азотных удобрений на соотношение микроэлементов в общем выносе надземной массой и корнями

определялось обеими возможными причинами — как собственно фитохимической (соотношение микроэлементов в одноименных органах), так и морфологической (доля этих органов в общей биомассе растения).

Увеличение уровня азотного питания способствовало повышению доли кадмия, свинца и никеля в общем выносе их корнями (табл. 5).

Таким образом, азотные удобрения интенсифицировали циклы микроэлементов как за счет влияния на содержание потенциально доступных их форм в почве, так и благодаря усилению роста и развития растений.

ВЫВОДЫ

Поглощенные микроэлементы распределялись в организме растений неравномерно, что обусловлено физиологической ролью каждого из них, спецификой биохимических процессов в различных частях

растения, концентрацией ионов в почвенном растворе. При продвижении ионов из корня в надземные органы независимо от уровня азотного питания действовали механизмы избирательного поглощения, приоритет при переходе принадлежал физиологически важным химическим элементам (цинку, меди, марганцу). К центрам метаболической деятельности пропускались, прежде всего, эти жизненно необходимые ионы. При этом генотипические пропорции химических элементов независимо от уровня азотного питания поддерживались как в надземной части, так и в корнях льна-долгунца.

С практической точки зрения представленные результаты, указывающие на отсутствие различий в эффективности действия удобрений при допустимом содержании тяжелых металлов в почве, позволяют рекомендовать традиционные подходы к определению доз азотных удобрений в условиях техногенной нагрузки на почву.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев — Ленинград: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1987. — 142 с.
2. Барсукова В. С., Гамзикова О. И. Влияние избытка никеля на элементный состав контрастных по устойчивости к нему сортов пшеницы // *Агрехимия*. 1999. № 1. С. 80–85.
3. Безель В. С., Жуйкова Т. В. Роль травянистых растительных сообществ в формировании биогенных циклов химических элементов // *Поволжский экологический журнал*, 2010. № 3. С. 219–229.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Зубков Н. В., Зубкова В. М. Азотные удобрения и динамика кадмия в системе «почва-растение» // *Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Естественные науки»*, 2012. № 1 (9). С. 52–61.
6. Зубков Н. В., Зубкова В. М. Накопление сухой массы и распределение в растениях тяжелых металлов при различной концентрации их в почве // *Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Естественные науки»*, 2010. № 2 (6). С. 43–56.
7. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. — Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: МИР. 1989. 439 с.
9. Линдиман, А. В. Фиторемедиация почв, содержащих тяжелые металлы / Линдиман А. В., Шведова Л. В., Н. В. Тукумова, А. В. Невский // *Экология и промышленность России* — 2008. — № 9 — С. 45–47.
10. Мартынячев, А. В. Применение фиторемедиации почв для очистки земель сельскохозяйственного назначения / А. В. Мартынячев // *Вестник НГИЭИ* — 2012. — № 10 — С. 56–63.
11. Минеев В. Г. Химизация земледелия и природная среда. М.: Агропромиздат, 1990. 287 с.
12. Мотузова Г. В., Карпова Е. А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. — М.: Издательство Московского университета, 2013. — 304 с.
13. Серегин, И. В. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция / И. В. Серегин, А. Д. Кожевникова // *Физиология растений* — 2008. — № 1 — С. 3–26.
14. Спицына С. Ф., Томаровский А. А., Оствальд Г. В. Физиологические барьеры при поглощении меди, цинка и марганца растениями из почвы в условиях равнинной части Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2014. № 7 (117). С. 56–59.
15. Singh, R. Heavy metals and living systems: An overview. / R. Singh, N. Gautam, A. Mishra, R. Gupta // *Indian J. Pharmacol.* — 2011. — V. 43 — № 3 — P. 246–253.
16. Ullah, A. Phytoremediation of heavy metals assisted by plant growth promoting (PGP) bacteria: a review / A. Ullah, S. Heng, M. F. H. Munis, S. Fhad, X. Yang // *Environ. Exp. Bot.* — 2015. — V. 117 — P. 28–40.
17. Yadav, S. K. Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants / S. K. Yadav // *South African J. Bot.* — 2010. — V. 76 — № 2 — P. 167–179.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО АВТОКОЛЛИМАТОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЯ РАБОЧЕГО ПУЧКА

RESEARCH OPTOELECTRONIC
AUTOCOLLIMATOR FOR MEASURING
THE ANGULAR DEFORMATION OF
LARGE STRUCTURES WITH LIMITED
WORKING BEAM

J. Li

A. Sakhariyanova

Summary. The construction features of autocollimation systems for measurement the large-sized and extended objects deformations at industry, power and scientific instrument making are considered. The conditions of increase of a distance of measurement are analyzed in comparison with the serial autocollimation devices. The error of measurement by the restriction of a working beam is investigated. The structure of algorithm for reduces the systematic error of the measurement which based on received analytical expression of function of an error is determined.

Keywords: autocollimator, vignetting, vignetting error, computer modelling, algorithm for reduce error.

Ли Женьпу

lirenpu@hotmail.com

Сахариянова Айганым Мараткызы

igalkon@hotmail.com

Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики (Университет ИТМО)

Аннотация. Рассматриваются особенности построения автоколлимационных систем измерения деформаций крупногабаритных и протяжённых объектов промышленности, энергетики и научного приборостроения. Анализируются условия увеличения дистанции измерения по сравнению с серийными автоколлиматорами. Исследуется погрешность измерения вследствие ограничения рабочего пучка. Излагается структура алгоритма компенсации систематической погрешности измерения, основанного на полученном аналитическом выражении функции погрешности.

Ключевые слова: автоколлиматор, ограничение пучка, компьютерное моделирование, алгоритм компенсации.

Введение

Метрологическое обеспечение монтажа и эксплуатации энергетических установок, крупногабаритных транспортных средств, установок для научных исследований требует точного контроля взаимного углового положения элементов их конструкции. Например, такие измерения обязательны при создании скоростных железнодорожных магистралей, радио- и телескопов, координатных стендов, ускорителей заряженных частиц [1,2,3,4].

Типичным примером является задача измерения угловых деформаций элементов опорно-поворотного устройства крупногабаритных (диаметр зеркала 70 метров) полноповоротных радиотелескопов как находящихся в эксплуатации (П-2500 Уссурийск, РТ-70 Евпатория), так и строящихся для работы в миллиметровом диапазоне длин волн (РТ-70 Суффа) [5,6]. Требуемые параметры углоизмерительной системы: рабочая дистанция до контролируемого элемента конструкции не менее 30 метров, диапазон измерения не менее ± 5 угл. мин., среднее квадратическое значение погрешности измерения не более 2 угл. сек.

Для указанных измерений эффективны оптико-электронные автоколлимационные углоизмерительные системы. Их преимуществом является отсутствие электрической связи с контролируемым объектом, на котором располагается малогабаритный отражатель в виде плоского зеркала [7].

Серийные оптико-электронные автоколлиматоры обеспечивают необходимую точность измерений, но имеют недостаточную во многих практических случаях рабочую дистанцию автоколлиматор-отражатель (до 10 метров) [8,9,10]. Одной из причин является нарастающая с увеличением дистанции погрешность вследствие ограничения (виньетирования) отражённого светового пучка.

Целью исследования является определение габаритных соотношений между оптическими элементами автоколлиматора и разработка алгоритма измерения, обеспечивающих уменьшение погрешности измерения вследствие ограничения рабочего пучка и, соответственно, увеличение рабочей дистанции.

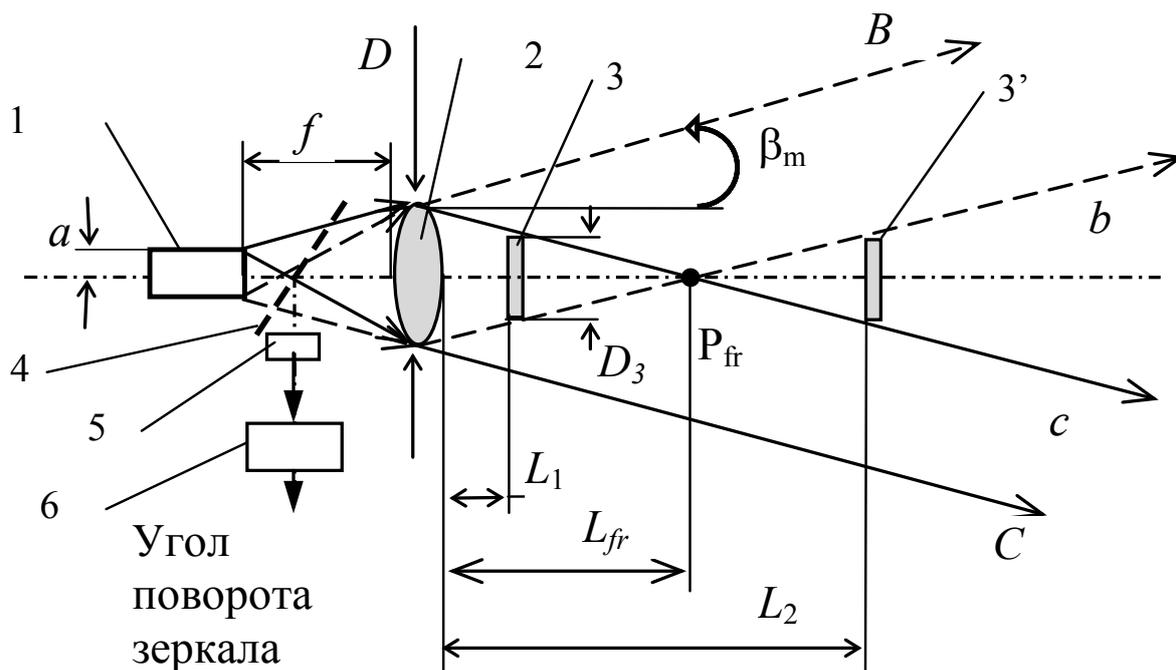


Рисунок 1. Структура автоколлимационной измерительной системы

Структура автоколлимационной оптико-электронной системы

Автоколлимационная измерительная система включает оптико-электронный автоколлиматор, расположенный на жёсткой базе и отражатель, закреплённый на контролируемом элементе. Оптико-электронный автоколлиматор состоит из излучающего коллиматора и приемного канала — рисунок 1.

Коллиматор включает излучающую марку 1, например, инфракрасный излучающий диод с диафрагмой, установленную в фокальной плоскости объектива 2. Коллиматор формирует параллельный пучок оптического излучения и направляет его на отражатель — плоское зеркало 3.

Пучки, отражённые от зеркала 3 (на рисунке не показаны) проходят объектив 2 как приёмный и формируют изображение излучающей марки в боковой фокальной плоскости образованной светоделителем 4. С фокальной плоскостью приёмного канала совмещена чувствительная площадка матричного фотоприёмника 5 — ПЗС или КМОП матрицы. Микропроцессор 6 обрабатывает видеокadres с матричного фотоприёмника и вычисляет текущие координаты изображения марки.

При повороте плоского зеркала относительно оси, перпендикулярной оптической оси объектива 2 на угол Θ , отражённый пучок отклоняется от первоначального направления, что приводит к смещению

изображения марки на величину x , определяемую выражением:

$$x = f \cdot \operatorname{tg}(K \cdot \Theta), \quad (1)$$

где f — фокусное расстояние объектива 2 автоколлиматора, K — коэффициент, определяющий чувствительность отражателя к повороту. Для типовых автоколлиматоров $K = 2$. Подсистема обработки изображения (матричный фотоприёмник 5 и микропроцессор 6) измеряет величину смещения x и по выражению (1) вычисляет измеряемый угол.

Структура пучка коллиматора; проблема ограничения пучков оправами оптических элементов автоколлиматора

Коллиматор формирует пучок, содержащий множество элементарных параллельных пучков, каждый из которых содержит излучение одной точки излучающей марки 1. При этом угол β между осью элементарного пучка и оптической осью объектива определяется отношением расстояния излучающей точки от оптической оси к фокусному расстоянию f

Оси элементарных пучков от крайних точек марки составляют наибольший для данного коллиматора угол β_m с оптической осью объектива (рисунок 1) [7]:

$$\beta_m = \operatorname{arctg}(a/f), \quad (2)$$

где a — радиус диаметр излучающей марки. На рисунке лучи от верхней точки сечения марки изображены сплошными линиями, от нижней — штриховыми линиями.

Полный пучок коллиматора представляет собой конус с углом β_m , с внутренней областью, ограниченной конической поверхностью, образующей которой является любой луч, идущий из края выходного зрачка с диаметром D_2 под углом β_m к оптической оси объектива и пересекающий её в точке Pfr (лучи c или b на рисунке 1). Дистанция Lfr от центра апертуры объектива до точки Pfr есть дистанция формирования пучка. Величина Lfr рассчитывается из соотношения [7]:

$$Lfr = D2 / (2 \cdot \operatorname{tg}(\beta_m)) \quad (3)$$

При повороте плоского зеркала 3 на угол Θ в общем случае его расположения относительно пучка коллиматора происходит срезание (виньетирование) оправой приёмного объектива 2 элементарных отражённых пучков, сформированных точками некоторой части излучающей поверхности марки 1 [7,11]. В результате распределение облучённости в изображении марки на фотоприёмной матрице становится несимметричным и энергетический центр изображения смещается относительно исходного геометрического. Поскольку подсистема обработки изображения определяет положение именно энергетического центра изображения, а измеряемый угол поворота отражателя пропорционален смещению геометрического центра, такое ограничение рабочего пучка приведёт к относительной погрешности измерения, достигающей десятков процентов в зависимости от соотношения габаритов оптических элементов [11].

Габаритные соотношения между параметрами оптических элементов

В типовых автоколлимационных системах зеркальный отражатель расположен на дистанции, меньшей дистанции формирования пучка (рисунок 1, $L1 < Lfr$). При этом распределение облучённости в изображении марки практически не изменяется в случае малых поворотов зеркала и погрешность вследствие ограничения пучков незначительна, если изначально плоскость зеркала 3 не пересекает лучей c и b , образующих внутреннюю коническую поверхность пучка коллиматора (позиция 3 отражателя на рисунке 1). Рабочая дистанция автоколлиматора в этом случае может быть найдена по выражению (178) из литературы [7, стр. 130]:

$$L_1 = \frac{D_2 - D_3}{2 \cdot \operatorname{tg}(\beta_m)} = \frac{(D_2 - D_3) \cdot f}{2 \cdot a}, \quad (4)$$

где D_2 — диаметр объектива 2 коллиматора, D_3 — диаметр зеркального отражателя 3. Для типич-

ного автоколлиматора можно принять $D_2 = 50$ мм, $f = 500$ мм, $a = 0,25$ мм [12]. Размер зеркального отражателя D_3 , располагаемого на контролируемом объекте, для минимизации энергетических потерь принимают не более чем на 20...25% меньшим диаметра объектива D_2 . При $D_3 = 40$ мм в соответствии с выражением (4) рабочая дистанция автоколлиматора составит 10 м, что недостаточно для контроля деформаций протяжённых объектов, в частности, элементов опорно-поворотного устройства наземного радиотелескопа типа РТ-70.

Рабочая дистанция значительно увеличится, если зеркальный отражатель автоколлиматора расположить на расстоянии, большем дистанции формирования пучка ($L_2 > Lfr$, положение 3' отражателя на рисунке 1). При ранее принятых габаритах оптических компонентов рабочая дистанция составит достаточную для практических измерений величину:

$$L_2 = \frac{D_2 + D_3}{2 \cdot \operatorname{tg}(\beta_m)} = \frac{(D_2 + D_3) \cdot f}{2 \cdot a} = 90 \text{ м} \quad (5)$$

При условии $L_2 > Lfr$ элементарные пучки от различных точек излучающей марки неизбежно срезаются (например, пучки bB и Cc на рисунке 1) и, следовательно, при любых габаритных соотношениях присутствует погрешность измерения вследствие ограничения рабочего пучка. Однако эта погрешность является систематической и при наличии аналитического описания может быть скомпенсирована посредством коррекции результата измерения углов.

Исследование погрешности измерения вследствие ограничения рабочего пучка автоколлиматора

Используем эквивалентную схему хода лучей через компоненты автоколлиматора, при которой лучи после отражения следуют через изображение 2' приёмного объектива в зеркальном отражателе. При этом отражатель определяется эквивалентной диафрагмой 3, соответствующей его апертуре.

Примем диаметр зеркального отражателя равным диаметру объектива автоколлиматора.

Нормированное распределение облучённости в изображении описывается функцией вида [13] — рисунок 3а:

$$E(r) = \frac{2}{\pi} (\arccos(\gamma(r)) - \sqrt{1 - (\gamma(r))^2} \cdot \gamma(r)), \quad (6)$$

$$\gamma(r) = \frac{2 \cdot L}{D \cdot f} \cdot r,$$

где r — радиус, определяющий положение точки изображения марки. Облучённость в осевом сечении опре-

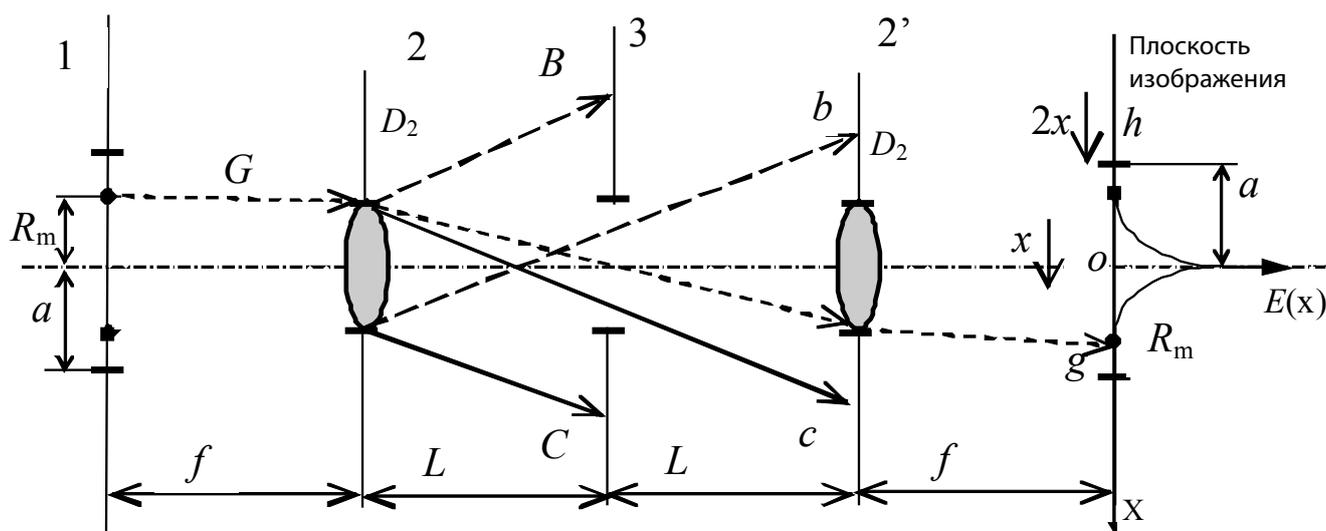
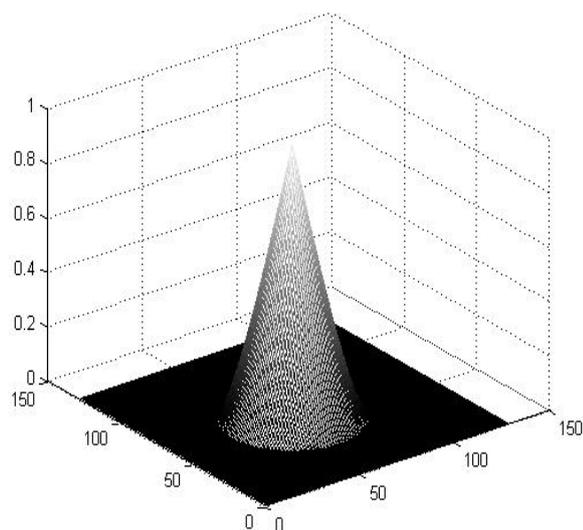
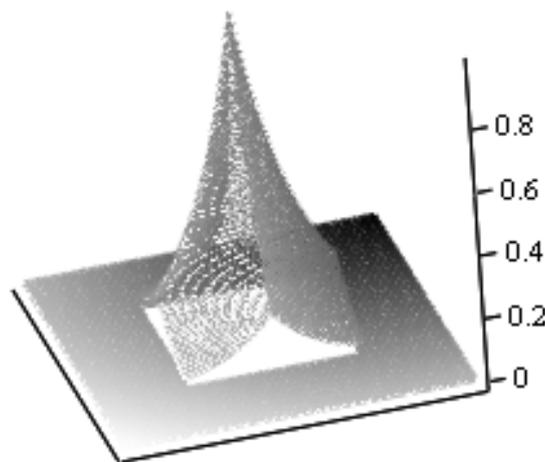


Рисунок 2. Ход лучей при расположении зеркального отражателя за точкой формирования



а)



б)

Рисунок 3. Распределение облучённости (нормированное) в изображении марки:
а) теоретическое; б) после аппроксимации

деляется функцией (6) при подстановке координаты точки по оси OX : $r = x$ (Рисунок 2).

Из-за ограничения рабочего пучка радиус формируемого изображения R_m всегда меньше радиуса a так называемой «сопряжённой окружности», на которой лежат точки, сопряжённые с крайевыми точками излучающей марки (точка h на рисунке 2, окружность 1 на рисунке 4). В соответствии с ходом луча G , определяющего крайнюю точку g изображения, можно получить:

$$R_m = \frac{D \cdot f}{2 \cdot L} \quad (7)$$

В случае поворота зеркального отражателя на малый угол (полагаем $\text{tg}(\Theta) \approx \Theta$ изображение излучающей марки смещается на величину x , определяемую выражением (1) при $K = 1$, при этом точки сопряжённой окружности смещаются на удвоенную величину $2x$ ($K = 2$, выражение (1)) [13].

При смещении центра сопряжённой окружности 2 относительно центра контура изображения 1 на величину

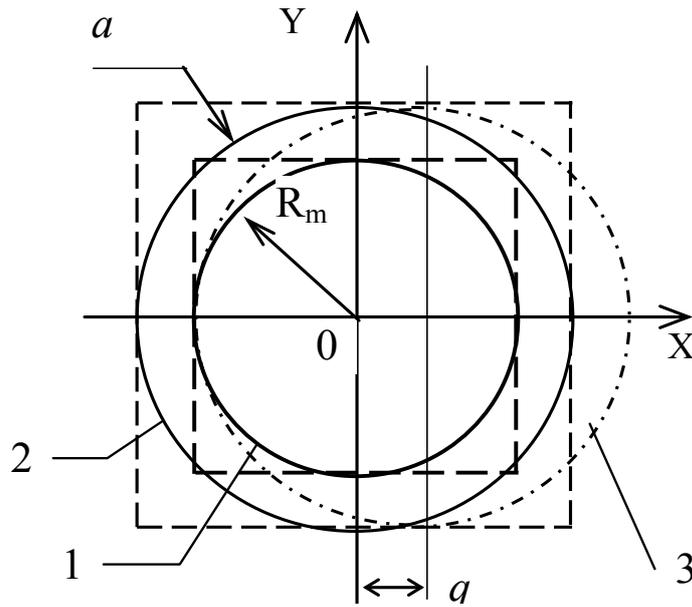
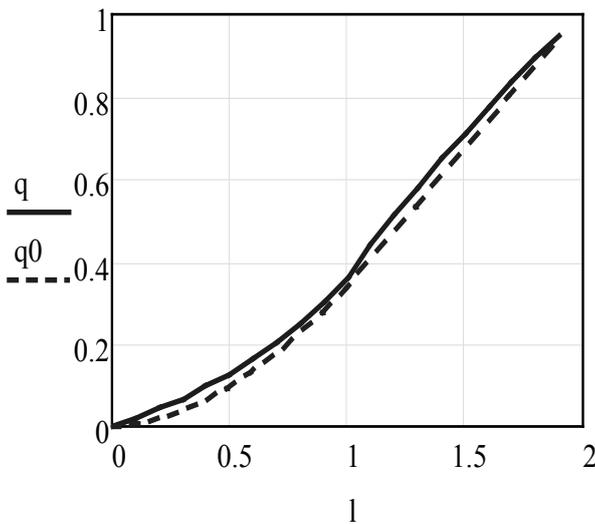
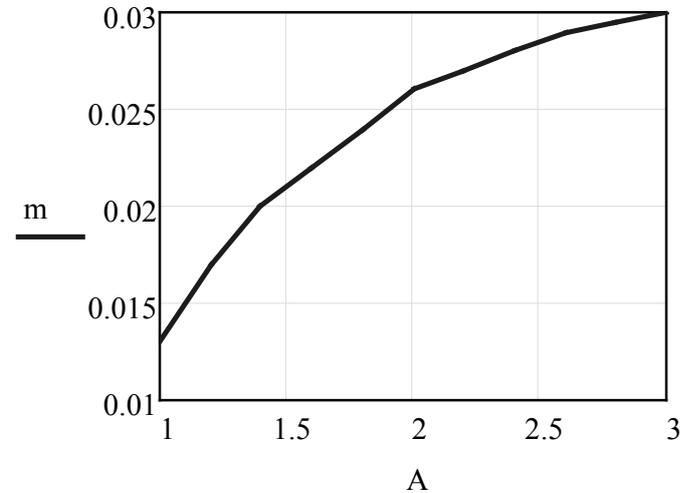


Рисунок 4. Контуры изображения марки для точной и аппроксимированной (штриховая линия) функции распределения облучённости: 1 — граница изображения марки, 2 и 3 положение — окружности сопряжённых точек марки при отсутствии и наличии поворота зеркала на угол Θ_0 соответственно



а)



б)

Рисунок 5.

- а) Зависимость $q(l)$ погрешности измерения положения изображения марки от величины его смещения;
- б) зависимость погрешности аппроксимации от соотношения радиусов марки и изображения

ну, большую $q = a - R_m$ (рисунок 4, положение 3) часть изображения срезается, исходное распределение облучённости изменяется, что приводит к погрешности измерения. Угол Θ_0 поворота зеркального отражателя, соответствующий смещению q определяется из выражений (1) и (7):

$$\Theta_0 = \frac{a}{f} - \frac{D}{2 \cdot L} \tag{8}$$

Погрешность Q измерения положения изображения марки по оси OX при $\Theta > \Theta_0$ равна смещению энерги-

ческого центра распределения облучённости, которое может быть определено по алгоритму «взвешенного суммирования» [14]:

$$Q(x) = \frac{\int_{-R_m}^{R_m} \left(\int_{F1(y)}^{F2(y)} x \cdot E(x, y) dx \right) dy}{\int_{-R_m}^{R_m} \left(\int_{F1(y)}^{F2(y)} E(x, y) dx \right) dy} \quad (9)$$

где $x = F1(y)$, $x = F2(y)$ — функции, определяющие пределы интегрирования функции $E(x, y)$ облучённости марки при её ограничении сопряжённой окружностью.

Выражение для функции погрешности $Q(x)$ не может быть получено в аналитической форме при подстановке в (9) выражения точной функции нормированной облучённости согласно (6).

Для аналитического описания возникающей погрешности измерения предлагается точную функцию облучённости $E(r)$ с радиальной симметрией аппроксимировать экспоненциальной функцией $E(x, y)$ с разделяющимися при интегрировании переменными:

$$E(x, y) = \exp\left(-\frac{x + y}{k \cdot R_m}\right), \quad (10)$$

где k — безразмерный коэффициент.

По методике, изложенной в литературе [15, выражения (П1.7), (П1.11)] найдено, что различие между функциями $E(r)$ и $E(x, y)$ будет наименьшим при $k = 0,61$. График функции $E(x, y)$, описывающей нормированную облучённость изображения приведён на рисунке 3б.

При переходе к разделяющимся переменным контуры как изображения марки, так и сопряжённой окружности трансформируются в квадратные — рисунок 4, штриховые линии.

Аналитическое выражение функции погрешности $Q(x)$ измерения положения изображения при подстановке аппроксимирующей функции в выражение (9) для $\Theta > \Theta_0$ принимает вид:

$$q(l) = \frac{\exp\left(\frac{l}{k}\right) \cdot (l - k - 1) + (k + 1)}{\exp\left(\frac{l}{k}\right) - 2 \cdot \exp\left(\frac{1}{k}\right) + 1} \quad (11)$$

при $l \leq 1$

$$q(l) = \frac{\exp\left(-\frac{l}{k}\right) \cdot \exp\left(\frac{2}{k}\right) \cdot (k + l - 1) - (k + 1)}{\exp\left(-\frac{l}{k}\right) \cdot \exp\left(\frac{2}{k}\right) - 1} \quad (12)$$

при $1 < l \leq 2$

где $q = Q/R_m$, $l = x/R_m$ величины погрешности и меще-ния изображения, нормированные на величину радиуса R_m изображения, x — смещение геометрического центра изображения в соответствии с выражением (1) при $K = 1$. График функции $q(l)$ изображён на рисунке 5а сплошной линией.

Для проверки достоверности полученных результатов с помощью численного моделирования в среде MathCad 15.0 найдены значения функции погрешности $q(l)$ при задании облучённости в изображении точной функцией вида (6). График функции $q(l)$ при $A = a/R_m = 2$ изображён на рисунке 5а штриховой линией.

Как следует из графика зависимости величины погрешности m аппроксимации (как средней величины разности $q(l) - q_0(l)$ этих функций) от соотношения A (рисунок 5 б), это отклонение не превышает 3%, что подтверждает правильность полученных соотношений (11) и (12).

Алгоритм компенсации систематической погрешности

На основе полученного аналитического описания погрешности измерения вследствие ограничения рабочего пучка автоколлиматора может быть построен алгоритм её компенсации, включающий следующие шаги.

1. По известным параметрам элементов оптической схемы автоколлиматора определяется радиус изображения R_m из выражения (7).

2. После поворота зеркального отражателя измеряется величина x смещения энергетического центра изображения. и

3. Вычисляется соотношение $l = x/R_m$ затем из выражений (11) или (12) определяется величина q относительной погрешности измерения l и находится абсолютная величина погрешности $Q = l R_m$.

4. После вычисления уточнённого значения смещения изображения $x' = x - Q$ по выражению (1) при $K = 1$ находится значение измеряемого угла Θ .

В результате использования предлагаемого алгоритма возможна реализация точных автоколлимационных измерений на рабочих дистанциях до нескольких десятков метров.

Заключение

Анализ соотношений между параметрами оптических элементов автоколлимационной системы показал, для существенного увеличения дистанции до контроли-

руемого объекта необходимо размещение зеркального отражателя на дистанции, превышающей дистанцию формирования излучаемого пучка. Для алгоритмической компенсации возникающей при таком расположении оптических элементов погрешности измерения вследствие ограничения рабочего пучка необходимо использование аналитического описания процесса изменения функции распределения облучённости в изображении. Такое описание может быть получено при

аппроксимации точной функции облучённости с радиальной симметрией найденной функцией с разделяющимися переменными. На основе полученных соотношений разработан алгоритм компенсации погрешности измерения. При использовании найденного алгоритма возможно построение автоколлимационной системы измерения угловых деформаций протяжённых (до нескольких десятков метров) объектов промышленности и энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arakantsev, K.G., Konyakhin, I.A., and Timofeev, A.N., "Inner-base optoelectronic system for the control of linear displacements," *Key Engineering Materials* 437, 2010, 237–241.
2. Konyakhin, I.A., Timofeev, A.N., Usik, A.A., and Zhukov, D.V., "Optic-electronic systems for measuring the angle deformations and line shifts of the reflecting elements at the rotateable radio-telescope," *Proc. SPIE8082*, 80823R, 2011.
3. Дефекты и способы контроля направляющих [Электронный ресурс] // Оборудование и Ремонт [Официальный сайт]. URL: <http://www.webrarium.ru/korpys-remont-napravlayshih.html> (дата обращения: 25.12.2015).
4. Кирочкин Ю. И., Журавлев И. А., Мухин Б. Л., Уланов В. А. Общие принципы геодезического обеспечения сооружения ускорительно-накопительного комплекса (УНК).-М., типография Института Физики высоких энергий, 1991.
5. Дубаренко В. В. Радиотелескопы миллиметрового диапазона // *Содружество*. 2005. № 1–2. С. 16.
6. Артеменко Ю. Н., Коняхин И. А., Панков Э. Д., Тимофеев А. Н. Оптико-электронные системы измерения деформаций элементов конструкции радиотелескопа миллиметрового диапазона РТ-70 (Суффа) // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2008. Т. 51, № 9. С. 5–10.
7. Коняхин И. А., Панков Э. Д. Трёхкоординатные оптические и оптико-электронные угломеры: Справочник. — М.: Недра, 1991. 224 с.
8. TriAngle® electronic autocollimator [Электронный ресурс] // TRIOPTICS [Официальный сайт]. URL: <http://www.trioptics.com/triangle/description.php> (дата обращения: 24.12.2015).
9. Цифровой двухкоординатный автоколлиматор с разрешением 0.001 угловой секунды [Электронный ресурс] // Опротех: оптические цифровые измерительные системы [Официальный сайт]. URL: <http://www.optrotech.ru/issl3.php> (дата обращения: 24.12.2015).
10. Elektronische autokollimatoren [Электронный ресурс] // Möller-WedelOpticalInternational [Официальный сайт]. URL: <http://www.moeller-wedel-optical.com/produkte/elektronische-autokollimatoren> (дата обращения: 24.12.2015).
11. Высокоточные угловые измерения/Д.А. Аникст, К. М. Константинович, И. В. Меськин, Э. Д. Панков. Под ред. Ю. Г. Якушенкова, М.: Машиностроение, 1987–480 с.
12. А. Н. Королев, А.и. Гарцуев, Г. С. Полищук, В. П. Трегуб Цифровой автоколлиматор // *Оптический журнал*, том 76, № 10, 2009. — С. 42–47.
13. Хуснутдинов Р. М. Влияние ограничения световых пучков на погрешность измерения следящего фотоэлектрического автоколлиматора // *Оптико-механическая промышленность*. 1989. № 9. С. 21–23.
14. Жуков Д. В., Коняхин И. А., Усик А. А. Итерационный алгоритм определения координат изображений точечных излучателей // *Оптический журнал*, том.76, № 1, 2009, с 43–45.
15. Смирнов А. Я., Меньшиков Г. Г. Сканирующие приборы.-Л: Машиностроение,, 1986. — 145 с. ил.

© Ли Женьпу (lirenpu@hotmail.com), Сахариянова Айганым Мараткызы (igalkon@hotmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ИСТОРИЯ ГИРОСКОПА И ЕГО ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

THE HISTORY OF THE GYROSCOPE AND ITS MAIN PROPERTIES

*Kh. Yagafarova
A. Ziyatdinov*

Summary. In this article, the author presents an examination of the history of the gyroscope and its basic properties. The author notes that, having made a long way from the usual toys to complex devices, called gyro, the gyroscope has deservedly become one of the outstanding achievements of modern technology. Through such devices are made blind flight and kept for the specified direction of the ships in the open sea. The use of the gyroscopic effect of the rotating rotor makes it possible to reduce pitching of the vessel in the waves and vibrations of the car when driving over a rough road. The same gyroscopic effect provides a stable motion of bicycles and motorcycles. The application of the properties of the spinning-top is allowed to create a monorail railroad, a two-wheeled vehicle and many other interesting machines. According to the results of the conducted research the author notes that the gyro, in spite of its apparent simplicity and clarity is still much to be learned the object of study of physics and theoretical mechanics. But despite all this, one area of knowledge which we already possess, adequately satisfies human needs in everyday life and in many sectors of the economy. The uncertainty of knowledge and information about gyroscopic phenomena and processes gives optimistic expectations and strong confidence in further development and solving the many problems of our immense world.

Keywords: gyroscope, gyro, rotor, properties, device.

Ягафарова Хафиза Нургалиевна

*К.ф.н., доцент, филиал ФГБОУ ВО в г. Октябрьском
ziyatdinovam@mail.ru*

Зиятдинов Артур Мажитович

*К.э.н., старший преподаватель, Филиал ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
нефтяной технический университет» в г. Октябрьском;
ziyatdinovam@mail.ru*

Аннотация: В данной статье автором представлено рассмотрение истории гироскопа и его основных свойств. Автор отмечает, что, проделав длительный путь от обычной игрушки до сложнейших приборов, носящих название гироскопических, волчок заслуженно стал одним из выдающихся достижений современной техники. Благодаря таким устройствам совершаются слепые полёты самолётов и выдерживаются заданные направления движения судов в открытом море. Использование гироскопического эффекта вращающихся роторов даёт возможность снизить качку судна при волнении на море и колебания автомобиля при движении по неровной дороге. Так же гироскопический эффект обеспечивает устойчивое движение велосипедов и мотоциклов. Применение свойств быстро вращающегося волчка позволило создать однорельсовую железную дорогу, двухколёсный автомобиль и много других интереснейших машин. По итогам проведенного исследования автор отмечает, что гироскоп, несмотря на свою кажущуюся простоту и наглядность, является ещё далеко не изученным объектом исследования физики и теоретической механики. Но, несмотря на всё это, та область знаний, которой мы уже обладаем, достаточным образом удовлетворяет человеческие потребности, как в повседневной жизни, так и во многих отраслях народного хозяйства. Неопределённость знаний и сведений о гироскопических явлениях и процессах даёт оптимистические ожидания и твёрдую уверенность в дальнейшем освоении и решении многочисленных проблем нашего необъятного мира.

Ключевые слова: волчок, гироскоп, ротор, свойства, устройство.

В настоящее время развитие автоматки во всех отраслях промышленности оказало значительное влияние на широкомасштабное применение в технике уникальных свойств быстро вращающегося волчка.

Проделав длительный путь от обычной игрушки до сложнейших приборов, носящих название гироскопических, волчок заслуженно стал одним из выдающихся достижений современной техники. Благодаря таким устройствам совершаются слепые полёты самолётов и выдерживаются заданные направления движения судов в открытом море. Использование гироскопического эффекта вращающихся роторов даёт возможность снизить качку судна при волнении на море и колебания автомобиля при движении по неровной дороге. Так же гироскопический эффект обеспечивает устойчивое движение велосипедов и мотоциклов. Применение свойств

быстро вращающегося волчка позволило создать однорельсовую железную дорогу, двухколёсный автомобиль и много других интереснейших машин.

Однако, в современных условиях, когда человечеству необходима высокая точность работы оборудования, уже недостаточно исследование законов движения идеализированного гироскопа без учёта конструктивных и технологических погрешностей, порождающих отклонение его главной оси от заданного направления в пространстве. Новейшие методы анализа, основанные на использовании математических вычислительных и моделирующих машин, позволяют глубоко изучить динамические процессы, протекающие в гироскопических системах, и выяснить влияние возмущающих факторов на поведение гироскопа.

Перечисленное многообразие выполняемых функций впечатляет, но в данной работе мы остановимся на при-

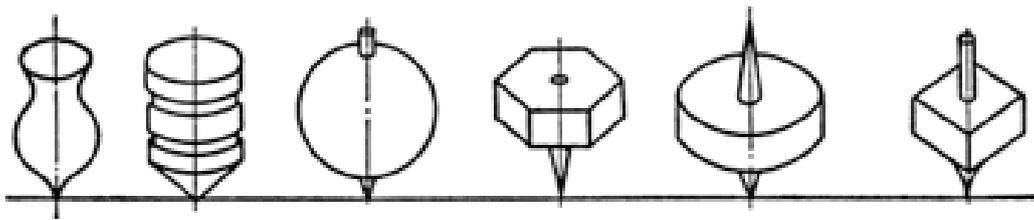


Рис. 1. Различные формы волчков

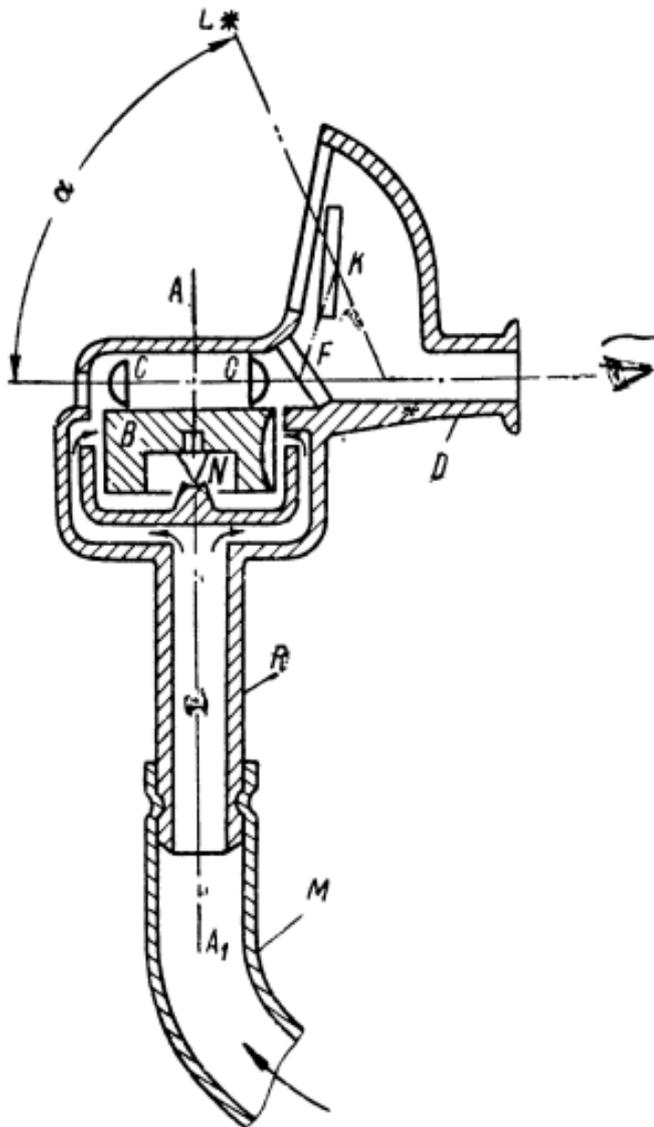


Рис. 2. Схема секстана Флорие

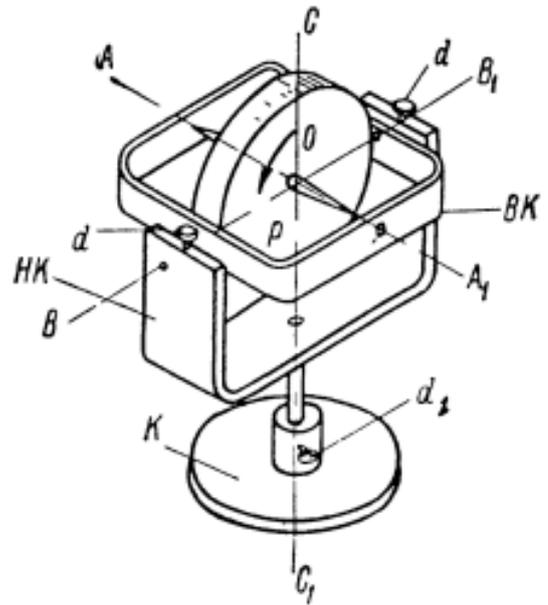


Рис. 3. Схема гироскопа в кардановом подвесе

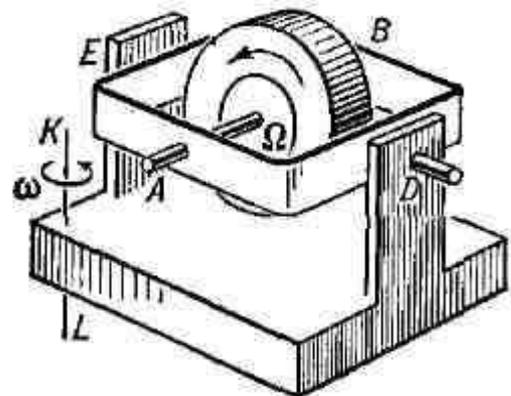


Рис. 4. Гироскоп с двумя степенями свободы

менении гироскопа в горном деле, где подробно изучим его характерные особенности в приборах и устройствах, используемых для поиска полезных ископаемых, проведения оценки запасов природных залежей, бурения газовых и нефтяных скважин, прокладывания шахт и т.д.

С древнейших времён волчок использовался в качестве игрушки и отличался многообразием форм (рис. 1). Однако, внимательно присмотревшись к этой игрушке, многие учёные и конструкторы заметили её уникальные свойства. В основном вращение волчка происходило за счёт тонкой бечевки, которая предварительно наматывалась на его вал. При резком сдёрги-

вании бечевки с вала волчок начинал вращение вокруг вертикальной оси, которое вскоре прекращалось из-за действия сил трения в точке опоры волчка. Попытки быстро свалить волчок на бок не увенчались успехом. Он лишь смещался от своего первоначального положения, но неизменно продолжал вращаться вокруг вертикальной оси.

Уникальное свойство волчка по сохранению постоянного направления оси своего вращения открывало большие перспективы для его практического применения.

Активным изучением движения волчка занялись многие учёные планеты. Среди них можно выделить выдающегося английского учёного И. Ньютона и члена Российской академии наук Л. Эйлера. Последний из них опубликовал в 1765 году теорию движения твёрдого тела около неподвижной точки его опоры. Он основал теоретический фундамент для дальнейшего более глубокого изучения движения волчка. Теоретический фундамент дополнили работы известных французских учёных Ж. Лагранжа и Л. Пуансо. [6, с. 196]

Вскоре на свет появился новый прибор — секстан, разработанный французским адмиралом Флерие (рис. 2), служащий для измерения географической широты местоположения корабля во время шторма. Основу данного изобретения составлял быстро вращающийся волчок.

С целью избавления от смещения волчка на площадке под действием собственного веса был изготовлен подвес с помощью двух карданных колец (рис. 3), который обеспечивал постоянство положения его точки опоры относительно основания. Данное изобретение впервые было продемонстрировано во Французской академии наук в 1852 году знаменитым учёным Л. Фуко, [2, с. 19].

Слово «гироскоп» в переводе с древнегреческого языка в буквальном смысле означает прибор для обнаружения вращения. Данный термин впервые был введён французским физиком и механиком Ж. Фуко в его докладе в 1852 году во Французской Академии Наук. В широком смысле гироскопом является быстро вращающееся твёрдое тело, ось вращения которого способна изменять своё направление в пространстве. [7, с. 50]

Гироскопы могут классифицироваться в зависимости от количества степеней свободы (двухстепенные, трёхстепенные) (рис. 4,5), принципа действия (механические, оптические). Однако, в качестве примера мы рассмотрим механический роторный гироскоп с тремя степенями свободы.

В качестве подвеса используется установка гироскопа в карданных кольцах (рис. 5). Установленный данным

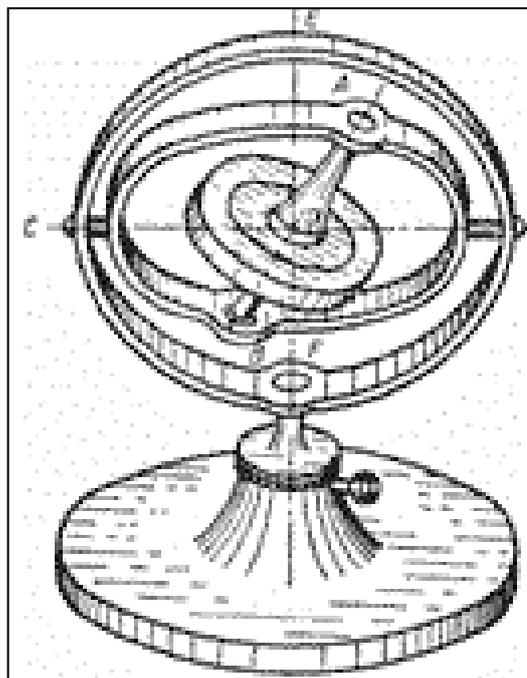


Рис. 5. Гироскоп с тремя степенями свободы

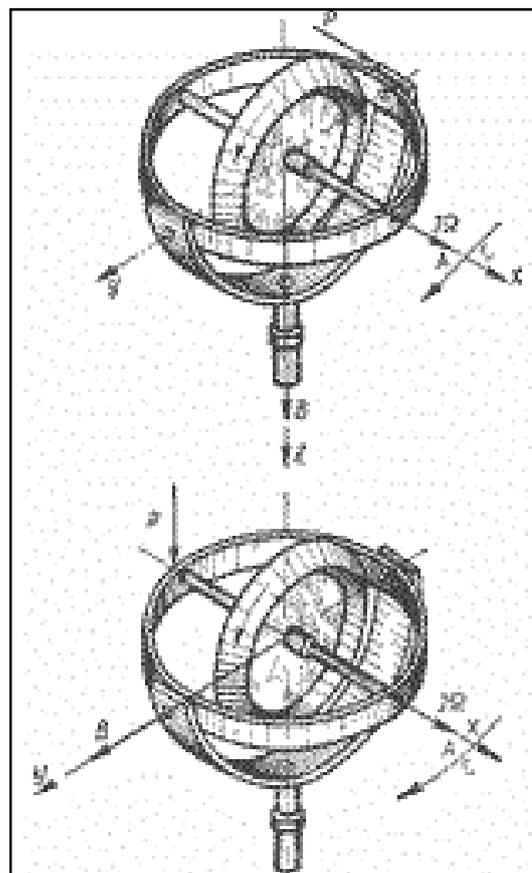


Рис. 6. Движение гироскопа под действием внешней силы: С — направление прецессии

образом гироскоп обретает способность поворачиваться вокруг следующих трех взаимно перпендикулярных осей, пересекающихся в одной точке O :

- ◆ оси AB — ось вращения самого гироскопа, называемая главной осью или осью собственного вращения;
- ◆ ось CD — ось вращения внутреннего кольца;
- ◆ ось EF — ось вращения наружного кольца подвеса.

В рассматриваемом случае мы имеем дело с гироскопом, который имеет три степени свободы. Степень свободы характеризует число возможных способов движения тела, что подтверждается на примере.

Точка O , в которой пересекаются три взаимно перпендикулярные оси вращения гироскопа, называется точкой его подвеса, которая в свою очередь является единственной неподвижной точкой, вокруг которой сосредотачивается движение гироскопа. Гироскоп с тремя степенями свободы, у которого центр тяжести всей системы, состоящей из ротора и кардановых колец, совпадает с точкой подвеса O и к которому не прикладываются внешние вращающие силы, называется уравновешенным или свободным.

Быстрое вращение свободного гироскопа открывает его удивительные свойства, которые широко используются в гироскопических приборах.

Основные свойства свободного гироскопа следующие:

а) ось вращения гироскопа способна удерживать устойчивое положение, т.е. стремится к сохранению первоначально заданного положения относительно мирового пространства.

Устойчивость оси гироскопа зависит от точности совпадения центра тяжести системы с точкой подвеса, что в свою очередь связано с балансировкой гироскопа, силами трения в осях карданова подвеса, весом гироскопа, его диаметром и скоростью вращения. Свойство устойчивости оси вращения позволяет применять свободный гироскоп в роли прибора для обнаружения суточного вращения Земли, так как по отношению к земным объектам ось способна совершать кажущееся или видимое движение;

б) ось гироскопа способна перемещаться в плоскости, перпендикулярной направлению действия внешней силы, приложенной к кардановым кольцам. Данный вид движения называется прецессионным движением или прецессией гироскопа. Прецессионное движение происходит до тех пор, пока не прекратится действие внешней силы, приложенной к кардановому подвесу.

Одним из правил, которое наиболее часто применяется для определения направления прецессии, является правило полюсов.

Полюсом гироскопа является тот конец его главной оси, со стороны которого вращение наблюдается происходящим против часовой стрелки. Полюсом силы называется тот конец оси гироскопа, со стороны которого действие приложенной к нему внешней силы кажется происходящим против часовой стрелки. Правило полюсов формулируется следующим образом: при приложении к гироскопу момента внешней силы полюс гироскопа кратчайшим путём стремится к полюсу силы.

На рис. 6 полюс гироскопа находится в точке A , а полюс силы — в точке B . Прецессионное движение полюса гироскопа указано стрелками.

Произведение момента инерции гироскопа на угловую скорость его собственного вращения $J\Omega$ называется кинетическим моментом гироскопа. Обычно кинетический момент изображается отрезком, направленным вдоль главной оси гироскопа, со стрелкой в сторону полюса гироскопа (см. рис 6).

Угловая скорость прецессии ω может быть подсчитана по формуле:

$$\omega = M / J\Omega, \quad (1)$$

где M — момент внешней силы, [5].

Ознакомившись с вышеизложенным описанием гироскопа и его основных свойств, перейдём к рассмотрению объекта с иной стороны, с нестандартной точки зрения американских физиков Т. Кармана и М. Био.

В отличие от российских физиков и механиков, которые излагают суть предмета с подробным последовательным объяснением материала, американские физики, пользуясь простотой и наглядностью, предельно коротко и ясно производят его описание, на основании которого делают очевидные выводы и примечания. В правильности вышеуказанного замечания мы убедимся на примере, приведённом в их учебном пособии, которое носит название «Математические методы в инженерном деле».

Рассмотрим пример, представляющий особый интерес в инженерном деле, именно — случай тела с осевой симметрией. Обозначим так называемые подвижные оси, т.е. оси координат, твёрдо связанные с телом, индексами 1, 2, 3; моменты инерции относительно этих осей: I_1, I_2, I_3 и произведения инерции: I_{12}, I_{23}, I_{31} остаются неизменными во времени для данного тела и зависят

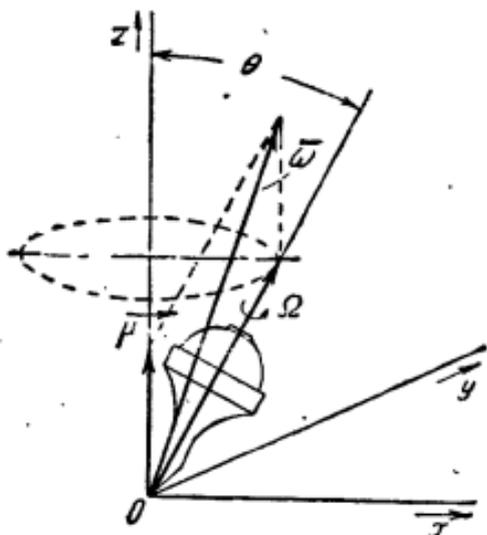


Рис. 7. Прецессия симметрического волчка.

от положения неподвижной точки, от расположения системы осей и от расположения масс в теле. Можно доказать, что при произвольном распределении масс всегда можно найти три взаимно перпендикулярные оси такие, чтобы произведения инерции были равны нулю. Такие оси мы будем называть главными осями инерции, а соответствующие моменты A, B, C — главными моментами инерции.

Допустим, что два из главных моментов инерции равны между собой, например $A=B$. Твёрдое тело с таким распределением масс, вращающееся вокруг неподвижной точки, мы будем называть симметрическим волчком или симметрическим гироскопом. В этом случае третья главная ось будет осью симметрии волчка, [1, с. 83].

Наиболее существенный тип движения симметрического волчка называется прецессией. Такое движение может быть получено, если заставить тело вращаться вокруг его оси симметрии с угловой скоростью Ω , а ось симметрии в то же время вращаться с угловой скоростью μ вокруг неподвижной оси в пространстве, например, вокруг оси z . В этом случае ось симметрии опишет некоторую коническую поверхность, угол осевого сечения которой обозначим через 2θ . Вектор ω (рис. 7) равен, очевидно, сумме векторов Ω и μ и, как это видно из фигуры, он вращается вокруг оси z .

После наглядного описания гироскопа и возможностей его движения ставятся две задачи, которые необходимо рассмотреть и изучить.

Первая поставленная задача состоит в том, чтобы изучить, возможно ли указанного типа движение без воз-

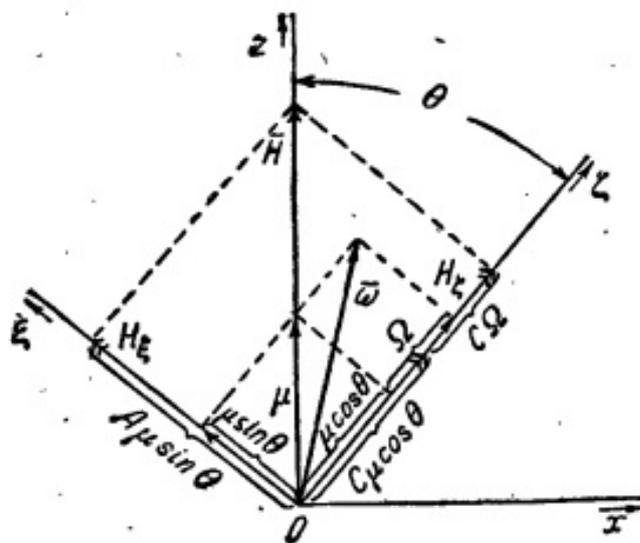


Рис. 8. Прецессия симметрического волчка.
Диаграмма момента количества движения.

действия внешних сил (если, например, центр тяжести волчка совпадает с неподвижной точкой и никакие другие силы на волчок не действуют), (рис. 8). Результатом решения этой задачи служит выведение условия свободной прецессии (1), [1, с. 84].

$$\begin{vmatrix} C(\Omega + \mu \cos\theta) & A\mu \sin\theta \\ \cos\theta & \sin\theta \end{vmatrix} = 0$$

$$\mu = -\frac{\Omega}{\cos\theta} \cdot \frac{C}{C-A}, \quad (2)$$

Вторая задача, которую требуется решить, это — подсчитать момент M , необходимый для того, чтобы поддерживать процессию с некоторой угловой скоростью μ , которая не удовлетворяет условию (1). Заключение, следующее из решения данной задачи, склоняется к выведению формулы гироскопического момента M (2), [1, с. 85].

$$M = C\Omega\mu, \quad (3)$$

Таким образом, мы воспользовались двумя разными подходами к изучению проблемы, которые по своей сути в заключении склоняются к выведению основных формулировок и параметров, необходимых для достаточного представления ключевых моментов устройства гироскопа и его основных свойств.

Исходя из вышеизложенного материала, придём к выводу, что гироскопический эффект играет значительную роль в жизнедеятельности человека и позволяет ему намного быстрее справиться с техническими задачами.

В данном исследовании рассмотрена история создания гироскопа, и проделан путь от древнейшей народ-

ной игрушки до важного и незаменимого на сегодняшний день прибора, который служит для автоматизации производственных процессов и контроля разведывательных работ, измерения и оценки множества параметров, использующихся в горном деле.

Помимо исторического аспекта, в работе также приведены устройство и принцип действия этого уникального прибора, усвоены законы движения гироскопа и основные параметры, характеризующие выполнение данных законов.

Изучив теоретические сведения о гироскопе, мы перешли к его рассмотрению в практическом применении на примере горного дела. Обычный с виду прибор, по-

зволяет проводить самые разнообразные, но при этом предельно точные измерения, необходимые для геологических и геофизических исследований.

Таким образом, гироскоп, несмотря на свою кажущуюся простоту и наглядность, является ещё далеко не изученным объектом исследования физики и теоретической механики. Но, несмотря на всё это, та область знаний, которой мы уже обладаем, достаточным образом удовлетворяет человеческие потребности, как в повседневной жизни, так и во многих отраслях народного хозяйства. Неопределённость знаний и сведений о гироскопических явлениях и процессах даёт оптимистические ожидания и твёрдую уверенность в дальнейшем освоении и решении многочисленных проблем нашего необъятного мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карман Т., Био М. Математические методы в инженерном деле // Перевод с английского М. Г. Шестопала под редакцией А. М. Лопшица, издание второе — Москва, Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948. — 424 с.
2. Павлов В. А. Гироскопический эффект, его проявления и использование. 5-е изд., перераб. и доп. — Л.: Судостроение, 1985. — 176 с., ил.
3. Павлов В. А. Теория гироскопов и гироскопических приборов. 2-е изд., испр. и доп. — Л.: Судостроение, 1964. — 497 с., ил.
4. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. I. Механика. — 4-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. — 560 с. — ISBN5-9221-0225-7; 5-89155-078-4.
5. <http://moryak.biz/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=306>
6. Дагирманова Д. М., Ягафарова Х. Н. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ В ТРУДАХ ДЕКАРТА // В сборнике: Материалы 42-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов сборник научных трудов в 2 томах. 2015. С. 194–199.
7. Ашин М. С., Ягафарова Х. Н. СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА СИЛЫ ИНЕРЦИИ // В сборнике: Материалы 41-й научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2014. С. 49–52.

© Ягафарова Хафиза Нургалиевна, Зиятдинов Артур Мажитович (ziyatdinovam@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АЛГОРИТМ ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕВОГО УЗЛА РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

ALGORITHM OF CLOCK SYNCHRONIZATION OF ELEMENTS OF NETWORK POINT OF THE REGIONAL TRANSPORT NETWORK OF COMMUNICATION

**S. Kovalsky
N. Fokin
V. Kovalev**

Summary. The article offers solution of the task for organization of synchronization management conducted nodes of a regional transport communication network, equipped by high-stable quartz oscillators whose long-term instability of frequency has an order proposed 10–9–10–10.

Keywords: regional transport communication network, system of clock network synchronization, atomic standards of frequency, approximation, function minimization.

Ковальский Сергей Петрович

*К.т.н, сотрудник Академии ФСО России, г. Орел
metal_forever@inbox.ru*

Фокин Николай Иванович

*К.т.н, сотрудник Академии ФСО России
sky79@mail.ru*

Ковалев Владимир Олегович

*Сотрудник Академии ФСО России
9534718993@mail.ru*

Аннотация. В статье предложено решение задачи организации управления синхронизацией ведомых узлов региональной транспортной сети связи, оснащенных высокостабильными кварцевыми генераторами, долговременная нестабильность частоты которых имеет порядок 10–9–10–10.

Ключевые слова: региональная транспортная сеть связи, система тактовой сетевой синхронизации, атомные стандарты частоты, аппроксимация, минимизация функции.

Практическое функционирование региональной транспортной сети связи (РТСС) с обеспечением для сетей доступа (СД) необходимого числа каналов заданного качества возможно только при наличии в ее составе системы тактовой сетевой синхронизации (СТСС). СТСС представляет собой совокупность ведущих и ведомых генераторов и каналов синхронизации, образуя сеть тактовой сетевой синхронизации. При расхождении частот генераторов сетевых узлов (СУ), на которых осуществляется транзит каналов, появляются проскальзывания [1].

Для достижения синхронизации в сети необходимо передавать информацию о тактовой частоте всем устройствам сети. Для этой цели используются сигналы синхронизации. Такие сигналы могут передаваться в линейных сигналах или отдельно в виде специальных сигналов.

В случае потери всех внешних источников синхронизации возникает задача организации работы узлов РТСС, оснащенных высокостабильными атомными стандартами частоты (АСЧ) не только в ведомом, но и ведущем режимах. Для организации работы узлов в ведомом режиме необходимо разработать алгоритм тактовой синхронизации элементов сетевого узла (алгоритм управления частотой и фазой регионального узла).

Исходя из специфики этой задачи и учитывая результаты разработки устройств синхронизации (ведомых таймеров) за рубежом и в России, можно определить следующие повышенные требования, которым должен удовлетворять алгоритм управления частотой и фазой регионального узла в ведомом режиме [2]:

- ◆ подавление флуктуаций фазы входного сигнала должно осуществляться, начиная с частот порядка 10–6–10–5 Гц;
- ◆ режим захвата должен обеспечиваться лишь от тех сигналов, средняя частота которых отличается от средней частоты местного задающего генератора на величину, не превышающую нескольких единиц одиннадцатого знака;
- ◆ при пропадании входного сигнала или выходе его средней частоты за границы полосы захвата узел должен перейти в ведущий (автономный) режим с запоминанием последнего значения частоты входного сигнала;
- ◆ в процессе вхождения в синхронизм и при управлении фазой выходного сигнала в синхронном режиме должно достигаться по возможности меньшее значение ошибки временно-го интервала.

Перечисленные требования с большим запасом укладываются в нормы рекомендации G.812 Международного

союза электросвязи, относящиеся к синхронизации ведомых узлов сети.

К поставленной задаче примыкает вопрос организации управления синхронизацией ведомых узлов РТСС, оснащенных высокостабильными кварцевыми генераторами, номинальное значение частоты которых обычно составляет 5 МГц, как и у АСЧ. Долговременная нестабильность частоты таких генераторов имеет порядок 10⁻⁹–10⁻¹⁰, поэтому ведущий режим для данных узлов является аварийным и работа в нем может продолжаться не более нескольких суток.

Пути решения задачи

В качестве аппаратной основы следует использовать устройство синхронизации, которое представляет собой астатический синтезатор частоты 2048 кГц из сигнала частотой 5 мГц, получаемого от АСЧ (или кварцевого генератора), в котором имеется возможность регулирования фазы выходного сигнала от внешнего источника с шагом Δ<1 нс. При этом генераторное оборудование ведомого СУ с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) должно иметь входное устройство (ВУ), к которому подводится несколько тактовых частот первичных цифровых групповых потоков. К ВУ, которое целесообразно реализовывать на микропроцессоре, кроме того, от подсистемы управления должны подводиться данные по значению $k_{\text{ош}}$ первичных цифровых трактов, тактовые частоты которых подведены к ВУ.

В любой момент времени синхронизацию целесообразно осуществлять от одного синхросигнала. С этой целью необходимо выбирать первичный цифровой тракт $k_{\text{ош}}$ в котором меньше, чем в других. В этом случае в тракте фазовые дрожания будут невелики и практически будут исключаться случаи необоснованного перехода в режим вхождения в синхронизм.

В настоящее время адаптивная синхронизация генераторного оборудования узлов осуществляется следующим образом. Когда система синхронизации функционирует нормально, на некотором интервале времени (участке локальной аппроксимации) строится кривая разности фаз — $f(t)$ между ведущим φ_1 и подстраиваемым φ_2 генератором. При нарушении синхронизации ведомый генератор работает в автономном режиме, однако его частота подстраивается в соответствии с кривой $f(t)$, что обеспечивает меньшую погрешность фаз между генератором данного узла и ведущего. В [3] $f(t)$ выбирается в виде некоторой прямой. Учитывая математическую модель генератора (1)

$$\Phi(t) = \Phi(0) + \omega_0 t + \sum_{k=1}^M \frac{L(k-1)}{k!} t^k + [\xi(t) - \xi(0)] \quad (1)$$

можно утверждать, что аппроксимация значений отсчетов разности фаз генераторов на выходе фазового детектора ФАПЧ $\varphi(kT)$ некоторой прямой является мало-пригодной. Функции вида (1) наиболее точно могут быть аппроксимированы экспоненциальными полиномами вида (2)

$$f(t, a) = \sum_{k=1}^n A_k e^{p_k t},$$

$$a = [A_1, p_1, \dots, A_{n-1}, p_{n-1}, A_n, p_n]^T \quad (2)$$

На интервале аппроксимации $[t_1, t_2]$ с использованием предложенного в [3] метода интерполяции экспоненциальными полиномами, выражение (2) определять не целесообразно, поскольку на $[t_1, t_2]$ число возможных точек интерполяции, как правило, будет превосходить порядок вектора a . Поэтому метод, предложенный в [3], целесообразно использовать в качестве первого приближения для нахождения (2) и считать параметры этой функции за вектор $\vec{a}^{(0)}$. Далее, с учетом всех возможных точек интерполяции (m), на интервале $[t_1, t_2]$ осуществлять минимизацию функции (3)

$$f_1(t, a) = \sum_{k=1}^m (\varphi(kt) - \sum_{k=1}^n A_k e^{p_k kt})^2 \quad (3)$$

Блок-схема алгоритма минимизации функции (3) показана на рисунках 1 и 2.

Первое приближение $\vec{a}^{(0)}$ целесообразно находить в соответствии с [3]. Далее для минимизации функции (3), в соответствии с ее характером, целесообразно использовать метод градиентного спуска с постоянным шагом [4].

Для решения задачи (3) (нахождение локального экстремума $f(t, a)$), функция $f(t, a)$ должна удовлетворять следующим требованиям:

- ◆ быть ограниченной на R^n ;
- ◆ иметь непрерывные частные производные.

Стратегия поиска локального экстремума функции $f(t, a)$, заключается в построении последовательности таких точек

$$\{(t, a)^k\}, k = 0, 1, \dots, \text{ что}$$

$$f((t, a)^{k+1}) < f((t, a)^k), k = 0, 1, \dots$$

Точки $\{(t, a)^k\}$ вычисляются по следующему правилу:

$$(t, a)^{k+1} = (t, a)^k - t_k \nabla f(t, a)^k \quad k = 0, 1, \dots \quad (4)$$

где точка $(t, a)^0$ задается пользователем;

$\nabla f((t, a)^k)$ — градиент функции $f((t, a))$, вычисленный в точке $(t, a)^k$; t_k — величина шага, задаваемая пользователем (остается постоянной до тех пор, пока функция убывает в точках последовательности

$\{(t, a)^k\}$, что контролируется путем проверки выполнения условия

$$f((t, a)^{k+1}) - f((t, a)^k) < 0 \text{ или}$$

$$f((t, a)^{k+1}) - f((t, a)^k) < -\xi \|\nabla f((t, a)^k)\|^2, \quad (0 < \xi < 1).$$

Построение последовательности $\{(t, a)^k\}$ заканчивается в точке $(t, a)^k$, в которой выполняется условие

$$\|\nabla f((t, a)^k)\| < \xi_1, \quad \xi_1 —$$

заданное малое положительное число, или $k \geq M$, где M — предельное число интеграций, или при двукратном одновременном выполнении двух неравенств

$$\|(t, a)^{k+1} - (t, a)^k\| < \xi_2, \quad |f((t, a)^{k+1}) - f((t, a)^k)| < \xi_2,$$

ξ_2 — малое положительное число.

ВЫВОДЫ

1. Если ограниченная снизу на R^n функция $f(t, a)$ дифференцируема, а ее градиент удовлетворяет условию Липшица

$$\|\nabla f(x) - \nabla f(y)\| \leq L \|x - y\|, \quad \forall x, y \in R^n, \quad \text{где } L > 0,$$

то при любой начальной точке $x^0 \in R^n$ для метода градиентного спуска с постоянным шагом имеем

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|\nabla f((t, a)^k)\| = 0. \quad (5)$$

2. В соответствии с приведенным обоснованием адаптацию синхронизации можно выполнять для одного из региональных узлов. Тогда, при нарушении синхронизации узлов региона от ведущего генератора, их синхронизация может осуществляться от узла с адаптивной синхронизацией.

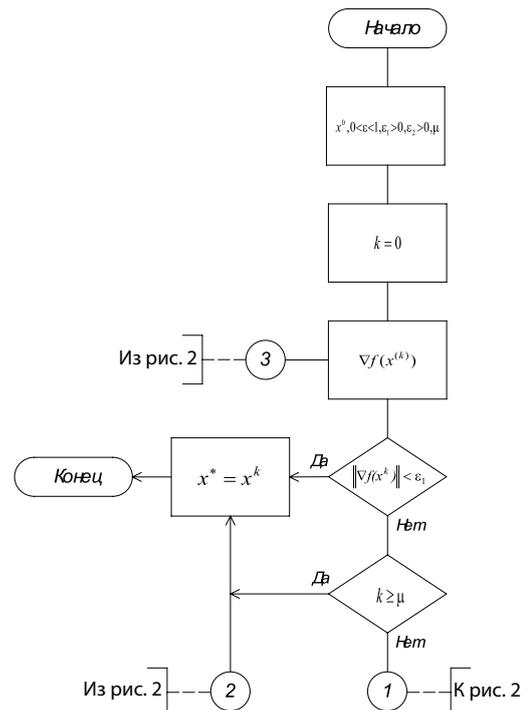


Рис. 1

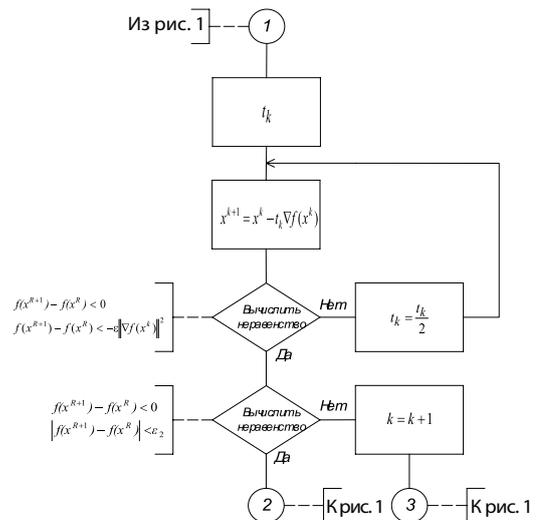


Рис. 2

ЛИТЕРАТУРА

1. Крухмалев В. В., Моченов А. Д. Синхронные телекоммуникационные системы и транспортные сети: учебное пособие. — М.: УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2012. — 288 с.
2. Сухман С. М., Бернов А. В., Шевкопляс Б. В. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений. — М.: Эко-Трендз, 2003. — 272 с.
3. Зильберг Е. В., Колтунов М. Н. Адаптивный алгоритм управления синхронизацией регионального узла цифровой сети. // Электросвязь, 1990, № 8.
4. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 3 — е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2008. — 544 с.: ил.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОСТЬЮ В КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

Буй Нзюк Зыонг

Аспирант, Волгоградский государственный
технический университет
ramsetii@gmail.com

AN ARCHITECTURE OF ENTERPRISE MOBILITY MANAGEMENT SYSTEM

N. Bui

Summary. This article describes an architecture of the mobility management system in enterprise networks. It provides particularity, contextual environment, major functions, and important components of architecture for enterprise mobility management nowadays. It is useful for developing enterprise mobility management system in the next steps.

Keywords: architecture, contextual environment, system functions, enterprise network, enterprise mobility management.

Аннотация: В статье описывается архитектура системы управления мобильностью в корпоративных сетях. Она обеспечивает особенность контекстной среды, основные функции и важные компоненты архитектуры системы управления корпоративной мобильностью в настоящее время, что важно для разработки системы управления корпоративной мобильностью.

Ключевые слова: архитектура, контекстная среда, функции системы, корпоративная сеть, управление корпоративной мобильностью.

Введение

В настоящее время мобильные устройства настолько недорогие, что стали стандартным оборудованием на многих корпорациях. Пользователи могут использовать информационные ресурсы корпорации (письма, планы, события корпораций, документы, личные данные и т.д.) с помощью собственных портативных устройств не только внутри компании. Это повышает эффективность работы и производительность пользователей, работающих в компании. Но существует проблема конфиденциальности данных и информационной безопасности компании [3, 6]. Система управления корпоративной мобильностью [5] (УКМ) является решением этой проблемы безопасности.

Целью данной работы является анализ особенности контекстной среды, ее функций и создание архитектуры системы управления мобильностью в корпоративной сети.

Контекстная среда системы УКМ

Во всем мире отмечается бурное развитие ИТ по двум направлениями: мобильный доступ в масштабе предприятия и рост популярности потребительских устройств, то есть использование сотрудниками предприятия потребительских устройств и облачных приложений в рабочих целях. В таблице 1 приводятся некоторые характеристики корпоративных сетей, показаны эти два направления:

Тенденция реальности использования личных мобильных устройств в корпорациях также показана в таблице 1. В реальности возникают другие дополнительные проблемы безопасности. Изначально мобильные

устройства пользователей содержат лишь личную информацию и не имеют особых требований к конфиденциальности. В них отсутствуют корпоративные средства контроля безопасности, но при этом они должны органично сочетаться с корпоративной инфраструктурой, не нарушая рабочие процессы предприятия. Мало того, имеющиеся на мобильных устройствах приложения и их контент должны интегрировать с инфраструктурой управления привилегиями и контролем доступа в корпорацию для обеспечения безопасности и соответствие стандартам. Система УКМ является решением этой проблемы для обеспечения информационной безопасности в корпоративной сети.

Проблема управления мобильностью появляется, когда возникает запрос к корпоративным ресурсам с наружной стороны корпоративной сети. Если сервер шлюза выясняет запросы доступа от неизвестных мобильных устройств, он перенаправляет эти запросы на сервер УКМ для управления этими устройствами. После необходимых процедур для этих мобильных устройств, сервер УКМ предоставляет доступ этих устройств и уведомляет эти соглашения к серверу шлюза корпоративной сети.

На рисунке 1 показана контекстная среда системы УКМ с участием служб сообщения Push-уведомлений — важные критические компоненты или контекстная информированность приложений, где мобильные устройства часто требуют обновления контекста пользователя [1, 2, 4, 10, 11].

Сотрудникам разрешается пользоваться собственными устройствами для выполнения рабочих задач или, наоборот, использовать корпоративное устройство для личных целей. Они могут гибко планировать

Таблица 1. Характеристики корпоративных сетей

	Прошлое время	Настоящее время
Место работы	Использование локально	Независимо от места
Технология	Зависит от конкретной технологии	Независимо от технологии
Ресурсы	<ul style="list-style-type: none"> • В помещении; • Владелец предприятия 	<ul style="list-style-type: none"> • В помещении и вне помещения, в режиме облака; • Владелец предприятия или сотрудники.
Пользователи	Работники предприятия	<ul style="list-style-type: none"> • Сотрудники предприятия; • Партнеры и дистрибьюторы.
Цель	Самоуверенность	<ul style="list-style-type: none"> • Самоуверенность; • Широкое распространение услуги.

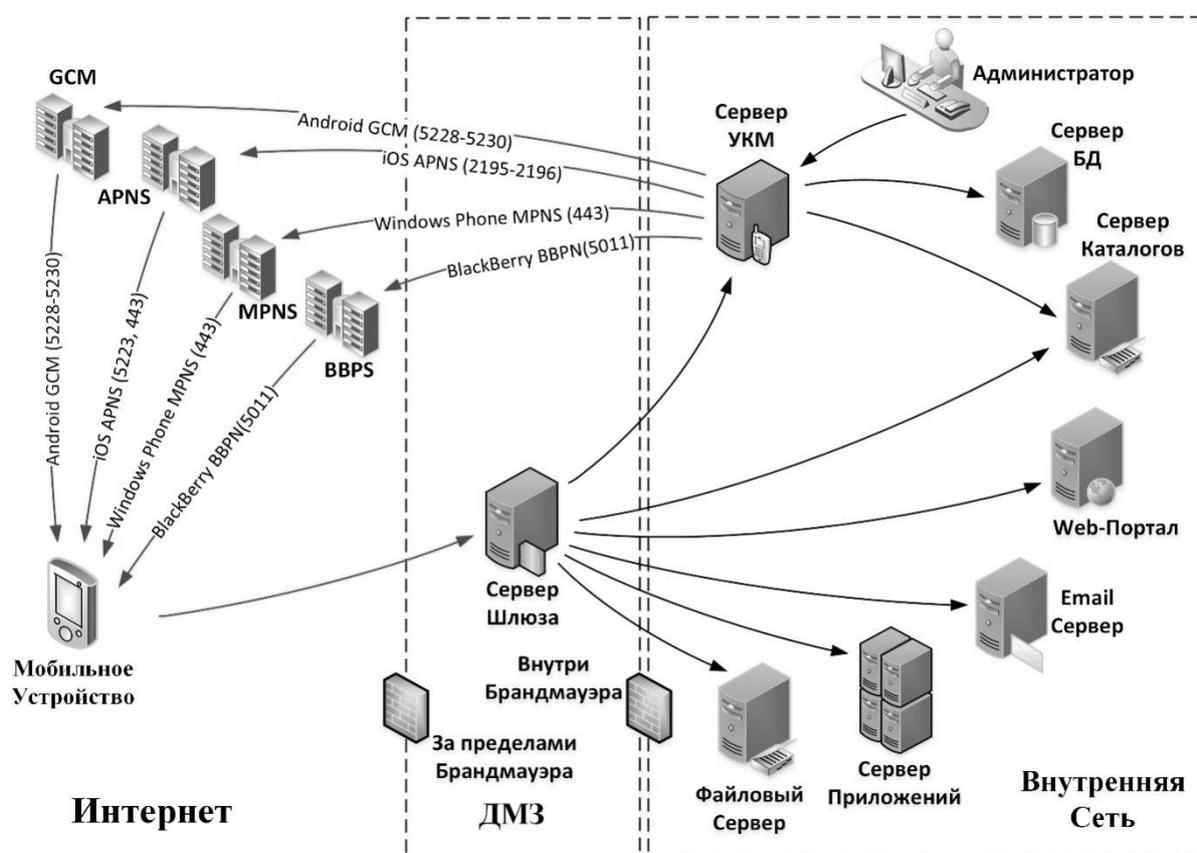


Рис. 1. Контекстная среда системы УМК

свою работу без привязки ко времени или пространству, что способствует повышению их продуктивности. Для того чтобы более глубоко понять, что собой представляют определения основных концепций мобильности, в настоящее время существуют три основные тенденции мобильности в корпорации [5]:

- ◆ Bring Your Own Device (BYOD) — перевод: «принеси свое устройство»;
- ◆ Corporate Owned Personally Enabled (COPE) — перевод: «корпоративные устройства, настройкой

и обслуживанием которых сотрудник занимается самостоятельно»);

- ◆ Choose Your Own Device (CYOD) — перевод: «выбери свое устройство».

Функции системы УМК

В системе УМК возникает непростая задача — ИТ-службам необходимо контролировать мобильные устройства по решению управления мобильными

устройствами (УМУ) [9], а также управление мобильными приложениями [7] (УМП) и управление мобильным контентом [8] (УМК). Поэтому, система УМК должна реализовывать три следующие функции:

1. *Управление Мобильными Устройствами (УМУ)* — управляет настройками конфигурации устройств, например: поступление, развертывание, обеспечение безопасности мониторинга, интеграции и т.д. на рабочем месте. Целями УМУ является оптимизация функциональности и безопасности мобильных устройств в рамках предприятия, и одновременная защита корпоративной сети. Инструменты УМУ включают в себя поддержку либо корпоративной собственности, либо личной собственности устройства. Хотя возможности продукта УМУ могут отличаться в зависимости от производителя и операционной системы. Функция УМУ должна иметь следующие основные важные подфункции:

- ◆ управление программным обеспечением: распределять, управлять и поддерживать мобильные приложения, данные и несколько ОС;
- ◆ управление конфигурацией: настраивать, распространять и управлять политиками устройства (локальные настройки, электронную почту, время блокировки, Bluetooth, резервное копирование, сертификаты и т.д.);
- ◆ управление сетью с помощью сервиса: информация об устройстве, расположение, использование сотовой и беспроводной локальной сети (WLAN) сетевой информации, технологии GPS;
- ◆ управление оборудованием: управление активами, что включает в себя предоставление устройства и поддержку;
- ◆ управление безопасностью: обеспечение и поддержка устройства и безопасности данных, аутентификации и шифрования. Применение контейнеризации, VPN и шифрованной программы также являются частью этой возможности.

2. *Управление Мобильными Приложениями (УМП)* — предоставление и администрирование корпоративного программного обеспечения для конечных пользователей корпоративных и личных мобильных устройств. УМП акцентируется на поставках программного обеспечения, лицензирования, конфигурации, технического обслуживания, контроля использования и применения политики. Основные возможности УМП:

- ◆ сравнение типа, авторских прав пользователя и группы мобильных устройств, определение политик приложений и правил ИТ;
- ◆ определение мобильных приложений, которые должны быть обеспечены, когда новое устройство активируется в соответствии с ОС и моделью;

- ◆ удаление корпоративных мобильных приложений и данных от конечного пользователя устройства и предотвращение доступа в будущем;
- ◆ предоставление корпоративного магазина для самообслуживания пользователей;
- ◆ включение безопасного туннеля в корпоративную инфраструктуру по требованию автоматически;
- ◆ управление приложениями, имеющие доступ к разумным данным компании.

3. *Управление Мобильным Контентом (УМК)* — стратегия безопасности устройства, включающая возможность держать конфиденциальные данные в изолированном контейнере, они зашифрованы, и доступ или их передача разрешена только авторизованным пользователям.

Контейнер централизованно управляется УМК, так что конфигурации могут быть установлены предприятием. Информацию в управляемом контейнере можно изменить, не затрагивая информацию в других контейнерах или приложениях на мобильных конечных устройствах. Существуют три основные УМК — функции:

- ◆ надежно мобилизовать файлы: они могут быть доступны на устройствах и надежно храниться в автономном режиме;
- ◆ безопасное использование электронной почтой: информация зашифрована и может быть просмотрена только через безопасный просмотр;
- ◆ безопасный браузер, позволяющий получать доступ к HTML -контенту и приложениям, сидя за брандмауэром в отсутствие использования VPN-клиента.
- ◆ Для выполнения вышеуказанных функций, есть некоторые основные процессы в системе УМК [6]:
- ◆ регистрация мобильного устройства;
- ◆ централизованное управление мобильными устройствами, приложениями и контентом;
- ◆ защита мобильного устройства;
- ◆ распределение ресурсов корпорации на мобильных устройствах;
- ◆ мониторинг и сообщение о мобильных устройствах.

Архитектура системы УМК

Обобщённая архитектура системы УМК представлена на рисунке 2. Для выделения основных компонентов системы УМК, а также отношений между ними был проведён структурный анализ, который показал, что система УМК включает в себя следующие основные компоненты:

1. *Подсистема управления корпоративной мобильностью* включает в себя следующие модули:

- ◆ модуль управления устройствами и контентом — выполнены функции управления мобильными устройствами и контентом;
- ◆ модуль управления приложениями — выполнены функции управления мобильными приложениями (распространение, обновление, удаление и т.д.). Пользователь имеет возможность получения списка установленных приложений на устройстве, проверки их текущих версий, обновление версий, удаленной установки и удаления приложения;
- ◆ модуль управления политиками и ролей — управляет политикой и ролями пользователей, устройств, приложений;
- ◆ модуль управления конфигурацией — управляет параметрами настройки системы и выполняет функции для управления конфигурацией;
- ◆ модуль формирования отчетности, позволяющий формировать отчеты о выполненных операциях;
- ◆ модуль связи с устройством обеспечивает подключение к агенту на устройстве;
- ◆ модуль центра Push-уведомлений — выполнение функций для управления сообщениями из центра уведомлений на мобильные устройства. Кроме того, он отправляет Push-сообщения (сообщения, ID-доступ) в центр уведомлений или в строку состояния устройства;
- ◆ модуль ведения списков пользователей, устройств, приложений и выбора операций, позволяющий просмотр мобильных приложений, зарегистрированных устройств и отчетов о выполненных операциях.

2. *Магазин корпоративных приложений* используется для хранения корпоративных приложений. Пользователи могут легко просматривать каталоги приложений и управлять ими. Важность магазина приложений является самообеспечением приложений. Пользователи должны выбрать устройство, на него будет устанавливаться выбранное приложение. После этого процесса,

система УМК беспроводно установит в соответствующее устройство;

3. *Служба Push-уведомлений* имеет критические компоненты или контекстную информированность приложений системы УМК, где мобильные устройства часто требуют обновления контекста пользователя. Система УМК отправляет многозвенные сообщения на устройства;

4. *Мобильный агент* устанавливается на мобильном устройстве, выполняющий операции управления сервером системы для этого устройства;

5. *Подсистема связи с провайдером идентификации* управляет подключенными параметрами службы каталогов корпорации, кэш -сохранит список пользователей и ролей;

6. *База данных* сохранит базу данных системы УМК, включая компоненты: база данных пользователей, ролей пользователей и системы;

7. *Web-консоль* – интерфейс системного администратора системы.

Заключение

Использование систем управления мобильностью в корпоративных сетях сегодня очень важно. Это делает эффективной работу, а также контроль рисков потерь корпоративных данных с помощью мобильных устройств.

В этой статье предлагаются архитектура системы управления корпоративной мобильностью, особенности современных корпоративных сетей, контекстная среда, три основных функции и компоненты этой системы, что является необходимым условием для построения системы УМК позже.

ЛИТЕРАТУРА

1. Apple Push Notification Service [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/NetworkingInternet/Conceptual/RemoteNotificationsPG/Chapters/ApplePushService.html> (дата обращения: 20.10.2015).
2. BlackBerry Push Service [Электронный ресурс]. URL: http://developer.blackberry.com/bbos/java/documentation/push_service_overview.html (дата обращения: 20.10.2015). Borg A. Enterprise Mobility Management Goes Global / A. Borg // Mobility Becomes Core IT. Aberdeen Group, Inc, 2011.
3. Borg A. Enterprise Mobility Management Goes Global / A. Borg // Mobility Becomes Core IT. Aberdeen Group, Inc, 2011.
4. Google Cloud Messaging for Android [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.android.com/google/gcm/index.html> (дата обращения: 20.10.2015).
5. Kietzmann, J. Mobility at work: A typology of mobile communities of practice and contextual ambidexterity / J. Kietzmann, K. Plangger, B. Eaton, K. Heilgenberg, L. Pitt, P. Berthon // Journal of Strategic Information Systems 3 (4), 2013. — 16 с.
6. Кравец А. Г. Mobile Security Solution for Enterprise Network / А. Г. Кравец, Ngoc Duong Bui, М. С. Аль-Ашваль // Knowledge-Based Software Engineering: Proceedings of 11th Joint Conference, JCKBSE2014 (Volgograd, Russia, September 17–20, 2014) / ed. by A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, Tadashi Iijima;

- Volgograd State Technical University [etc.].— Springer International Publishing, 2014.— P. 371–382.— (Series: Communications in Computer and Information Science; Vol. 466).
7. Mobile Application Management //URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_application_management (дата обращения: 20.10.2015).
 8. Mobile Content Management //URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_content_management_system (дата обращения: 20.10.2015).
 9. Mobile Device Management //URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_device_management, (дата обращения: 20.10.2015).
 10. Push notifications for Windows Phone 8 [Электронный ресурс]. URL: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/ff402558\(v=vs.105\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/ff402558(v=vs.105).aspx) (дата обращения: 20.10.2015).
 11. Push Technology: A Key Ingredient of Application Interactivity [Электронный ресурс]. URL: http://www.seven.com/downloads/pdf/SEVEN_Push_Whitepaper.pdf (дата обращения: 20.10.2015).
 12. Роберт Х. Что скрывается за понятиями BYOD, CYOD, COPE / Х. Роберт // Журнал сетевых решений/LAN № 06, 2013, URL: <http://www.osp.ru/lan/2013/06/13036077> (дата обращения: 20.10.2015).

© Буй Нгок Зыонг (ramsetii@gmail.com). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ WORD2VEC И GLOVE И НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ИЗ НЕГО

Закиров Марат Энварович

Старший разработчик в поисковом портале
ООО «Спутник» marat61@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODS AND WORD2VEC GLOVE AND SOME CONCLUSIONS DRAWN FROM IT

M. Zakirov

Summary. In this paper, we introduce the notion of lexical parameterization with the “zero” and a comparatively considered the two most common methods word2vec [3] and GloVe. [4] In the process of incarnation in the form of practical recommendations were obtained data practices programs, based on pilot experience, backed up by theoretical calculations. Also represented in the statistics and conclusions of the author could explain some obscure properties primarily related to methods of their stability and convergence. This work is a review, the introductory part contains everything you need for the introduction into the problems.

Keywords. pointwise mutual information, shifted pointwise mutual information negative sampling

Введение

Лексическая параметризация — это направление в вычислительной лингвистике, в рамках которого лексике ставится в соответствие набор параметров, несущий в себе “семантику”. Таким образом, что одинаковым в некотором смысле словам, ставится в соответствие похожие (в соответствии с некоторой метрикой) наборы параметров. А поскольку параметры несут семантику, возможно манипулирование непосредственно параметрами, минуя отсылку к тексту как таковому.

Гипотеза о статистической аналогии

Впервые показанная в работе [1], интересная “аномалия” привела к открытию понятия статистическая аналогии. Было найдено, что простая арифметическая разность и сумма трех словарных векторов приводит к нахождению словарного вектора, наиболее близким к которому (например, по косинусной мере) оказывается словарный вектор слова аналога. К примеру, так:

$$v_{\text{король}} - v_{\text{мужчина}} + v_{\text{женщина}} \approx v_{\text{королева}} \quad (1)$$

Причем сам алгоритм [1] находил, не только семантические, но и синтаксические аналоги, не делая различия

между ними. Отсюда ими была выведена следующая гипотеза-эвристика для аналогий:

$$\frac{p(w|a)}{p(w|b)} \approx \frac{p(w|c)}{p(w|d)} \quad (2)$$

Данная формула утверждает, что для слов w , верно, соотношение условных вероятностей двух пар слов (a,b) и (c,d) в целом более или менее одинаково (2) для всех произвольных слов w , из словаря то такие пары считаются аналогиями.

Формула (2) может быть переформулирована, используя центральное понятие данной статьи, — понятие о взаимной вероятности слов, по-английски *pointwise mutual information* [3]. Данная структура представляет собой симметричную матрицу с нулевой главной диагональю (значения на главной диагонали нас вообще не будут интересовать), элементы, которые определяются как:

$$PMI(a,b) = \log\left(\frac{p(a,b)}{p(a)p(b)}\right) \quad (3)$$

Где $p(a,b)$ вероятность встречи слов a и b в одном контексте¹, $p(a)$ и $p(b)$ вероятности слов a и b соответственно. В некоторых работах (3) прибегают к несколько иной

¹ Под одним контекстом понимается, словарная близость слов в тексте, определяемая некоторым радиусом.

формулировке, в которой все отрицательные значения заменены на нулевые, утверждая при этом получение лучшего качества, однако оставляя это без теоретических объяснений, тем не менее, в этом есть определенный смысл, который станет понятен ниже.

$$SPMI(a,b) = PMI(a,b) \text{ if } PMI(a,b) > 0 \text{ else } 0 \quad (4)$$

Называется эта характеристика сдвинутая взаимная вероятность, по англ. *shifted pointwise mutual information*. Поскольку матрица $S_{n \times n}$ сформированная из этих значений, как и матрица P состоящая из значений взаимных вероятностей слов, является симметричной и имеет только положительные значения, то такая матрица может быть сколь угодно идеально разложена с использованием всего одной матрицы. В литературе эта трансформация получила название разложение Холецкого [6]:

$$P_{n \times n} \approx W_{n \times m} W_{n \times m}^T \quad (5)$$

Где матрица $W_{n \times m}$ где каждому слову соответствует вектор V_m — размер вектора параметров для каждого слова из словаря D . Как видно из приведенной формулы (5) для разложения матрицы $P_{n \times n}$ используется всего лишь одна матрица $W_{n \times m}$. Причем чем больше размерность m тем лучше соответствие воспроизведенной матрицы своему оригиналу $P_{n \times n}$. С точки зрения линейной алгебры матрица $P_{n \times n}$ как уже было сказано должна обладать такими свойствами как симметричность и положительная полуопределенность, но на практике даже разложение, “невозможное” с точки зрения теории, дает неплохие результаты по качеству, а потому разложение одной матрицей может применяться даже в ситуации когда $P_{n \times n}$ не является положительно полуопределенной. По всей видимости, у сдвинутой матрицы P больше шансов на то, чтобы быть положительно полуопределенной, отсюда некоторый рост качества.

Теперь переформулируем формулу (2) в терминах взаимной информации двух слов:

$$\frac{\frac{p(w,a)}{p(w)p(a)}}{\frac{p(w,b)}{p(w)p(b)}} \approx \frac{\frac{p(w,c)}{p(w)p(c)}}{\frac{p(w,d)}{p(w)p(d)}} \Rightarrow \frac{PMI(w,a)}{PMI(w,b)} \approx \frac{PMI(w,c)}{PMI(w,d)} \quad (6)$$

Имея матрицу взаимной информации, и используя формулу (6) мы можем проверять гипотезу об аналогичности пар слов³. Поскольку соотношение (6) далеко

² В дальнейшем будем использовать старое как более общее, оговаривая отдельно, является ли матрица сдвинутой (т.е. все ли ее элементы положительны).

³ Могли бы если бы матрица взаимной вероятности, была бы полной, но на практике такого и близко нет. Как выйти из этого затруднения читайте в разделе **семантическое сглаживание**.

не для всех слов соблюдается одинаково, то необходимо сформулировать степень аналогичности пар, например через квадратичную ошибку, чем ошибка меньше, тем пары в большей степени аналогичны.

$$E_{(a,b)(c,d)} = \sum_{w \in D} \left[\frac{PMI(w,a)}{PMI(w,b)} - \frac{PMI(w,c)}{PMI(w,d)} \right]^2 \quad (7)$$

Где $E_{(a,b)(c,d)}$ есть мера аналогичности для каждой возможной пары пар слов (a,b) и (c,d) а w — произвольное слово из словаря. Теперь может быть сформулирована задача поиска неизвестного слова одной из пар аналогий. Предположим, есть две пары слов (a,b) и (c,x) , где x — неизвестное слово. Это задача поиска слова x такого, что:

$$\operatorname{argmin}_{x \in D} \sum_{w \in D} \left[\frac{PMI(w,a)}{PMI(w,b)} - \frac{PMI(w,c)}{PMI(w,d)} \right]^2 \quad (8)$$

Эффект семантического сглаживания

На практике напрямую, без параметризации не получается вычислять синонимичность слов и аналогии из-за того, что хоть слова и синонимичны статистики их словоупотребления отличаются даже для больших текстовых корпусов. Потому синонимы часто несравнимы. К примеру, есть два слова **отель** и **мотель**, с точки матрицы взаимной информации эти слова разные так как употребляются в совершенно разных контекстах.

	собака	кошка	машина	авто
отель	0	0.2	0	0.5
мотель	0.1	0	0.3	0

Можно попытаться путем транзитивного замыкания, матрицы взаимных вероятностей с некоторым коэффициентом транслируя словарные замыкания.

$$\text{Если } PMI(a,b) = 0 \text{ то } PMI(a,b) = k \sum_{c \in D} PMI(a,c) \cdot PMI(c,b) \quad (9)$$

Где $0 < k \ll 1$. За несколько итераций можно добиться ситуации, что не останется ни одной пары слов с нулевым значением в матрице взаимной информации P , непосредственное хранение которой не такая уж проблема учитывая ее сильную разреженность (об этом ниже). И такой метод (9) будет сглаживать, но гораздо хуже, чем методы факторизации описанные ниже.

Методы факторизации матрицы взаимной информации

Можно выделить следующие подзадачи. Сбор статистики (матрицы $P_{n \times n}$ взаимной информации), и метод её

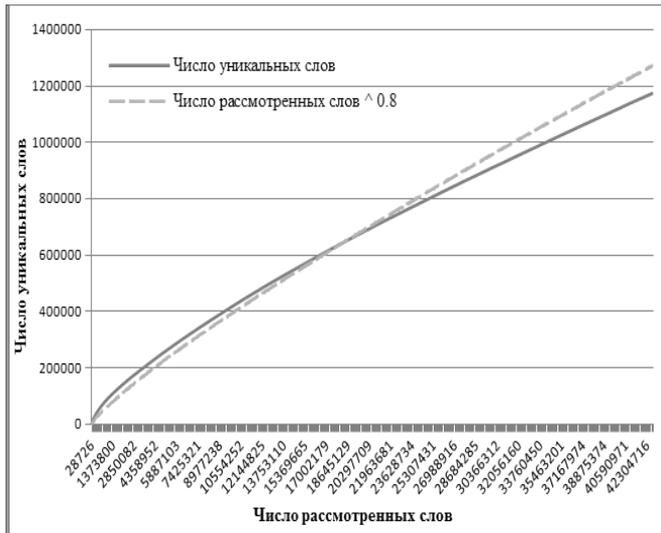


Рис. 1. Рост числа уникальных слов

факторизации. В *GloVe* Они явно разделены, в варианте *word2vec* находятся внутри одного алгоритма. Независимо от того с какими параметрами и как собирается матрица P факторизовать её можно совершенно разными способами, с использованием разного количества свободных параметров, и разными алгоритмами. В рассматриваемых в данной статье методах *word2vec* [1] *GloVe* [4] используются несколько разные типы факторизации. В данных оригинальных работах *GloVe* стремится получить факторизацию (5) а *word2vec* факторизацию (10)

$$P_{n \times n} \approx W_{n \times m} C_{n \times m}^T \quad (10)$$

Где C — матрица с одинаковой с W размерностью. Эта матрица получила в работе [1] матрица векторов контекстных слов. В литературе [2] встречается такое объяснение второй матрице, что поскольку слово **собака** нечасто можно встретить в контексте слова **собака**, то они как бы должны получить разные параметры, что приводит к некоторому парадоксу, и парадокс это как раз и разрешает матрица $C_{n \times m}$ контекстных векторов, где слову собака соответствует свой вектор отличный от вектора в матрице слов $W_{n \times m}$. Но автору данной работы представляется несколько иная причина, дело в том, что как следует из линейной алгебры, параметризация произвольной⁴ матрицы $P_{n \times n}$ возможна только с использованием как минимум двух матриц.

Для факторизации матрицы P используют так же метод сингулярного разложения [6] Интересующий нас вариант сингулярного разложения имеет форму (11).

⁴ Не являющейся положительно полуопределенной, или даже симметричной.

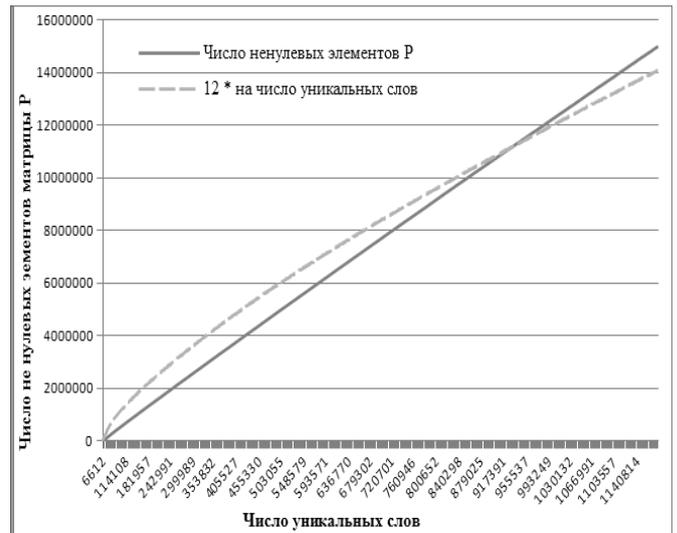


Рис. 2. Рост числа ненулевых элементов матрицы P

$$P_{n \times n} \approx U_{n \times m} \Sigma_{m \times m} V_{n \times m}^T \quad (11)$$

Где матрица $\Sigma_{m \times m}$ — это диагональная матрица с m сингулярных чисел матрицы $P_{n \times n}$ расположенный в порядке убывания. Матрицы $U_{n \times m}$ и $V_{n \times m}$ — это матрицы левых и правых сингулярных векторов. Данный метод дает невысокое качество в текстах на аналогиях. Причиной чему, как отмечается работе [3], является то, что векторное пространство распределяется равномерно для всех слов словаря D . В отличие от представлений *word2vec* и *GloVe*, которые заточены на наиболее частотные слова. Хотя это еще спорный вопрос, что лучше, тем не менее, данный метод не будет описан в данной работе, так как его применение достаточно прямолинейно и не требует каких то специфических рекомендаций⁵.

Свойства данных

В целях понимания работы методов стоит показать результаты статистического исследования. Например, как растет словарь в зависимости от числа просмотренных слов? Найдено экспериментальным путем, что число уникальных слов в запросах растет примерно как степень 0.8 от числа просмотренных слов⁶ (рис. 1).

Также необходимо было понять, как быстро будет расти матрица взаимной информации в зависимости от числа *уникальных* слов, эксперимент на (рис. 2) пока-

⁵ Почти все современные математические пакеты, так или иначе содержат в себе метод SVD.

⁶ Данный график, как и все прочие, был получен с помощью итеративного измерения размера структуры по мере извлечения слов текстового корпуса.

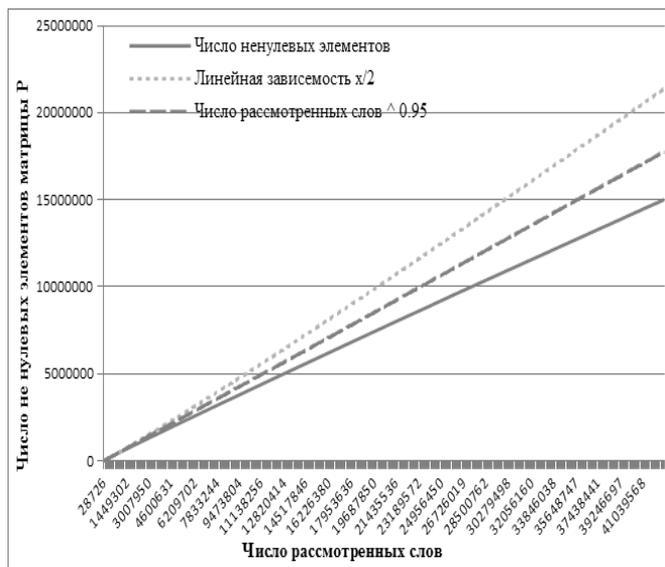


Рис 3. Рост числа ненулевых элементов матрицы P

зал, что плотность матрицы на довольно большом текстовом корпусе⁷ соответствует линейному закону с коэффициентом соответствия $k \approx 12$. Это говорит о том, что лексика имеет свойство замкнутости.

На итоговом графике (рис. 3). можно увидеть, что рост числа ненулевых элементов в матрице взаимной информации в зависимости от числа слов в текстовом корпусе, нельзя даже назвать линейным.

Эти два графика имеют ряд весьма важных следствий, о которых необходимо сказать. Во-первых, алгоритм онлайн факторизации **word2vec** при достаточно большом текстовом корпусе, имеет возможность спокойно адаптироваться под статистику, так как будто его запустили на очень большом числе эпох, и это собственно тот результат который рапортуют сами авторы метода [1]. Теперь имея на руках эту картин, стало ясно, почему это так.

Второе важное следствие, по сути, такое же как и для **word2vec** состоит в следующем, что поскольку рост плотности матрицы взаимной информации в зависимости от сила слов в текстовом корпусе даже слабее линейного, то сам алгоритм **GloVe**, который непосредственно работает с хранимой в памяти матрицей взаимной информации в теории должен иметь сложность меньше линейной, а значит теоретически даже обгонять **word2vec** на больших данных, если процедура сбора и записи статистики работает быстро⁸.

⁷ Порядка 10 млн. запросов.

⁸ Надо понимать, что процедура сбора статистики, хотя и работает быстро, при качественной реализации, не может иметь сложность меньшую, чем $O(n)$.

Метод GloVe

Метод, запечатленный в работе, [4] реализует выражение (5), чего он достигает за счет минимизации выражения (12) методом градиентного спуска [5]⁹

$$E = \sum_{i=1, j=1}^{n, n} (W_{n \times m} C_{n \times m}^T - P_{n \times n})^2 \quad (12)$$

Весомым преимуществом данного метода является его хорошая сходимость, а также качество получаемого результата, которое [4] превосходит **word2vec**.

Данный метод двухфазный, на первой фазе происходит накопление статистики, а именно вероятности слов и матрицы взаимных вероятностей. На второй фазе происходит собственно сам процесс факторизации. Факторизация использует тот же принцип, что и **word2vec** а именно негативное семплирование (*negative sampling*). Негативное сэмплирование — это процесс, при котором, параметры слов, не употребляемых в одном контексте, делаются различными. Вероятность слов собранная на первом этапе используется для такого негативного сэмплирования. Поскольку, матрица взаимной информации сильно разрежена (как kN , где $k \approx 12$), то получается так, что можно сэмплировать слова не обращая внимания на то $PMI(w, c) \neq 0$ (где c — негативно семплированное слово) в некоторых ситуациях, поскольку в силу вышеуказанной причины это статистически не значимо. Практика показывает, что число негативно семплированных слов на одно положительное должно быть где-то 5^{10} . Алгоритм факторизации **GloVe** итеративный¹¹, на каждом эпохе происходит оптимизация всех параметров, хотя градиент рассчитывается для каждого слова отдельно. Имею в виду необходимость минимизации функционала (12) можно записать следующее выражение для одной эпохи оптимизации. Где для каждого слова выделяется словарный вектор W_i из матрицы $W_{n \times n}$ и словарные вектора из контекстных слов C_j и C_k из матрицы $C_{n \times n}$ и к ним применяется операция градиента (14) с целью минимизировать функционал (13)

$$E = \sum_{\forall P_{ij} \neq 0} (W_i C_j^T - P_{ij})^2 + \sum_{\forall i, k \in \text{sample}} (W_i C_k^T)^2 \quad (13)$$

Здесь показано, что хотя выражение (12) требует вычисления полной ошибки, в реальности вычисляется только та часть для которой $P_{ij} \neq 0$, и складывается с той частью, которая получается в результате негативного

⁹ Что был получить оригинальную формулу GloVe надо контекстную матрицу заменить на обычную, в св этой же работе далее будет использоваться эта формула.

¹⁰ Чем больше текстовый корпус, тем меньше, но не меньше 3.

¹¹ Хватает 100, дальше либо останавливать оптимизацию, либо уменьшать параметр скорости обучения.

сэмплирования. Грубо говоря, так, ошибка есть сумма квадратов разности, где разность — это воспроизведенная взаимная вероятность¹² слов минус действительная, плюс то же самое, но только от случайных слов, для которых воспроизведенная взаимная вероятность должна быть равной нулю. От данной ошибки берется градиент, умножается на скорость обучения и вычитается из параметров для слова и для контекстных слов, как позитивных, так и негативных.

Упомянем вкратце, фазу сбора статистики. Если сбор вероятности слов текстового корпуса представляется очевидным¹³, то сбор матрицы взаимной информации требует некоторых пояснений. Матрицу взаимной информации можно определить поэлементно как (15).

$$P_{ind(h),ind(k)} = \sum_{h \in T, k \in T, |h-k|=p} f(h,k),$$

где как правило $f(h,k) = 1$ (15)

Где $f(h,k)$ некая формула, которая обычно, и в данной работе тоже, является просто положительной константой (единица), но вообще говоря, может принимать большие значения для более близких слов. Соответственно T — это массив номеров слов, а $ind(h)$ это функция получения номера в матрице $P_{n \times n}$ по номеру слова в текстовом корпусе, а p — это расстояние, в рамках которого слова считаются принадлежащими одному контексту.

Метод word2vec

В отличие от предыдущего метода, данный метод не содержит в себе фазы предварительного сбора статистики. Если упростить все до предела, то метод можно описать так: предварительно создается матрица (одна или две, обычная и для контекстных слов) заполненная случайными значениями (как и в предыдущем методе). Далее алгоритм пробегает по всем словам и вектора соответствующие близким словам, делает чуть более одинаковыми, а для далеких, чуть более разными¹⁴. Вот и вся суть алгоритма.

Если говорить конкретно о методе word2vec, то он стремится к выражению (10), путем максимизации следующего функционала (16).

¹² Которая есть просто скалярное произведение о вектора слова на вектор контекстного слова.

¹³ За исключением, того что в литературе [4] упоминается желательность нормализации вероятностей степенью 0.75. Практика показала, что результаты действительно значительно улучшаются, причем в независимости от метода использующего негативное сэмплирование.

¹⁴ Под близкими понимаются слова, в рамках некоторого окна/радиуса друг от друга, как и в случае **GloVe**. Под далекими понимаются, слова полученные с помощью негативного сэмплирования.

$$J = \sum_{\forall (i,j) \in T} \ln \sigma(V_i C_j) + \sum_{\forall (i,k) \in T} \ln \sigma(-V_i C_k) \quad (16)$$

Где V_i, C_j, C_k это словарные вектора слов с номерами i, j, k принадлежащие матрицам $W_{n \times n}$ и $C_{n \times n}$ соответственно. Но на практике же применяется несколько иной функционал (15).

$$J = \sum_{\forall (i,j) \in T} \ln \sigma(V_i C_j) + \sum_{\forall (i,k) \in f_{sample}} \ln \sigma(-V_i C_k) \quad (17)$$

Разница в том, что как и для алгоритма **GloVe**, вместо пар не принадлежащих текстовому корпусу, рассматриваются пары полученные в результате негативного сэмплирования¹⁵, где как и в случае **GloVe** они совершенно не обязательно будут именно негативными, в том смысле что их взаимная информация не будет равной нулю, хотя как и **GloVe** это не влияет на сходимость, в силу тех же причин¹⁶. Далее для каждого слова и его контекстных (а также негативных) применяется градиент (16) в режиме онлайн (по мере прохождения текстового корпуса).

Данный метод неработоспособен если в текстовом корпусе, будут слова (или замкнутой группы), которые не встречаются ни с какими словами (одно слово в предложении), так как это приводит к несходимости. В процессе негативного сэмплирования, словарный вектор данного слова, отдаляется от словарных векторов всех слов (поскольку ни с одним из слов не используется в одном контексте). Таким образом, достаточно быстро словарный вектор этого одинокого слова растет по модулю. В то же время, от самого такого одинокого слова, словарные вектора других слов так же “отдаляются” путем вычитания, но поскольку словарный вектор *одинокого* слова становится велик, сами эти словарные вектора тоже неограниченно растут. В результате работы метода, словарные вектора слова неограниченно растут, что приводит к ошибке. При наличии избыточного числа элементов словарного вектора по отношению к размеру словаря уникальных слова, описанные проблемы усугубляются¹⁷.

Выводы

Описанные выше методы лексической параметризации, со всей очевидностью могут быть усовершенствованы с ценою потери простой интерпретации получаемых параметрических моделей. К примеру, если описанную, или подобную, но более подробную статистику попытаться факторизовать нейросетью, то не ясно, что будет с феноменом статистической аналогии.

¹⁵ По заранее собранной вероятности слов.

¹⁶ Добавим также, что по-другому для метода word2vec и быть не может, поскольку в явном виде он матрицу взаимной информации не собирает.

¹⁷ так же автору данной работы так и не удалось стабилизировать работу с использованием двух матриц (основной и контекстной).

ЛИТЕРАТУРА

1. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality авторы: Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean
2. word2vec Explained: Deriving Mikolov et al.'s Negative-Sampling Word-Embedding Method авторы: Yoav Goldberg, Omer Levy
3. Neural Word Embedding as Implicit Matrix Factorization авторы: Yoav Goldberg, Omer Levy
4. GloVe: Global Vectors for Word Representation авторы Jeffrey Pennington, Richard Socher, Christopher D. Manning
5. Методы оптимизации в примерах и задачах. Пантелеев А. В., Летова Т. А. (2005, 544с.)
6. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М.: Мир, 1980. — 456 с.

© Закиров Марат Энварович (marat61@gmail.com). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ОБЛАЧНЫЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

THE MODERN CLOUD SYSTEMS: PROBLEMS OF QUALITY AND RELIABILITY OF INFORMATION TRANSMISSION

I. Zakharov

Summary. This article describes the main approaches to ensuring quality and reliability of information transfer the most famous and popular cloud platforms. During the study used information testing company Nasuni. The conclusion is that, despite the apparent success of Microsoft in the study of 2015, the platform can not be recognized as the indisputable market leader.

Keywords: cloud computing, communication, quality, reliability, error.

Захаров Иван Леонидович

Войсковая часть № 03340,
дежурный инженер подразделения
blackmore09218@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные подходы к обеспечению качества и надежности передачи информации наиболее известными и популярными облачными платформами. В ходе проведения исследования использована информация тестирования компании Nasuni. Сделан вывод о том, что, несмотря на явные успехи Microsoft в исследовании 2015 года, данная платформа не может быть признана несомненным лидером рынка.

Ключевые слова: облачные вычисления, передача информации, качество, надежность, ошибка.

В современных условиях облачные вычисления (англ. cloud computing), еще недавно являющиеся инновационной технологией распределенной обработки данных, объединяющей информационные ресурсы различных аппаратных платформ, уже не вызывают вопросов и сомнений в качестве широко используемой системы хранения информации и передачи данных.

Технология обеспечивает повсеместную и удобную масштабируемую возможность доступа к сторонним вычислительным мощностям в виде услуги, предоставляемой через Интернет. Для потребителя приложения работают в графическом интерфейсе привычного браузера на локальном ПК или в специальной программе, отвечающей за доступ к облаку. При этом все остальные приложения и их данные находятся на удаленном сервере, доступном через Интернет [3].

Являясь логическим продолжением развития систем распределенных вычислений, облачные вычисления помимо технологической, технической и организационной составляющих для потребителя сегодня представляют собой и бизнес-модель, в рамках которой пользователь оплачивает лишь реально потребляемые им информационные ресурсы.

В России и мире все больше компаний склоняется к использованию технологии облачных вычислений как услуги обработки информации, позволяющей сэкономить средства на IT-бюджете и оптимизировать работу компании. Организационные и экономические преиму-

щества облачной модели потребления услуг в сравнении с традиционными моделями и процессами использования информационных технологий на предприятиях и в организациях становятся очевидными руководству различных компаний во всех отраслях экономики [1].

Вместе с развитием технологии облачных вычислений и ее несомненными преимуществами перед пользователем встает вопрос выбора вендора, который смог бы обеспечить наиболее высокое качество предоставляемых услуг, а также наивысшую надежность хранимым данным в облаке и передаваемой информации.

Сегодня на мировом рынке услуг в области облачных вычислений лидерами являются такие крупнейшие вендоры, как Amazon, Google и Microsoft.

С позиции оценки качества и надежности предоставляемых услуг в области облачных вычислений интересным выглядит оценка указанных вендоров, проведенная компанией Nasuni, предлагающей на рынке готовые решения инфраструктуры хранилищ данных в виде сервисов. В исследовании 2015 года специалисты Nasuni оценивали качество предоставления услуг на платформах Microsoft Azure Blob Storage, Simple Service Storage от Amazon (S3), а также Google Cloud Storage [6].

В ходе проведенного исследования платформа Microsoft показала наилучшие результаты в тестах на скорость записи данных небольшого объема в облачное хранилище, обогнав своих конкурентов в 13 из 23 отдельных тестов. На втором месте с большим отстав-

нием было облако от Amazon, а на третьем — от Google (практически вдвое проиграв Microsoft).

Тем не менее, для файлов размером более 1 Мб, Amazon показал общую максимальную производительность записи. Google и Microsoft находились на одном уровне друг с другом, по существу вдвое проигрывая Amazon.

С точки зрения производительности чтения, Microsoft также превзошел другие облачные платформы. Показатель Amazon незначительно ниже Microsoft в тестах производительности записи, но Google показал наихудший результат, достигнув лишь около половины уровня Microsoft в чтении небольших по размеру файлов (до 1 Мб).

Также, как и в тестах записи, Amazon значительно превзошел показатели Google и Microsoft на больших размерах файлов (свыше 1 Мб).

Превосходство реальной производительности Microsoft было подтверждено и в тесте удаления файлов: платформа действует быстрее более чем в 2 раза в сравнении с Amazon и почти в 5 раз быстрее, чем Google.

Тестирование отзывчивости облачных сервисов было измерено из расчета времени ответа на запросы операций чтения/записи/удаления за период времени в 30 дней. Сервисы Amazon и Microsoft продемонстрировали наилучшие результаты со средним значением отзывчивости в 0,1–0,14 с. Google же со средним временем отклика 0,5 с оказался 4–5 раз медленнее лидеров.

Тестирование показало отличную масштабируемость облачных хранилищ Amazon, Microsoft и Google, на производительность которых не влияет количество загружаемых объектов. При этом Google на сегодняшний день обладает наилучшими показателями дисперсии среди всех рассмотренных платформ.

Проведенное исследование показало, что на сегодняшний день технологии Microsoft по хранению документов в облаках выглядят наиболее привлекательными, исходя из технических характеристик производительности, прежде всего, скорости чтения/записи/удаления данных среди разных размеров файлов, отзывчивости и самого низкого уровня ошибок. Важно отметить, что в более ранних отчетах компании Nasuni за 2013–2014 гг. [5] лучшие показатели принадлежали платформе Amazon.

Можно сделать вывод, что ситуация на рынке изменчива. На сегодняшний день высокопроизводительное, надежное и масштабируемое решение на облачных платформах требует от компаний-вендеров значитель-

ных усилий, инновационных решений и постоянных инвестиций.

Несмотря на явные успехи Microsoft в исследовании 2015 года, данная платформа не может быть признана несомненным лидером рынка.

Необходимо отметить, что отечественные компании также представляют услуги хранения электронных документов в облаке. Так, среди наиболее популярных бесплатных облачных хранилищ данных следует выделить Яндекс.Диск и Облако@mail.ru.

Яндекс.Диск представляет собой бесплатный облачный сервис от компании «Яндекс», позволяющий частным пользователям хранить свои данные на серверах в облаке и передавать их другим пользователям в интернете. Работа хранилища построена на синхронизации данных между различными устройствами. Ранее, до запуска Яндекс.Диска, функции хранения пользовательских файлов на Яндексе выполнял сервис Яндекс.Народ. Кроме того, Яндекс.Диск может выступать в качестве службы облачного сервиса, интегрируясь в офисный пакет Microsoft Office 2013 [4].

Облако@mail.ru является достаточно новым (начал функционировать в конце лета 2013 года) и очень перспективным облачным хранилищем данных от компании Mail.Ru Group, позволяющее пользователям хранить свои данные в облаке и синхронизировать данные на разных устройствах, а также делиться ими с другими пользователями. Спецификой сервиса является беспрецедентно большой размер дискового пространства, предоставляемого на бесплатной основе пользователю (до 100 Гб облачного хранилища). Пользоваться облаком можно не только через веб-интерфейс, но через десктопные (для Windows и Mac OS) и мобильные приложения для Android и iOS. Для самых продвинутых пользователей сделан специальный клиент под Linux [2].

Вместе с тем, важно отметить, что пока облачные сервисы Яндекс.Диск и Облако@mail.ru не получили широкого распространения и не могут быть сравнимы по своим показателям с лидерами мирового рынка облачных вычислений.

Таким образом, по итогам анализа проблем качества и надежности передаваемой информации в современных облачных системах можно сделать следующие выводы:

1) лидерами мирового рынка облачных вычислений являются платформы компаний Amazon, Google и Microsoft;

2) наилучшими показателями качества и надежности передачи информации обладает технология Microsoft,

исходя из технических характеристик производительности, прежде всего, скорости чтения/записи/удаления данных среди разных размеров файлов, отзывчивости и самого низкого уровня ошибок;

3) лидерство платформы Microsoft не является исключительным. Ситуация на рынке изменчива и требует

от вендоров значительных усилий, инновационных решений и постоянных инвестиций;

4) отечественные облачные сервисы Яндекс.Диск и Облако@mail.ru не получили широкого распространения и пока не могут быть сравнимы по своим показателям с лидерами мирового рынка облачных вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батура Т. В., Мурзин Ф. А, Семич Д. Ф. Облачные технологии: основные понятия, задачи и тенденции развития // Программные продукты, системы и алгоритмы. URL: <http://swsys-web.ru/cloud-computing-basic-concepts-problems.html>.
2. Облако@mail.ru. URL: <https://cloud.mail.ru>.
3. Облачные вычисления (Cloud computing). URL: <http://www.tadviser.ru/index.php>.
4. Яндекс.Диск. URL: <https://disk.yandex.ru>.
5. Nasuni Corporation. URL: <https://www.nasuni.com>.
6. The State of Cloud Storage. URL: <http://www6.nasuni.com/rs/nasuni/images/Nasuni-2015-State-of-Cloud-Storage-Report.pdf>.

© Захаров Иван Леонидович (blackmore09218@yandex.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ СХОЖЕСТИ ДЕФЕКТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК ПОДЗАДАЧА РАНЖИРОВАНИЯ СПИСКА ДЕФЕКТОВ ПРИ ФИНАЛЬНОМ ПРИЁМОЧНОМ ТЕСТИРОВАНИИ

Панков Иван Данилович

Аспирант, Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской
Федерации, г. Москва,
pankov.i.d@gmail.com

ANALYSIS OF THE SIMILARITY OF SOFTWARE DEFECTS AS A SUBTASK OF RANKING OF DEFECTS IN THE FINAL ACCEPTANCE TESTING

I. Pankov

Summary. this article addresses the background of the problem of finding similar defects in the working process of the Department of business quality control for IT companies, specifies whether to search for similar defects in the framework of the task of ranking defects by severity. Given an overview of the standard methods of parameterization of the texts, the metric of the similarity of the two defects and a set of heuristics, allowing improving used method of finding duplicates. Standard metrics for finding the quality of the list of similar defects was defined. Given the main directions for improving the current methodology.

Keywords: Analysis of the similarity of texts, processing of technical documentation, analysis of software defects, text-mining, information retrieval.

Аннотация. в данной статье затрагиваются предпосылки возникновения задачи поиска схожих дефектов в рабочем процессе отдела бизнес-контроля качества IT компаний, обосновывается необходимость поиска похожих дефектов в рамках задачи ранжирования дефектов по важности. Приведен обзор стандартных методов параметризации текстов, затронуты метрики схожести описания двух дефектов и набор эвристик, позволяющих увеличить значение метрик схожести заведомо похожих дефектов. Определены стандартные метрики выявления качества списка похожих дефектов и предложен новый. Намечены основные направления по улучшению существующей методики.

Ключевые слова: Анализ схожести текстов, обработка технической документации, анализ дефектов, информационный поиск, интеллектуальный анализ текста.

Задача, с которой часто сталкивается отдел бизнес-контроля качества — финальная приемка перед выпуском новой версии продукта на рынок. Задача нетривиальная, ведь каждый новый продукт технически сложен.

В рамках этой задачи анализируется набор дефектов D, в котором содержатся два подмножества — исправленных в рамках релиза дефектов Dr (Defects resolved) и неисправленных Da (Defects active). Исходя из различных критериев приемки, которые приняты на разных предприятиях, бывают ситуации, когда продукт не разрешается к публикации, если среди дефектов Da присутствуют высокоприоритетные (High) или критичные (Critical). Такие требования понятны, но иногда приводят к ситуации, когда среди Da есть баги с заниженными приоритетами. В случае, если поиск высокоприоритетных дефектов среди подмножества Da оказывается верно организован и такие дефекты будут найдены в кратчайшие сроки, то у разработчиков остается время на исправление дефектов. Такое удачное стечение обстоятельств поможет продукту выйти на рынок в срок. В противном случае компания может столкнуться с откладыванием

выхода продукта до исправления выявленных дефектов, что повлечет за собой экономические потери и репутационные риски. Риски связанные с репутацией особенно актуальны в случае проведения активной маркетинговой компании приуроченной к выпуску продукта.

Таким образом, перед экспертами отдела бизнес-контроля качества стоит задача оценки всех дефектов группы Da за срок, отведенный для анализа проекта. Если на поздних этапах приемки темпы проверки отстают от запланированных, то может возникнуть ситуация, при которой эксперты вынуждены работать сверхурочно и с пониженной производительностью.

Данную проблему можно решить двумя способами — автоматическое ранжирование набора Da в порядке убывания потенциальной критичности, основанной на внутренней информации и поиск исторической информации о критичности похожих дефектах в более ранних версиях или параллельных продуктах. Если первая задача теоретически еще может быть решена без применения экспертной валидации, а только посредством проведения кросс-валидации и определения

размера ошибки на тестовой выборке, то вторая задача не может быть решена без экспертной оценки. Вторая задача является приоритетной еще по одной причине. Если для нового дефекта удастся найти похожий дефект с наличием Инцидентов у пользователей, то это может резко увеличить важность исходного дефекта.

В условиях, когда экспертное время слишком дорого для ручной оценки, настройка модели должна быть проведена автоматически без привлечения экспертов на первых этапах. Для понимания того, что же может быть показателем схожести дефектов, хорошо подходят данные о схожести, которые уже имеются в системе. Такими данными является информация о дублировании отчета о дефекте в системе. Данные о дубликатах дефектов имеются как в закрытых коммерческих системах ведения разработки, так и в открытых источниках вроде bugzilla.org. Очевидно, что если экстраполировать значение абстрактной меры схожести двух дефектов до максимума (1 при использовании коэффициента Жаккара и 0 при косинусной мере), то таким теоретическим максимумом должны обладать пары дефектов — Мастер-Дубликат, полностью друг друга копирующие «слово-в-слово». В исследуемой системе информация о дубликатах обозначалась явной связкой $\{D_m, D_d, 1\}$ (Master Defect — Duplicate Defect). К этим данным можно было добавить случайных шумовых пар $\{D_m, D_m, 0\}$ и выявить закономерности — что может являться признаком схожести дефектов.

Процесс обработки текстов

Для целей анализа схожести дефектов необходимо сравнить тексты, описывающие их — текстовые поля заголовка (Title) и описания (Description). В отдельных случаях можно дополнить информацию о дефекте данными из обсуждений дефекта (Comments), но они имеют несравнимо большую размерность и должны отдельно обрабатываться и разбиваться на несколько модулей (выделение разных частей — ссылки, машинный код, общение и обмен комментариями, автоматически генерируемые комментарии системы). Сложность так же вызывает тот факт, что в случае с обсуждением имеет значение очередность.

В [2] достаточно хорошо разобран ряд вопросов предварительной обработки (препроцессинга) текстов дефектов: как учитывать токены (текстовые единицы, в простейшей постановке вопроса — отдельные слова) и какая именно обработка нужна, как разделять тексты на токены, какие токены лишние, как учитывать токены, которые совместно создают неделимые смысловые единицы.

Стандартный подход к препроцессингу является относительно простой последовательностью применения методов: восприятие текстов как простой совокупности

слов, лемматизация, выделение коллокаций и квазиколлокаций (учет отрицания при токенах), стемминг отдельных токенов, применение tf-idf меры параметризации, нормализация. [2]

Далее будут рассмотрены некоторые из этих методов.

Преобработка методом Bag of words

Для анализа и сопоставления текстов двух дефектов их необходимо привести к набору параметров в векторном пространстве. Стандартным подходом при анализе схожести двух документов является подход оценки текста как совокупности всех слов (bag of words), при котором не оценивается семантика. [3] Такой подход позволяет абстрагироваться от сложных методов анализа смысла, содержащегося в дефекте. Негативной стороной данного подхода является потеря некоторой части информации, которая могла бы улучшить поиск похожих дефектов.

При подходе Bag of words чаще всего используются несколько стандартных способов измерения частот слов (Term Frequency, Term Occurrences, Binary Term Occurrences, TF-IDF) и их различные комбинации. Использование Binary Term Occurrences в начальной постановке задачи о поиске похожих дефектов может облегчить интерпретируемость результатов уберет необходимости в нормировке. Мера TF-IDF хорошо подходит для «информационно богатых» документов, но в задаче с небольшими описаниями дефектов лучше себя показывает мера IDF. [4] В описании дефекта редко встречаются повторы терминов, но некоторые термины (t) встречаются гораздо чаще других, что заставляет корректировать ситуацию с помощью меры IDF:

$$\text{idf}(t, D) = \log_2 \frac{|D|}{|d_i \supset t_i|} \quad (1)$$

где:

$|D|$ — количество документов в корпусе

$|d_i \supset t_i|$ — количество документов, в которых встречается t_i

Использование меры TF-IDF может слишком сильно увеличить вес слов, встречающихся чаще 1 раза за счет части TF (term frequency). Анализ частотностей токенов рассмотрен в последней части статьи.

Стоп слова, лемматизация, стемминг, выявление коллокаций

Подход «bag of words» сам по себе не гарантирует, что дефекты, для которых половина терминов будет схожа,

окажутся более близки, чем два других дефекта с полностью различными наборами слов. Связанно это с тем, что половина слов в этих дефектах может быть просто высокочастотны, а слова, действительно важные для понимания схожести, будут использоваться в различных формах и сочетаниях.

С проблемами стоп слов в некоторой мере помогает справиться мера *idf*, но на коллекциях документов с короткими текстами не всегда справляется с задачей отброса слишком частотных слов. Для этого используют списки стоп-слов, получаемые из национальных корпусов или же полученные через отношение частот в национальном корпусе и в исследуемом. Если исследуется узкоспециализированная тематика (набор дефектов программного продукта), то становится необходимым дополнительный список стоп слов, который формируется экспертами.

Лемматизация: Даже если удалить все незначимые слова, может оказаться, что некоторые важные слова встречаются в разных формах. Решить эту задачу помогает приведение к нормальной форме — лемматизация. После этого размерность обычно уменьшается незначительно, но степень связанности текстов повышается резко за счет этих слов. [2] Иногда лемматизацию разумно провести до отброса стоп слов, особенно в случаях, когда отбрасывается топ самых частотных токенов.

Стемминг: В рамках задач обработки текстов не на естественном языке или смеси языков иногда встречаются слова, которые не представлены в словарях, но образованы при помощи спряжения транслитерации английских терминов («дампа» вместо «dump»). Привести к нормальной форме такие слова не удастся, в связи с чем приходится применять стемминг — усечение слов до основы с отбрасыванием окончаний и в некоторых случаях суффиксов.

Поиск коллокаций: Некоторые термины являются общеупотребимыми, но в паре с другими создают узкий термин, который не имеет ничего общего с изначальным, называемый коллокацией. Примером такой коллокации служит термин «Железная дорога». Если коллокация устойчивая и достаточно частотна (относительно других терминов), то её можно выявлять с помощью метрики *MI* (Mutual Information) с отсечением по порогу. [2] В работе с текстами дефектов хорошо себя зарекомендовал порог $MI \geq N$ для *N*-грамм с минимальной частотой встречаемости коллокации $v = 5$.

В практике возникали случаи, когда поиск коллокаций итерационно позволял выявить длинные фразы, генерируемые автоматически системой. Такие последовательности токенов в действительности должны вос-

приниматься как единый сигнал и токены, формирующие их, не должны учитываться отдельно.

Выявление коллокаций разумнее делать именно после этапа лемматизации, но до стемминга токенов. В противном случае можно исказить статистику встречаемости отдельных составных частей коллокации. Недостатком данной меры является завышение веса редких слов. Эту проблему успешно решают более высокие пороги *MI* и *v*.

В отличие от авторов [2] решено было не использовать *t-score* в виду сильной корреляции результатов на нашей небольшой коллекции документов.

Сравнение текстов двух дефектов

Хорошо разработанные подходы не всегда могут оказаться применимы на практике в виду специфики области применения. Далее будет продемонстрированы некоторые сложности стандартных подходов.

Близость двух дефектов по описаниям и заголовкам предлагается измерять в нескольких размерностях: сравнение только заголовков, сравнение только описаний, сравнение по всем имеющимся текстовым данным. [4] Кроме того, предлагается учитывать при анализе не только односложные токены (униграммы), но и биграммы — последовательности из двух токенов. [2] Однако подход, основанный на униграммах за счет снижения точности позволяет справиться с ростом разреженности параметрического пространства дефектов.

В рамках изучения коллекции дефектов предприятия *X* возникла ситуация сильной разреженности векторного пространства признаков. На небольшой коллекции в 10000 документов число токенов, встретившихся более чем в двух различных документах, составляет несколько более 15000 единиц, что означает большое число размерностей. Распределение частотностей токенов представлено на рисунке 1.

Однако количество словоформ (без фильтрации стоп-слов) в каждом дефекте на порядок меньше. На рисунках 2 и 3 представлено распределение длины заголовков и описаний соответственно.

Препроцессинг заголовков и описания дефектов снижает число признаков с 15000 лишь до 13000, что связано с огромным числом несловарных токенов, в том числе профессиональных жаргонизмов, наличие частей программного кода в описании дефекта. Одно из решений данной проблемы заключается в исключении всех несловарных токенов, но это может повлечь за собой потерю всей специфической информации и поиску стилистических особенностей дефекта. В конечном итоге

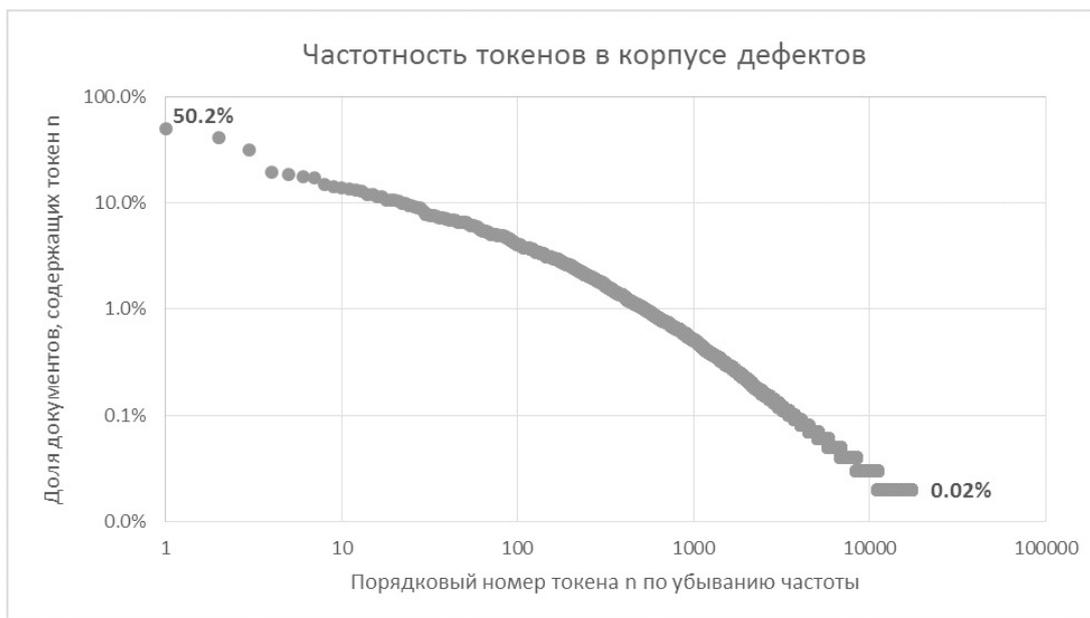


Рисунок 1. Частотность токенов в корпусе дефектов

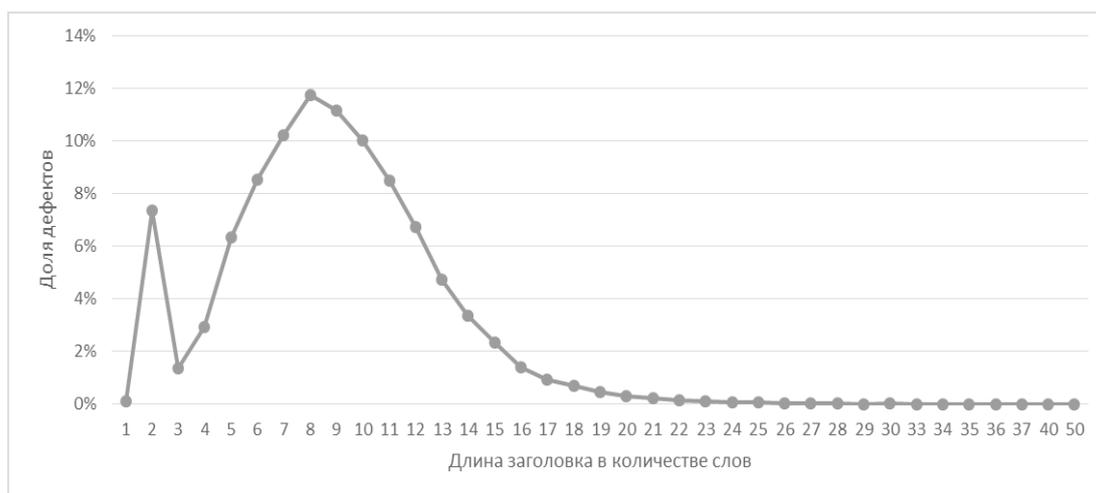


Рисунок 2. Распределение количества токенов в заголовках дефектов

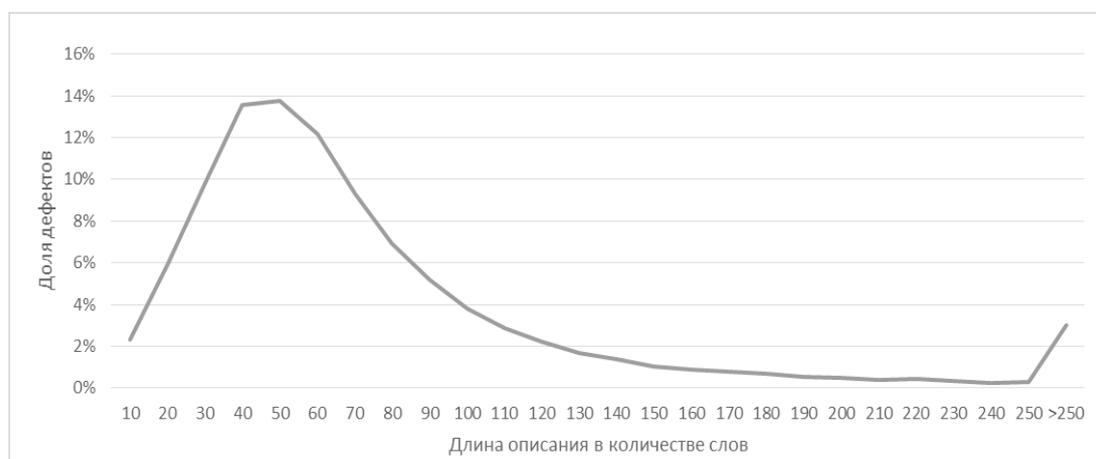


Рисунок 3. Распределение количества токенов в описаниях дефектов

дефекты группируются в кластеры, главной характеристикой которой был специфический стиль автора отчетов о дефекте.

На рисунке 2 можно увидеть скачок в распределении для двух слов. Это связано с автоматической генерацией большого числа дефектов по событию. Заголовков таких автоматических дефектов всегда состоит из двух токенов — событие и условие. Эта информация важна для поиска схожести двух дефектов, но полное совпадение таких лаконичных заголовков еще не гарантирует, что причины возникновения дефекта идентичны. При такой разреженности разумно использовать подходы, хорошо работающие с разреженными матрицами.

Анализ схожести

Для анализа схожести дефектов использовалась косинусная мера и метод поиска ближайшего соседа. Для целей проверки точности обученной модели была собрана выборка из пар $\{D_m, D_d, 1\}$ и $\{D_m, D_m, 1\}$. Если у D_m было более 1 дубликата D_m-d , то все D_m-d устанавливались в однозначное соответствие D_m-d_i — D_m-d_j ($i > j$) по дате заведения. Так удалось решить проблему с кликами неявных дубликатов.

В ходе анализа для каждого дефекта формировалась выборка N ближайших соседей и считалась доля дубликатов среди найденных соседей. При низкой точности модели увеличение числа соседей увеличивает долю дубликатов среди ответов, но нужно помнить, что экспертам будет необходимо проверять эти N соседей, что влечет сложность использования модели. Для устранения этой проблемы в будущем планируется введение регуляризации и настройка порога отсека по расстоянию для рекомендации $\leq N$ соседей с целью увеличения точности.

Итоги

Подход, опробованный на коллекции тестовых документов, является стандартным для работы с большими корпусами. Но в данном случае стало очевидно, что необходим уход к меньшим размерностям без потери смысла в виду малого набора документов в корпусе дефектов. Более сложный подход, который планируется реализовать в ближайшей модификации — использование набора синонимов и замена всех слов на центральный термин в кластере синонимов. Для этого предполагается расширить выборку данными из комментариев, обучить модель Word2Vec или использовать тематическое моделирование на используемом корпусе и выделить кластеры синонимов значимых слов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М. А. Разработка общей методологии анализа общественного мнения Интернет-сообщества и ее приложение к заданным темам (власть, экономика, коррупция и пр.) на основе инструментов Data/Text Mining // Москва, 2013. — 204 с.
2. Большакова Е. И., Клышинский Э. С., Ландэ Д. В., Носков А. А., Пескова О. В., Ягунова Е. В. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие — М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.
3. Маннинг Кристофер Д., Рагхаван Прабхакар, Шютце Хайнрих, Введение в информационный поиск, — М.: Вильямс, 2014. — 528 с.
4. Chengnian Sun¹, David Lo², Xiaoyin Wang³, Jing Jiang², Siau-Cheng Khoo A Discriminative Model Approach for Accurate Duplicate, Bug Report Retrieval, Cape Town, South Africa, 2010
5. Hooimeijer P., Weimer W. Modeling Bug Report Quality // ASE'07, Atlanta, Georgia, USA, 2007

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ ТИПА VES-ФУНКЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

THE USE OF PRODUCTION VES-FUNCTIONS TO SIMULATE THE FUNCTIONING OF THE SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

G. Sokol

Summary. The article presents the results of a comparative analysis of the functioning of economic systems modeling using known analytical dependence for VES-function, and the author of the proposed algorithm for constructing this type of production functions, which showed the feasibility of using it to solve problems of this kind. In the simulation used the statistics published in the press.

Key words: Production function, substitution of labor by capital, the elasticity of substitution of capital for labor, variable elasticity.

Сокол Глеб Андреевич

Аспирант, Югорский государственный университет

(г. Ханты-Мансийск)

sokolgleb@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа моделирования функционирования экономических систем с использованием известных аналитических зависимостей для VES-функций и предложенного автором алгоритма построения производственных функций этого вида, которые показали целесообразность его использования для решения задач такого вида. При моделировании использовались статистические данные, опубликованные в открытой печати.

Ключевые слова: производственная функция, эластичность замещения труда капиталом, переменная эластичность замещения труда капиталом.

1. Введение

Определение основных показателей, как функционирования экономических и производственных систем осуществляется, как правило, с использованием производственных функций (ПФ). Последние являются одним из инструментов экономико-математического моделирования процесса производства, если его рассматривать как открытую систему, входами которой являются затраты ресурсов (материальных и людских), а выходы представляют собой производимую продукцию. Производственные функции чаще всего используются для анализа влияния ряда ключевых факторов (входов) на результаты процесса производства (выхода). Это обусловлено тем, что ПФ в целом отражают достаточно устойчивые количественные соотношения между его входами и выходами.

Наибольшее распространение при моделировании функционирования экономических систем получили ПФ, известные как неоклассические производственные функции. Это обусловлено, во-первых, тем, что они оперируют, как правило, только двумя факторами затрат производства — агрегированными факторами затрат труда L и капитала K , оказывающими наиболее существенное влияние на результирующий параметр функционирования данных систем — объем производства Y , а, во-вторых, для определенного вида этих функций — CES — функций (constant elasticity substitution production function) по-

лучены аналитические выражения с учетом ключевых свойств неоклассических производственных функций.

Вместе с тем, сложность экономических систем, для описания функционирования которых применяются неоклассические производственные функции вида CES-функции, не всегда позволяет утверждать, что значения эластичности замещения труда капиталом σ в рассматриваемых системах постоянны, поскольку данная ситуация является наименее распространенной в реальных условиях функционирования экономических систем.

Видом неоклассических производственных функций, учитывающим изменения значений эластичности замещения труда капиталом σ в экономических системах, являются VES-функции (variable elasticity substitution production function). В настоящее время известен ряд вариантов аналитического представления производственной функции вида VES-функция (табл. 1). Все параметры $A, a, b, c, \alpha, \beta, \lambda$ представленных в табл. 1 VES-функций оценивались авторами работ [1,2] на основании статистического анализа ретроспективных данных, характеризующих функционирование экономической системы. Сделанные этими авторами допущения относительно характера взаимосвязей между γ, σ и k , обеспечивают как изменения значений σ в зависимости от величины k , так и выполнение требований, предъявляемым к неоклассическим производственным функциям [3].

Таблица 1. Производственные функции вида VES-функции

Автор	Предельная норма замещения труда капиталом γ	Эластичности замещения труда капиталом σ	Общий вид VES-функции
Реванкар (Revankar N.S.) [1]	$\gamma = \alpha + \beta k,$ $\begin{cases} \beta > 0, \\ -\alpha/\beta < k. \end{cases}$	$\sigma(k) = 1 + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)k^{-1}; \alpha < 0, \alpha > 0;$ $\begin{cases} \sigma(k) < 1, \sigma(k) > 1, \\ \frac{d\sigma(k)}{dk} < 1, \frac{d\sigma(k)}{dk} > 1. \end{cases}$	$Y = Ae^{\lambda t} \left[(1 + \beta)KL^\beta + \alpha L^{1+\beta} \right]^{1/(1+\beta)}$
Фергюсон (Ferguson C.) [2]	$\gamma = k \left(\frac{1}{\alpha + \beta k} - 1 \right),$ $\begin{cases} 0 < \alpha < 1, \\ 0 < \alpha + \beta k < 1. \end{cases}$	$\sigma(k) = 1 - \frac{\beta k}{(\alpha + \beta k)^2 - \alpha}; \beta < 0, \beta > 0;$ $\begin{cases} \sigma(k) < 1, \sigma(k) > 1, \\ \frac{d\sigma(k)}{dk} < 1, \frac{d\sigma(k)}{dk} > 1. \end{cases}$	$Y = Ae^{\lambda t} K^\alpha L^{1-\alpha} e^{\beta k}$

Для использования приведенных в табл. 1 вариантов VES-функций необходимо дополнительно обосновывать возможность описания изменений величин γ и σ принятыми зависимостями.

В работе [4] предложена более общая методика построения неоклассических производственных функций вида VES-функции и представлены результаты реализации этой методики применительно к данным о функционировании экономики СССР в период с 1947 по 1966 г.г. [5]. Сравнительный анализ полученных расчетных значений Y и значений этого показателя, полученных с использованием производственных функций вида CES-функции [5], показывает более высокую точность оценок рассматриваемого показателя, получаемых по методике работы [4].

В данной статье представлены результаты сравнительного анализа оценок значений Y , полученных с использованием производственных функций вида VES-функции (табл. 1) и построенной по методике работы [4] по данным о функционировании экономики США, приведенным в работе [6].

2. Построение δ -однородных производственных функций типа VES-функция

Идентификация структуры производственной функции осуществляется в результате решения следующей системы дифференциальных уравнений [3]:

$$\begin{cases} \frac{g'(k)}{g(k)} = \frac{\delta}{\gamma(k) + k}, \\ \frac{\gamma'(k)}{\gamma(k)} = \frac{1}{k\sigma(k)}. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь δ — показатель однородности производственной функции; k — фондовооруженность: $k = K/L$; $g(k)$ — модифицированная производственная функция:

$$Y = f(K, L) = L^\delta f(1, k) \Rightarrow \frac{Y}{L^\delta} = y = f(1, k) = g(k). \quad (4)$$

$\gamma(k)$ — предельная норма замещения труда капиталом; $\sigma(k)$ — эластичностью замещения труда капиталом для δ — однородной производственной функции.

Величина $\sigma(k)$ задается некоторой функцией, а $\gamma(k)$ и $g(k)$ определяются из решения системы (3). Непосредственно $f(K, L)$ определяется по функции $g(k)$ согласно (4). В работе [4] доказано существование и единственность решения системы (3), что позволяет осуществить построение δ — однородной производственной функции типа VES-функция.

При заданном значении δ (выбор значения $\delta \in (0, 1]$ осуществляется согласно предварительно сформулированному оптимизационному критерию) достаточно построить функцию $g(k)$, которую можно определить следующими выражениями с учетом структуры функции $\sigma(k)$ [4]:

$$\gamma(k) = b \cdot \exp\left(\int_a^k \frac{dt}{\sigma(t)t}\right). \quad (5)$$

$$g(k) = c \cdot \exp\left(\int_a^k \frac{\delta dt}{\gamma(t)t}\right), \quad (6)$$

где a, b, c — некоторые положительные постоянные.

В качестве $\sigma(k)$ можно выбрать, например, некоторую непрерывную кусочно-линейную функцию.

При построении функции $g(k)$ необходимо обеспечить выполнение основных свойств неоклассических производственных функций [4], в том числе:

$$\frac{dg(k)}{dk} > 0 \Rightarrow \delta g(k) - k \frac{dg(k)}{dk} > 0. \quad (7)$$

$$\frac{d^2g(k)}{dk^2} < 0 \Rightarrow \delta(\delta-1)g(k) + 2k(1-\delta) \frac{dg(k)}{dk} + k^2 \frac{d^2g(k)}{dk^2} < 0. \quad (8)$$

Исходными данными для построения неоклассической δ — однородной производственной функции типа VES-функция являются множества значений объемов выпуска продукции $Y = f(L, K) — Y = \{Y_i\}$, ($i=1, \dots, n$) и соответствующие значения $K = \{K_i\}$, $L = \{L_i\}$ в стоимостном или индексном выражении, характеризующие функционирование рассматриваемой экономической системы в каждый момент времени T_i в течение определенного интервала времени $[T_1, T_n]$. Также задаются значения показателя однородности $\delta_j: \delta_j \in]0, 1]$. По этим данным определяются значения фондовооруженности рассматриваемой экономической системы:

$$k_i = \frac{K_i}{L_i} \text{ и значения функции } g^{\delta_j}(k_i) \text{ при фиксированном значении } \delta_j: \delta_j: g^{\delta_j}(k_i) = \frac{Y_i}{L_i^{\delta_j}}.$$

Далее выполняются следующие процедуры.

1. Значения функции $g^{\delta_j}(k_i)$ упорядочиваются по возрастанию значений k_i , формируя ряд $g_{ij} (i=1 \dots nl; nl=n)$.

2. Значения g_{ij} аппроксимируются функциями \tilde{g}_{ij} , удовлетворяющими требованию

$$F_j = \sum_{i=1}^{nl} (g_{ij} - \tilde{g}_{ij})^2 \rightarrow \min. \quad (9)$$

с учетом неравенства $0 < \sigma \leq 1$ и ряда ограничений, включая (7,8), в которых дифференциальные неравенства заменяются на их разностные аналоги:

$$\delta_l \tilde{g}_{ij} - k_l \frac{\tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{ij}}{k_{i+1} - k_l} > 0; \frac{\tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{ij}}{k_{i+1} - k_l} > 0; \frac{\tilde{g}_{i+2j} - \tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{ij}}{k_{i+2} - k_{i+1} - k_{i+1} - k_l} > 0. \quad (10)$$

$$\delta_j (\delta_j - 1) \tilde{g}_{ij} + 2k_i (1 - \delta_j) \frac{\tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{ij}}{k_{i+1} - k_l} + k_j^2 \frac{\tilde{g}_{i+2j} - \tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{ij}}{k_{i+2} - k_{i+1} - k_{i+1} - k_l} < 0. \quad (11)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{(k_{i+1j} - k_{ij})(\gamma_{i+1j} + \gamma_{ij})}{(\gamma_{i+1j} - \gamma_{ij})(k_{i+1j} + k_{ij})} \leq 1. \quad (12)$$

$$\gamma_{ij} = \delta_j \cdot \tilde{g}_{ij} \frac{k_{i+1j} - k_{ij}}{\tilde{g}_{i+1j} - \tilde{g}_{ij}} - k_{ij}. \quad (13)$$

3. По значениям \tilde{g}_{ij} согласно (12,13) определяются значения величин γ_{ij} и σ_{ij} .

4. Полученные значения σ_{ij} , σ_{ij} при допущении $\sigma_{n_i} = \sigma_{n_i-1} = \sigma_{n_i-2}$ аппроксимируются кусочно-линейными функциями с параметрами:

$$e_l = \frac{\sigma_{i+1j} - \sigma_{ij}}{k_{i+1} - k_l}, d_l = \frac{\sigma_{ij} \cdot k_{i+1} - \sigma_{i+1j} \cdot k_l}{k_{i+1} - k_l}, (l=1 \dots n_j) \quad (14)$$

5. Согласно (5) с учетом (14) рассчитываются значения $\bar{\gamma}_{ij} (i=1, \dots, nl)$:

$$\bar{\gamma}_{ij} = \bar{\gamma}_{i-1j} \cdot \exp\left(\int_{k_i}^{k_{i+1}} \frac{dt}{(e_l \cdot t + d_l)t}\right).$$

Для $l=1$ значение $\bar{\gamma}_{ij}$ определяется выражением (13).

6. Полученные значения $\bar{\gamma}_{ij}$ по аналогии с (14) аппроксимируются кусочно-линейными функциями вида $v_l \cdot t + w_l$.

7. На основании (6) при допущении, что для $l=1$ значение $g_{ij} = \tilde{g}_{ij}$, рассчитываются значения функции \bar{g}_{ij} :

$$\bar{g}_{ij} = \bar{g}_{i-1j} \cdot \exp\left(\int_{k_i}^{k_{i+1}} \frac{\delta_j dt}{(v_l \cdot t + w_l)t}\right),$$

где v_l, w_l — параметры кусочно — линейных функций, используемых для аппроксимаций $\bar{\gamma}_{ij}$.

8. Определяется относительная погрешность $\bar{\gamma}_{ij}$:

$$\varepsilon_{ij} = \left| \frac{\bar{g}_{ij} - g_{ij}}{g_{ij}} \right| \quad (15)$$

и соответствующая ей величина среднеквадратического отклонения $s_{\varepsilon_{ij}}$.

Из всех вариантов построенных функций \bar{g}_{ij} выбирается тот, который обеспечивает наименьшее

Таблица 2. Зависимости для VES-функций [2]

№	Интервал	Вид производственной функции VES-функция [2]	Интервал	Значения σ
ПФ1	1943–1968	$Y = 6,2705e^{0,0183t} (7,7501KL^{6,7501} - \dots - 0,3025L^{7,7501})^{0,129}$	1947–1968	$1 - 0,0448k^{-1}$
ПФ2	1943–1968	$Y = 21,5091e^{0,0181t} K^{0,4657} L^{0,5343} e^{-2,5361k}$	1947–1968	$1 + \frac{ak}{[b-ak]^2 - b}$ $a = 2,5361;$ $b = 0,4657.$

Таблица 3. Значения производственных функций ПФ1 и ПФ3, рассчитанные за период с 1947 по 1968 г.г.

Год	Y	ПФ1	$\sigma_{ПФ1}$	$\varepsilon_{ПФ1}$	ПФ3	$\sigma_{ПФ3}$	$\varepsilon_{ПФ3}$
1947	77657	80706	0,6450	0,0393	79790	0,1303	0,0275*
1948	83484	84846	0,6503	0,0163	85049	0,1303	0,0187
1949	79274	82733	0,6524	0,0436	83339	0,1303	0,0513
1950	91946	88320	0,6549	0,0394	89332	0,0188	0,0284
1951	101840	96303	0,6564	0,0544	97694	0,1477	0,0407
1952	102199	100519	0,6578	0,0164	102117	0,0003	0,0008
1953	109438	107124	0,6593	0,0211	109033	0,0303	0,0037
1954	102252	104651	0,6559	0,0235	106043	0,0565	0,0371
1955	116237	110348	0,6572	0,0507	112000	0,0028	0,0365
1956	119274	115481	0,6570	0,0318	117214	0,0428	0,0173
1957	118988	118442	0,6551	0,0046	119921	0,0393	0,0078
1958	107741	113938	0,6527	0,0575	114810	0,0158	0,0656
1959	122448	120550	0,6549	0,0155	122076	0,0112	0,0030
1960	122276	123970	0,6559	0,0139	125692	0,0469	0,0279
1961	120357	124050	0,6570	0,0307	125902	0,0659	0,0461
1962	130589	130202	0,6583	0,0030	132401	0,0833	0,0139
1963	135569	133921	0,6598	0,0122	136341	0,0612	0,0057
1964	144393	139093	0,6611	0,0367	141943	0,1527	0,0170
1965	156481	148015	0,6624	0,0541	151161	0,1381	0,0340
1966	172171	160303	0,6637	0,0689	163861	0,1404	0,0483
1967	172015	166292	0,6654	0,0333	170307	0,1973	0,0099
1968	181604	173278	0,6674	0,0458	177808	0,1623	0,0209
Среднее значение $\bar{\varepsilon}_{ПФ1}$				0,0324	Среднее значение $\bar{\varepsilon}_{ПФ3}$		0,0255
Среднеквадратическое отклонение $S_{\varepsilon_{ПФ1}}$				0,0184	Среднеквадратическое отклонение $S_{\varepsilon_{ПФ3}}$		0,0178

* — здесь и далее выделены меньшие значения $\varepsilon_{ПФ3}$ по отношению к сравниваемой производственной функции.

значение среднеквадратического отклонения $S_{\varepsilon_{ij}}$ величины ε_{ij} и представляющий собой, в конечном итоге, неоклассическую δ -однородную производственную функцию типа VES-функция, описывающую функционирование рассматриваемой экономической системы в течение определенного интервала времени $[T1, Tn]$.

Совокупность, приведенных выше процедур п.п. 1–8, в целом формирует алгоритм построения δ -однородной

производственной функции типа VES-функция. Алгоритм был реализован с помощью пакета MatLab 7.0.

3. Апробация алгоритма построения δ -однородной производственной функции типа VES-функция

Апробация описанного выше алгоритма была осуществлена при построении δ -однородных производ-

Таблица 4. Значения производственных функций ПФ2 и ПФ3, рассчитанные за период с 1947 по 1968 г.г.

Год	Y	ПФ2	$\sigma_{ПФ2}$	$\varepsilon_{ПФ2}$	ПФ3	$\sigma_{ПФ3}$	$\varepsilon_{ПФ3}$
1947	77657	80832	0,2799	0,0409	79790	0,1303	0,0275
1948	83484	84914	0,2714	0,0171	85049	0,1303	0,0187
1949	79274	83780	0,2677	0,0568	83339	0,1303	0,0513
1950	91946	88342	0,2637	0,0392	89332	0,0188	0,0284
1951	101840	96306	0,2610	0,0543	97694	0,1477	0,0407
1952	102199	100502	0,2587	0,0166	102117	0,0003	0,0008
1953	109438	107087	0,2560	0,0215	109033	0,0303	0,0037
1954	102252	104664	0,2619	0,0236	106043	0,0565	0,0371
1955	116237	110343	0,2596	0,0507	112000	0,0028	0,0365
1956	119274	115482	0,2600	0,0318	117214	0,0428	0,0173
1957	118988	118473	0,2632	0,0043	119921	0,0393	0,0078
1958	107741	114007	0,2673	0,0582	114810	0,0158	0,0656
1959	122448	120589	0,2637	0,0152	122076	0,0112	0,0030
1960	122276	123991	0,2619	0,0140	125692	0,0469	0,0279
1961	120357	124050	0,2600	0,0307	125902	0,0659	0,0461
1962	130589	130179	0,2578	0,0031	132401	0,0833	0,0139
1963	135569	133870	0,2550	0,0125	136341	0,0612	0,0057
1964	144393	139011	0,2528	0,0373	141943	0,1527	0,0170
1965	156481	147901	0,2505	0,0548	151161	0,1381	0,0340
1966	172171	160151	0,2482	0,0698	163861	0,1404	0,0483
1967	172015	166090	0,2450	0,0344	170307	0,1973	0,0099
1968	181604	173010	0,2414	0,0473	177808	0,1623	0,0209
Среднее значение $\bar{\varepsilon}_{ПФ1}$				0,0334	Среднее значение $\bar{\varepsilon}_{ПФ3}$		0,0255
Среднеквадратическое отклонение $S_{\varepsilon_{ПФ1}}$				0,0191	Среднеквадратическое отклонение $S_{\varepsilon_{ПФ3}}$		0,0178

ственных функций типа VES-функция по данным, характеризующим функционирования экономики США в период с 1947 г. по 1968 г. [6].

В табл. 2 приведены производственные функции вида VES-функция ПФ1 и ПФ2 (здесь и далее обозначения автора) и соответствующие им регрессионные зависимости для оценки значений σ .

В табл. 3 совместно представлены следующие данные:

- ♦ значения Y — реальный национальный доход экономики США в млн. долларов 1958 г. [2];
- ♦ значения Y, рассчитанные с использованием производственной функции ПФ1 (табл. 2) и по предложенному выше алгоритму построения неоклассической δ -однородной (при $\delta = 1$) производственной функции типа VES-функция, обозначенной автором, как функция ПФ3;
- ♦ значения σ для функции ПФ1 — $\sigma_{ПФ1}$ (табл. 2) и рассчитанные по предложенному алгоритму при построении ПФ3 — $\sigma_{ПФ3}$;
- ♦ величины ε_j (15), среднего значения относительной ошибки $\bar{\varepsilon}_j$ и ее среднеквадратическое

отклонение S_{ε_j} для функций ПФ1 и ПФ3, обозначенные $\varepsilon_{ПФ1}$, $\bar{\varepsilon}_{ПФ1}$, $S_{\varepsilon_{ПФ1}}$ и $\varepsilon_{ПФ3}$, $S_{\varepsilon_{ПФ1}}$, $S_{\varepsilon_{ПФ3}}$ соответственно.

В табл. 4 представлены данные для функций ПФ2 (табл. 2) и ПФ3. Структура табл. 4 и обозначения в ней данных аналогичны табл. 3.

Оценка точности аппроксимации исходных данных ПФ1 и ПФ2 (табл. 2) и построенной δ -однородной производственной функции типа VES-функция (ПФ3) осуществлялась сопоставлением соответствующих значений величин $\bar{\varepsilon}_{ПФ1}$, $\bar{\varepsilon}_{ПФ2}$, $\bar{\varepsilon}_{ПФ3}$, $S_{\varepsilon_{ПФ1}}$, $S_{\varepsilon_{ПФ2}}$, $S_{\varepsilon_{ПФ3}}$.

5. Заключение и выводы

Сравнение значений $\varepsilon_{ПФ1}$, $\varepsilon_{ПФ2}$, $\varepsilon_{ПФ3}$ (табл. 3 и 4) позволяют сделать вывод о том, что предложенный автором алгоритм построения производственной функции типа VES-функция позволяет получить более точное приближение 65% значений величины конечного продукта экономической системы Y к исходным данным. В остальных точках ошибка приближения не превышает 6,5%.

Значения средней ошибки аппроксимации исходных данных и ее среднеквадратического отклонения (табл. 3 и 4) для построенной автором производственной функции типа VES-функция (ПФ3) меньше, чем для ранее разработанных VES-функций (ПФ1 и ПФ2). Это позволяет сделать вывод о том, что предлагаемый в данной статье алгоритм построения производственных функций типа VES-функция дает более «устойчивое» приближение расчетных значений величины Y к ее исходным значениям.

Таким образом, заключить, что реализованный алгоритм построения δ -однородной производственной функции типа VES-функция, отвечающей требованиям, предъявляемым к неоклассическим производственным функциям, позволяет обеспечить построение указанной функцией с достаточно высокой точностью аппроксимации данных, характеризующих функционирование экономической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Revankar N. S. A Class of Variable Elasticity of Substitution Production Functions // *Econometrica*, 1971, Vol. 39, № 1, p.p. 61–71.
2. Ferguson C. Substitution, Technical Progress and Return to Scale // *American Economic Review*, LV (May, 1965), p.p. 296–305.
3. Экономико-математическое моделирование: Учебник для студентов вузов/ Под общ. Ред. И. Н. Дрогобыцкого. — М.: Издательство «Экзамен», 2004. 800 с.
4. Вольных Е. В., Кутышкин А. В., Никоноров Ю. Г. Построение δ -однородной производственной VES-функция // *Сибирский журнал индустриальной математики*, 2007, Том X, № 2(30), с. 31–44.
5. Бессонов В. А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике. — М.: Институт переходной экономики, 2002, 95 с.
6. Knox Lovell C. A. Estimation and Prediction with CES and VES Production Functions // *International Economic Review*, 1973, Vol. 14, № 3, p.p. 676–692.

© Сокол Глеб Андреевич (sokolgleb@gmail.com). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТАСТАЗОВ, ИХ СОВРЕМЕННОЕ ЛЕЧЕНИЕ

HISTORY STUDY METASTASES, CURRENT TREATMENT

Abushash Oddaj Mohammad
Benija Krestina Ruslanovna
Belimgotov Boris Husenovich

Summary. The article discusses the history of the study metastases as a phenomenon, the author makes a historical overview of the discoveries in this area, as well as disclose the modern methods of diagnosis and treatment of cancer patients.

Keywords: cancer, metastasis, metastasis, metastatic tumors of the central nervous system treatment.

Метаста́з (от др.-греч. μετάστασις, «перемещение, смена положения»)- отдалённый вторичный очаг патологического процесса, возникший при перемещении через ткани организма вызывающего его начала (опухолевых клеток, микроорганизмов) из первичного очага болезни.

«Мы были введены в заблуждение в течение десятилетий, считая, что метастатические раковые клетки ведут себя так же, как клетки первичной опухоли» Mina, L. A. & Sledge, G.W. Jr

Перемещение может осуществляться через кровеносные (гематогенные метастазы) или лимфатические сосуды (лимфогенные метастазы), либо внутри полостей тела (имплантационные метастазы — например, в брюшной или грудной полости). Процесс образования метастазов называется метастазированием.

200 лет процесс метастазирования опухоли остается спорным. Стивен Paget впервые определил связь между вторичными очагами и первичной опухолью на основе анализа результатов вскрытия трупов. Его гипотеза «семена и почва» была обоснована век спустя с помощью экспериментальных исследований, а также многочисленные сообщения подтвердили эти наблюдения. Более глубокое понимание метастатического процесса и раковых клеток имеет решающее значение для лечения пациентов с множественными метастазами. У многих больных метастазы выявляются при первичном обследовании, и профилактические мероприятия запаздывают. Оживление исследований в последние три десятилетия привело к новым открытиям в биологии метастазов.

Абушаш Оддай Мохаммад

Аспирант, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова
droddaiabushash@mail.ru

Беня Крестина Руслановна,

Аспирант, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова

Белимготов Борис Хусенович

ГБУЗ МЗ КБР «Республиканская клиническая больница», г. Нальчик

Аннотация. в статье рассматривается история изучения метастазов как явления, автор делает исторический обзор открытий в данной области, а также раскрывает современные методы диагностики и лечения онкологических больных.

Ключевые слова: рак, метастаз, метастазирование, метастатический опухоли ЦНС, лечение.

Несмотря на то, что понимание молекулярных процессов, которые регулируют возникновение метастазов улучшилось, многие молекулярные процессы, участвующие в патогенезе метастазирования остаются неизвестными. Обзор данных от первых наблюдений в истории метастазов и процесса метастазирования, а также обсуждение современных достижений науки должны углубить понимание сложных и многофакторных взаимодействий между принимающей опухолевые клетки тканью и отдельными опухолевыми клетками, которые способствуют расшифровке процесса метастазирования, что и должно привести к успешному их лечению. (Латимер К1, Пендлтон С, Коэн — Gadol A. A.).

В начале 1900-х гг Х. Кушинг прооперировал 4-х пациентов с подозрением на метастазы ЦНС. При спинальных метастазах Х. Кушинг проводил ламинэктомию и интрадуральное вмешательство. Хирургическое лечение, проводимое Кушингом, имело целью снизить внутричерепное давление путем декомпрессии. ("Harvey Cushing's operative treatment of metastatic breast cancer to the central nervous system in the early 900s." Latimer K1, Pendleton C, Cohen-Gadol AA,)

Кушинг начал проводить хирургическое лечение пациентов с подозрением на метастазы ЦНС, чтобы хоть несколько облегчить течение заболевания. Хотя его пациенты жили недолго после хирургического вмешательства, они испытывали временное улучшение состояния, которое, вероятно, заставляло Кушинга продолжать оперировать в таких ситуациях и таким образом заложил основу для будущих методов лечения этих пациентов.

О том, что злокачественные опухоли метастазируют с помощью клеток, было известно не всегда. Даже великий Рудольф Вирхов, находясь под влиянием гуморальной теории Галена, ошибался, считая, что опухоли метастазируют «клеточными ядами». Возможно, первым, кто обнаружил инвазию раковыми клетками вен и лимфатических сосудов, был Карл Тирш (1865 г). Впоследствии циркулирующие в крови опухолевые клетки («метастазы в кровь», как считал Н.Н. Петров) были объектом пристального изучения как теоретической, так и клинической онкологии.

Предположение, что раковая опухоль метастазирует не хаотично, а строго в соответствии с определенными биологическими законами, впервые было высказано английским врачом лордом Стивеном Педжетом. В 1889 году в журнале *Lancet* он описал «метастатические странности рака» и опубликовал свою знаменитую гипотезу органспецифической колонизации. Гипотеза, названная Педжетом “seed and soil” (гипотеза «зерна и почвы»), ведущую роль в процессе метастазирования отводила не только злокачественным клеткам («зернам»), но и их тканевому микроокружению («почве»). Именно в этой гипотезе впервые было высказано предположение о существовании т.н. «преметастатической ниши» (термин появился только спустя 100 лет после гипотезы Педжета).

В 20-х годах XX столетия Джеймс Юинг, («шеф американских патоморфологов»), оспаривал теорию Педжета, считая, что развитие метастазов в отдаленных органах обусловлено в основном анатомическими и механическими факторами. Юинг предполагал, что опухолевые клетки попадают в ловушку капиллярной сети, где и происходит их экстравазация с последующим формированием метастатических очагов. Согласно «механической» сосудистой теории метастазирования Юинга, вероятность развития метастазов в отдаленном органе зависит от плотности сосудов и интенсивности кровообращения в нем. Подобные взгляды просуществовали в практической онкологии вплоть до 80-х годов XX столетия.

Первая научная теория, теория предсказуемости метастазирования, принадлежит Уильяму Холстеду. Согласно этой теории вплоть до 60-х годов XX столетия считалось, что раковые клетки из первичной опухоли молочной железы вначале должны попасть в подмышечные лимфатические узлы, а затем гематогенным путем в отдаленные висцеральные органы. Из гипотезы линейной прогрессии следует, что метастазируют только клетки, обладающие высоким злокачественным потенциалом, метастазирование начинается на поздних стадиях рака и возможно развитие метастаза из метастаза.

Концепция Холстеда являлась основой для хирургического лечения рака молочной железы вплоть до последнего времени. Действительно, т.н. радикальные мастэктомии по Холстеду излечивали некоторых больных, но не могли предупредить формирование в будущем отдаленных метастазов у большинства пациенток. Прогрессирование часто наблюдалось и при ранних клинических стадиях рака. Кроме того, нередко у больных раком молочной железы регистрировались отдаленные гематогенные метастазы при отсутствии метастазов в регионарных лимфатических узлах, что явно противоречило линейной теории метастазирования.

Это обстоятельство позволило Бернарду Фишеру сформулировать альтернативную теорию метастазирования, согласно которой он приравнивал канцерогенез в солидных опухолях к канцерогенезу при гемобластозах, например, Фишер рассматривал рак молочной железы как изначально системное заболевание. Эта теория объясняла факт появления метастазов после казалось бы, «радикального» лечения первичной опухоли и привела к концепции адьювантной терапии.

Логическим продолжением теории ранней диссеминации опухолевых клеток является гипотеза параллельной прогрессии, предложенная недавно Кристофером Кляйном (*Nature Reviews Cancer* 9, April 2009). Исходя из этой гипотезы, процесс метастазирования начинается на самых ранних стадиях канцерогенеза, сразу после активации в клетке протоонкогенов, а не в результате длительного накопления онкогенных мутаций отдельными клеточными клонами в первичной опухоли. Установлено, что эпителиальная клетка уже после фазы инициации способна активировать скрытые эмбриональные программы эпителиально-мезенхимального перехода, приобретать нехарактерную ей патологическую подвижность, разрушать базальную мембрану, проникать в системный кровоток, достигать преметастатической ниши в тканях отдаленного органа и формировать метастаз. Таким образом, исходя из теории ранней диссеминации, основные положения которой сформулированы К.Кляйном *in silico*, формирование метастаза происходит независимо и параллельно с ростом первичной опухоли. Эта теория позволяет объяснить такие факты, как наличие метастазов опухоли без выявленной первичной локализации, наличие отдаленных метастазов при ранних клинических стадиях рака (T1–2N0M1), а также частые различия в рецепторных и генетических характеристиках первичной опухоли и ее метастазов.

К сожалению, ни одна из приведенных выше теорий не смогла до конца объяснить кинетику роста опухоли, которую описывает экспоненциальная кривая Гомпертца. Результаты последних исследований дают ответ

и на эти вопросы, касающиеся особенностей «естественной истории злокачественной опухоли».

Долгое время считалось, что метастатический каскад является однонаправленным процессом. После того, как Лари Нортон 1960-х гг сформулировал гипотезу "self-seeding" (теория самозасева), были раскрыты некоторые тайны метастазирования и биологии опухолевого роста. Исходя из гипотезы "self-seeding", процесс метастазирования является двунаправленным и допускает существование рециркуляции, реинфильтрации и колонизации циркулирующими клетками самой первичной опухоли, где для них уже подготовлена преметастатическая ниша. Выжившую в кровотоке опухолевую клетку, по мнению Л. Нортон, ожидают три варианта развития событий. Циркулирующие опухолевые клетки могут не только колонизировать отдаленные органы, но и сразу же после первичной интравазации возвращаться из кровотока в строму первичной опухоли, колонизируя саму первичную опухоль. Более того, после формирования метастазов в отдаленных органах, клетки снова могут проникать в системный кровоток (повторная интравазация) и гематогенно метастазировать в первичную опухоль («метастазы в себя»). Описаны даже наблюдения метастазирования одной опухоли во вторую, синхронную опухоль.

Биологическое значение процесса "self-seeding" заключается в том, что агрессивные циркулирующие опухолевые клетки, экспрессирующие металлопротеиназы, коллагеназу-1, компонент цитоскелета фасцин-1, возвращаясь в строму, изменяют и модифицируют микроокружение первичной опухоли. При этом строма опухоли получает провоспалительные цитокины (IL-6 и IL-8), а также набор миелоидных клеток-предшественников, которые способствуют ангиогенезу и росту самой первичной опухоли.

Л. Нортон рассматривает процесс метастазирования, как необходимое условие не только для формирования опухолей в отдаленных органах, но и для роста первичной опухоли.

Мы можем легко проследить знаковые открытия, которые позволяют получить современное представление о биологии и молекулярных механизмах метастазирования и современной революции и истории метастазов.

Даже в доисторические времена люди страдали от метастатического заболевания. (3000 л. до н.э. «Каркасные метастазы в античности») Детальный анализ древних костных останков выявил существование онколитических поражений, вызванных метастазами меланомы.

Lactis metastasi 1727–1850 «Метастазы молока». Термин «Метастазы» вначале применялся для всех бо-

лезней, которые, могли перенестись из одного органа -первоначального возникновения патологического процесса в другой орган. Наиболее ярким примером является труд «Метастазы молока», который был опубликован в нескольких научных изданиях в 18 и 19 веках, включая не так древнюю медицинскую диссертацию Johannis Кароли Friderici Гауфа (1827 [Латинская]). Интересный сборник представлен в труде «Аномалии и курьезы медицины» (Gould и Pyle, 1898), где метастазирование молока правильно определено как метастазирование рака молочной железы.

В 1829 г. впервые дано определение «Метастаза». Впервые определение «метастаз» отнесено к диагностике и лечению рака, что было сделано известным врачом (Recamier JC, 1829). В 1858 г. Р. Вирхов:» распространение опухоли определяется механическими факторами». В 1889 г. С. Педжет предложил гипотезу «Семя в почву». В 1915 г. получена впервые экспериментальная мышьяная модель метастаза. В 1929 г. J. Юинг высказал мнение, что метастазы являются результатом переноса клеток первичной опухоли в другие органы. В 1944 г. определена роль клеточной адгезии в процессе метастазирования. В 1952 г. выявлен органоспецифичный рост опухоли при внутривенной инъекции опухолевых клеток. В 1952 г. выявлена возможность транслегочного прохождения по артериальным сосудам опухолевых эмболов при метастазировании. В 1962 г. в ходе экспериментальных исследований определено влияние на метастатический потенциал ферментативных манипуляций. В 1965 г. радиоактивное мечение опухолевых клеток (хром) используется для отслеживания распространения опухолевых клеток. В 1970 г. получены данные о возможности развития метастаза из нескольких выживших опухолевых клеток. В 1973 г. удалось человеческую опухоль метастазировать в мышь с удаленной вилочковой железой. В 1973 г. год ознаменовался отбором опухолевых клеток In Vivo для повышения их метастатического потенциала. В 1975 г. появилась теория «Метастатического Каскада», предложенная для объяснения последовательных событий в распространении рака. А также выявлена взаимосвязь органоспецифичности метастазирования и клеточной адгезии. В 1976 г. определена возможность клональной эволюции популяций опухолевых клеток. В том же году выявлена связь инвазии и метастазирования с протеолитическими ферментами опухолевых клеток. В 1977 г стало известно о метастатической неоднородности новообразований.

Далее происходит определение биологии метастазов. В 1980 г. органоспецифичность метастазирования показана на примере придатков матки. Тогда же определена регулирующая роль NK -клеток в метастазировании опухоли, а также корреляция метастатического потенциала с ферментативным разрушением коллагена базальной мембраны. В 1981 г доказана возможность неоднородности

метастазов. В 1982 г. впервые клиническое испытание проходит противоопухолевый препарат (Razoxane). Тогда же вновь появляется сообщение о том, что метастазы рака являются клонами и могут происходить из одной выжившей опухолевой клетки. Получены доказательства селективности метастатического процесса. В 1984 г. показана различие подвижности и адгезионных свойств опухоли. Появились работы по органоспецифическим метастазам карциномы яичников и их лечению peritoneovenous шунтами. В 1984 г. доказана метастатическая неоднородность опухолей человека экспериментально на мышах. В 1985 г. выявлена роль макрофагов в метастазировании. В 1986 г. появилась концепция метастатической неэффективности. В 1988 г. выявлен первый ген-супрессор метастазирования. В 1990 г. выявлены возможности ФДГ для обнаружения метастазов с помощью ПЭТ. В 1991 г. работы по взаимосвязи между метастазами и ангиогенезом при раке молочной железы. В 1992 г. определена роль хемокинов в развитии метастазов. В 1994 г. выявлено, что удаление злокачественной первичной опухоли у мышей стимулирует замедленный рост отдаленных опухолей или метастазов. В 1997 г. визуализация вторжения опухолевых клеток и метастазов с помощью GFP-expression. В 2000 г. Джин паттерн экспрессии разнообразия рака молочной железы. В 2001 г. выявлена роль раковых стволовых клеток в развитии рака. В 2002 г. метастатический потенциал определяется в начале туморогенеза, выявлены джин-профили экспрессии первичного рака молочной железы, определяющие метастазирование и плохой исход. В этом же году появились публикации о том, что может объяснить метастатическое прогрессирование. В 2003 г. способность метастазов рака быть устойчивыми вследствие присутствия стволовых клеток с высокой устойчивостью к химиотерапии. В 2003 г. расшифрован ген, определяющий, метастазирование молочной железы в кость. В 2006 г. выявлена роль генетической предрасположенности к метастазированию. В 2007 г. Первые сведения о микро-РНК, а в последующем о их роли в определении метастатического риска (2008) и подавлении метастазирования.

Наиболее информативным методом диагностики для выявления анатомической локализации и количества метастазов является магнитно-резонансная томография с контрастным усилением (стандарт), которая превосходит по разрешающей способности рентгеновскую компьютерную томографию с двойным контрастированием. МРТ позволяет более точно выявить метастатическое поражение задней черепной ямки и коры головного мозга, канцероматоз оболочек головного мозга, а КТ более чувствительно в определении острого кровоизлияния и изменений костной структуры. Показано, что КТ с контрастированием имеет информативность на 67% больше, чем КТ без контрастирования, и позволяет обнаруживать метастазы в мозг, кровоизлияния, кальцинаты и отек нормальных тканей мозга, а также оценивать

их изменения в динамике. Множественные метастазы в головной мозг выявляются при МРТ у 65–80% больных с поражением мозга, в то время как при КТ только у 50%.

Рекомендуются также выполнение электроэнцефалографии с целью исключения судорожной активности и офтальмологический осмотр с целью исключения стойких явлений на глазном дне.

В настоящее время с появлением в клинической практике высокоинформативных и не инвазивных методов диагностики для выявления метастатических опухолей ЦНС и первичных опухолей головного и спинного мозга проводятся: лабораторные исследования, компьютерная томография головного и спинного мозга, рентгенография и компьютерная томография органов грудной клетки, внутренних органов и органов малого таза, позитронно-эмиссионная томография мозга и всего тела, магнитно-резонансная томография головного и спинного мозга, ультразвуковая диагностика и радионуклеарное сканирование костей. Это, безусловно, помогает в выявлении онкологического процесса на ранней его стадии. (Сафаров Б. И., 2004; Кариев Ш. М., 2006; Улитин А. Ю. и с соавт., 2010)

Лечение метастатических опухолей головного мозга — одна из наиболее сложных проблем в онкологии. В решении этой проблемы наиболее важно использование мультидисциплинарного подхода с привлечением различных специалистов (нейрохирургов, химиотерапевтов, радиологов, онкологов) Наиболее важные факторы, влияющие на принятие решения о лечении больных с метастазами в головной мозг:

- 1) морфология опухоли (чувствительность первичной опухоли к лекарственному лечению и лучевой терапии);
- 2) соматическое состояние больных (включая неврологический дефицит);
- 3) количество метастатических узлов в головном мозге, размеры метастатических узлов в головном мозге;
- 5) экстракраниальный опухолевый процесс (первичная опухоль, метастазы в других органах);
- 6) контроль экстракраниального опухолевого процесса (эффект лекарственной терапии);
- 7) резектабельность метастазов в головном мозге;
- 8) отягчающие факторы метастатического поражения головного мозга: опухоли задней черепной ямки; опухолевые узлы, вызывающие нарушения ликвородинамики; супратенториальные опухолевые узлы с выраженной дислокацией; опухолевые узлы с высоким риском вклинения.

Исходя из различного сочетания этих факторов, возможен выбор адекватного лечебного подхода на первом этапе при выявлении метастазов в головной мозг у онкологических больных. В частности, возможно применение на первом этапе лечения:

1) лекарственного лечения (у больных с высокой чувствительностью к противоопухолевым препаратам: при бессимптомных метастазах в головном мозге у больных раком молочной железы, мелкоклеточным раком лёгкого, раком яичников, применение таргетной терапии (ингибиторов EGFR и ALK) у больных немелкоклеточным раком лёгкого с мутациями EGFR и ALK);

2) лучевой терапии на весь головной мозг (у больных с множественными метастазами в головной мозг, либо с единичными радиочувствительными метастазами);

3) стереотаксической радиохирургии (при наличии 1–4 метастатических узлов в головном мозге, при размерах узлов до 3,5 см);

4) хирургического лечения при солитарных метастазах в головной мозг или единичных метастазах в головной мозг в случае контроля экстракраниальных проявлений опухолевого процесса и наличия неврологической симптоматики, при множественном поражении — в случае жизнеугрожающего состояния, возникшие вследствие масс-эффекта, кровотечения или гидроцефалии, либо когда одно из образований определяет клиническую картину и тяжесть состояния пациента и имеются резервы дальнейшего консервативного лечения пациента после удаления одного из очагов.

5) Таргетная хирургия» олигометастазов.

Выживаемость больных после диагностики церебральных метастазов без лечения составляет 4–6 недель. Назначение высоких доз глюкокортикоидов продлевает жизнь до 1–2 месяцев. Облучение головного мозга без хирургического лечения может увеличивать этот период до 3–6 месяцев.

Сегодня больные с олигометастазами признаны потенциально излечимыми. Так, например, благодаря комбинированному и комплексному лечению метастазов колоректального рака в печень у ряда больных уже достигнута 10-летняя выживаемость (R. Adam). Подвергаются активным резекциям с хорошими результатами и больные с метастазами мягкотканых сарком в легкие. Таким образом, целесообразность агрессивного подхода при олигометастатическом состоянии ни у кого не вызывает сомнений.

Наряду с традиционной хирургической резекцией пораженного органа на протяжении вот уже 20 лет активно применяются функциональные органосохраняющие онкологические операции. Речь идет о т.н. удалении опухоли *in situ*, при этом предпочтение отдается миниинвазивным хирургическим воздействиям. Примером такой аблятивной методики (от лат. «ablation» — разрушение) является метод радиочастотной термоабляции (РЧА).

В настоящее время по объему и технике хирургического вмешательства можно выделить следующие виды оперативного вмешательства: удаление метастаза еди-

ным блоком, тотальное фрагментирование, имплантация резервуара Оммаи, субтотальное удаление.

Полное удаление метастаза является конечной целью и залогом успешного хирургического лечения. Однако удаление опухоли единым блоком не всегда возможно. Существует ряд причин, по которым операция выполняется фрагментарным делением опухоли. К ним относятся размеры опухоли, ее структурная организация (наличие выраженного некротического компонента), значительная васкуляризация и кровоточивость, а также локализация метастаза. Однако при этом методе удаления отмечается наибольшее число локальных рецидивов. Поэтому при возможности необходимо стремиться к блоковому удалению метастаза.

При крупных метастазах кистозной и солидно-кистозной структуры применяется методика имплантации резервуара Оммаи в кистозный компонент опухоли (опция), позволяющая добиться быстрого регресса неврологической симптоматики в раннем послеоперационном периоде (1–2–е сутки) и продолжить консервативное лечение той группы пациентов, состояние которых ранее считалось инкурабельным.

Субтотальное удаление метастаза проводится в единичных случаях при невозможности полного, даже фрагментарного, удаления опухоли. Проводится с целью уменьшения размеров опухоли, устранения «масс-эффекта» с целью получения возможности дальнейшего проведения консервативных методов лечения (химиотерапия, лучевая терапия). Однако необходимо учитывать, что неудаленный фрагмент опухоли значительно повышает риск кровотечения в раннем послеоперационном периоде.

При множественных метастазах приоритет в лечении обычно отдается системной лекарственной терапии (химиотерапия, гормонотерапия, иммунотерапия, «таргетная» терапия), за исключением случаев, угрожающих жизни пациента или сильно ухудшающих его качество жизни, когда может быть назначено оперативное или радиохирургическое лечение. При единичных (солитарных) метастазах прогноз более благоприятный. В данном случае стараются использовать сочетание разных лечебных факторов: лекарственная терапия, хирургическое удаление, лучевая терапия. В ряде случаев заменой хирургического и/или лучевого воздействия может служить малоинвазивный метод радиохирургии, являющийся технологической вершиной лучевой терапии.

Стереотаксическая радиохирургия (СРХ) предполагает точное подведение к патологическому образованию конформного высокодозного излучения с минимизацией радиационных повреждений здоровой нервной ткани. Она проводится обычно при мозговых метастазах, расположенных в функционально значимых зонах мозговой коры

и глубоких структурах ЦНС, при этом риск СРХ не должен превышать допустимую тяжесть осложнений при хирургическом лечении больных [3]. Размер диаметра, вовлекаемого в облучение — от нескольких миллиметров до 3 см.

Метастазы обычно имеют четкие контуры и сферическую форму, хорошо отграничены от мозговой ткани, что делает их удобными объектами для осуществления СРХ. Смещение же нормальной ткани мозга за пределы зоны облучения позволяет метастатическим очагам оказываться в поле радиохирургического лечения. Для СРХ используют дорогостоящую аппаратуру: «гамма-нож», «кибер-нож» и «линейный ускоритель». Последний воздействует на метастаз мощным пучком электронов. При облучении с помощью «гамма-ножа» прибегают к закреплению головы больного в стереотаксической раме с 210 источниками радиоактивного кобальта. В «кибер-ноже» используется линейный ускоритель, совмещенные автоматизированной системой наведения облучения, что позволяет воздействовать на все структуры организма без жесткой фиксации головы и тела пациента. Результаты лечения на этих установках заметно не отличаются.

Следует отметить, что после радикального удаления очагов в головном мозге, стереотаксической

радиохирургии, комбинированного (хирургического и лучевого) лечения продолжительность жизни больных увеличивается. Значимыми для прогноза исхода заболевания являются тяжесть состояния и возраст пациентов, ответ первичной опухоли на лечебные воздействия, наличие экстракраниальных метастазов.

К 1-му прогностическому классу со средней продолжительностью жизни больных 7,1 мес. относят пациентов с клиническим статусом по шкале Карновского 70 и более, возрастом менее 65 лет, контролируемым эффектом лечения первичного новообразования и отсутствием экстракраниальных метастазов, число таких больных не превышает 3%.

Ко 2-му классу со средней продолжительностью жизни 4,2 мес. относят пациентов с качеством жизни более 70 и наличием одного из следующих факторов: возраст более 65 лет, неконтролируемая первичная опухоль.

Больных со статусом Карновского менее 70 относят к 3-му прогностическому классу со средней продолжительностью жизни 2,3 мес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булгак В. В. // Актуальные проблемы неврологии и нейрохирургии; под ред. С. А. Лихачева. — Мн., 2008. — Вып. 10. — С. 26–28.
2. Залуцкий И. В., Жарков В. В., Жаврид Э. А. // Здоровоохранение. — Мн., 2005. — 1 б. — С. 13–19.
3. Самуэльс М. Неврология. — М., «Практика», 1997. — 638 с.
4. Andrews D, Scott C. B., Sperduto P. W. // Lancet. — 2004. — Vol. 363. — P. 1665–1672
5. Ikeda S, Yamada T, Katsumata N, Hida K, Tanemura K, Tsunematu R, Ohmi K, Sonoda T, Ikeda H, Nomura K. Cerebral metastasis in patients with uterine cervical cancer. *Jpn J Clin Oncol.* 1998 Jan; Vol. 28 (1): p. 27–29.
6. Isoda H, Takahashi M, Arai T, Ramsey RG, Yokoyama T, Mochizuki T, Yamamoto I, Kaneko M. Multiple haemorrhagic brain metastases from papillary thyroid cancer. *Neuroradiology.* 1997 Mar; 39 (3): p. 198–202.
7. Kastritis E, Efstathiou E, Gika D, Bozas G, Koutsoukou V, Papadimitriou C, Pissakas G, Dimopoulos MA, Bamias A. Brain metastases as isolated site of relapse in patients with epithelial ovarian cancer previously treated with platinum and paclitaxel-based chemotherapy. *Int J Gynecol Cancer.* 2006. — May-Jun; Vol. 16 (3): p. 994–999.
8. Mahmoud-Ahmed AS, Kupelian PA, Reddy CA, Suh JH. Brain metastases from gynecological cancers: factors that affect overall survival. *Technol Cancer Res Treat.* 2002 Aug; 1 (4): p. 305–310.
9. Park SH, Ro DY, Park BJ, Kim YW, Kim TE, Jung JK, Lee JW, Kim JY, Han CW. Brain metastasis from uterine cervical cancer. *J Obstet Gynaecol Res.* — 2010 Jun; Vol. 36 (3): p. 701–704.
10. Pectasides D, Aravantinos G, Fountzilias G, Kalofonos C, Efstathiou E, Karina M, Pavlidis N, Farmakis D, Economopoulos T, Dimopoulos MA. Brain metastases from epithelial ovarian cancer. The Hellenic Cooperative Oncology Group (HeCOG) experience and review of the literature. *Anticancer Res.* — 2005. — Sep-Oct; Vol. 25 (5): p. 3553–3558.
11. Piura E, Piura B. Brain metastases from ovarian carcinoma. *ISRN Oncol.* 2011; 2011:527453. Epub 2011 Dec 1.
12. Pohl H, Welch HG. The role of overdiagnosis and reclassification in the marked increase of esophageal adenocarcinoma incidence. *J Natl Cancer Inst.* 2005. — Vol. 97: p. 142–146.
13. Smith RS, Miller RC. Incidence of brain metastasis in patients with esophageal carcinoma. *World J Gastroenterol.* 2011. — May 21; Vol. 17 (19): p. 2407–2410.
14. Tamura S, Takeno A, Miki H, Uchiyama C, Kanemura T, Ono H, Hamanaka M, Suzuki R, Nakahira S, Nakata K, Takeda Y. [Clinical outcomes in patients with brain metastasis from gastric cancer]. *Gan To Kagaku Ryoho.* 2011. — Nov; Vol. 38.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТРАОПЕРАЦИОННЫХ И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ТОТАЛЬНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНИКИ ПЕРЕДНЕБОКОВОГО ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА

COMPARATIVE ANALYSIS OF PERIOPERATIVE CLINICAL INDICATORS IN TOTAL HIP REPLACEMENT, DEPENDING ON THE CHARACTERISTICS OF THE ART ANTERIOR-LATERAL-LINE ACCESS

**N. Zagorodny
O. Kudinov
A. Ivanov
I. Kilasonia
A. Sirenko**

Abstract. The analysis of the intraoperative course (duration, blood loss) and postoperative parameters (volume evacuated blood drainage, hematoma in the cervical area of the implant and adductors, pain, restore range of motion) in 84 patients (divided into a maximum equivalent force on nosology, age, sex, body weight, and anatomic features of the affected joint) undergoing total hip arthroplasty, according to two variants of the technique Antero-lateral access.

The analysis showed that using a more advanced version of access only makes sense if the combination of necessary resection of ossification the lower edge of the basin, elimination of shortening of the limb more than three inches and causes contractures of the hip, since, on average, increases intraoperative blood loss, volume of postoperative hematomas, increases the pain. At the same time, less traumatic access more justified in clinical cases without complicating the operational allowance symptoms.

Keywords: syndrome, trauma, pain, symptom, treatment, complications.

Загородний Николай Васильевич

*Д.м.н., профессор, заведующий отделением эндопротезирования суставов ФГБУ ЦИТО им Н. Н. Приорова
zagorodniy51@mail.ru*

Кудинов Олег Александрович

К.м.н., врач травматолог-ортопед отделения эндопротезирования суставов ФГБУ ЦИТО им Н. Н. Приорова.

Иванов Артём Владимирович

*Аспирант отделения эндопротезирования суставов ФГБУ ЦИТО им Н. Н. Приорова
dr.temson@inbox.ru*

Киласония Ираклий Джемалович

*Аспирант отделения эндопротезирования суставов ФГБУ ЦИТО им Н. Н. Приорова
cito.kilasoniairakli@gmail.com*

Сиренко Александр Дмитриевич

*Аспирант отделения эндопротезирования суставов ФГБУ ЦИТО им Н. Н. Приорова
sash444OK@mail.ru*

Аннотация. Проведен анализ интраоперационного течения (продолжительность, кровопотеря) и некоторых послеоперационных показателей (объем эвакуированной крови в дренаж, гематома в области шейки эндопротеза и приводящих мышц, болевой синдром, восстановление амплитуды движений) у 84 пациентов (разделенных на максимально равноценные группы по нозологии, возрасту, полу, массе тела, и анатомическим особенностям пораженного сустава), подвергшихся тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава, в зависимости от двух вариантов техники передне-бокового доступа.

Проведенный анализ показал, что применение более расширенного варианта доступа целесообразно только при сочетании необходимости резекции оссификатов нижнего края впадины, устранения укорочения конечности более трех сантиметров и приводящей контрактуры бедра, так как в среднем увеличивает интраоперационную кровопотерю, объем послеоперационной гематомы, усиливает болевой синдром. В тоже время, менее травматичный вариант доступа более оправдан при клинических случаях без усложняющих оперативное пособие симптомов.

Ключевые слова: синдром, травма, боль, симптом, лечение, осложнение.

Проведен анализ интраоперационного течения (продолжительность, кровопотеря) и некоторых послеоперационных показателей (объем эвакуированной крови в дренаж, гематома в области шейки эндопротеза и приводящих мышц, болевой синдром, восстановление амплитуды движений) у 84 пациентов (разделенных на максимально равноценные группы по нозологии, возрасту, полу, массе тела, и анатомическим особенностям пораженного сустава), подвергшихся тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава, в зависимости от двух вариантов техники передне-бокового Доступа [8].

Проведенный анализ показал, что применение более расширенного варианта доступа целесообразно только при сочетании необходимости резекции оссификатов нижнего края впадины, устранения укорочения конечности более трех сантиметров и приводящей контрактуры бедра, так как в среднем увеличивает интраоперационную кровопотерю, объем послеоперационной гематомы, усиливает болевой синдром [6,8, 12]. В тоже время, менее травматичный вариант доступа более оправдан при клинических случаях без усложняющих оперативное пособие симптомов [3].

В отделении эндопротезирования крупных суставов ФГБУ ЦИТО им. Н.Н. Приорова за период с 01.2009 г. по настоящее время, при проведении первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, во время осуществления переднебокового доступа к суставу, в зависимости от особенностей патологии, используются две модификации техники [9]:

- ◆ с частичным отделением квадратной, большой и короткой приводящих мышц от места прикрепления к проксимальному отделу бедренной кости по ее наружно-внутренней поверхности на уровне от верхушки малого вертела до 2–4 см ниже последнего;
- ◆ без отделения мышц от бедренной кости дистальнее верхней границы малого вертела.

Для проведения сравнительного анализа положительных и отрицательных сторон двух вариантов техники были проанализированы истории болезни и рентгенологические данные 184 пациентов. Были отобраны максимально похожие клинические случаи. Возраст пациентов был от 47 до 64 лет, ни у кого не было выраженной сопутствующей патологии, системных заболеваний, особенно проблем со стороны свертывающей системы крови. Мужчин было — 85, женщин — 99. Вес всех пациентов колебался от 80 до 100 кг, окружность бедра в зоне операции от 60 до 80 см. В анамнезе у всех пациентов отсутствовали оперативные вмешательства на больном суставе. Изучались пациенты с двумя нозологиями — идиопатический коксартроз и диспластический коксар-

троз 1–2 ст. по Crowe. Смысл данного отбора заключен в проведении сравнительного анализа только среди максимально равноценных между собой, по сложности проведения оперативных пособий, клинических случаев, имеющих только те отличия, влияние которых на технику операции и является предметом изучения [11].

Пациенты были дифференцированы на группы в зависимости от наличия или отсутствия следующих усложняющих проведение операции клинических симптомов [1]:

- ◆ оссификатов нижних отделов вертлужной впадины, требующих резекции;
- ◆ укорочения оперируемой конечности более чем на 3 см;
- ◆ приводящей контрактуры оперируемой конечности, с возможностью ее отведения до угла менее 10 градусов.

Среди общего количества пациентов выделено 2 группы, состоящие из 2 подгрупп:

1) пациенты, имеющие два или три вышеуказанных симптома, и среди них:

- а) клинические случаи, когда операция проводилась по первому варианту — 43 пациента;
- б) клинические случаи, когда операция проводилась по второму варианту — 41 пациент;

2) пациенты, не имеющие более одного из трех вышеуказанных симптома, и среди них:

- а) клинические случаи, когда операция проводилась по первому варианту — 48 пациентов;
- б) клинические случаи, когда операция проводилась по второму варианту — 52 пациента.

Фиксировались: время операции, объем интраоперационной и послеоперационной кровопотери в дренаж, объем послеоперационной гематомы, интенсивность болевого синдрома в баллах по методу Хардинга, степень устранения приводящей контрактуры, и ряд других показателей. Послеоперационные дренажи удалялись на следующий день. Пациенты начинали ходить на 2–4 день после операции. Через 7–9 дней после операции проводилось УЗИ и УЗДГ области операции [6].

Полученные данные подвергались статистическому анализу по методу Chi-square, согласно которому различия данных считались высоко достоверными при значениях $p < 0,001$; менее достоверности — при $p < 0,05$; и статистически недостоверными — при $p > 0,05$.

Операции проводились в положении пациента на боку. Доступ использовался исключительно передне-боковой, представляющий собой модификацию доступа Хардинга. После рассечения кожи длиной



Рисунок 1. Агрессивная мобилизация бедренной кости

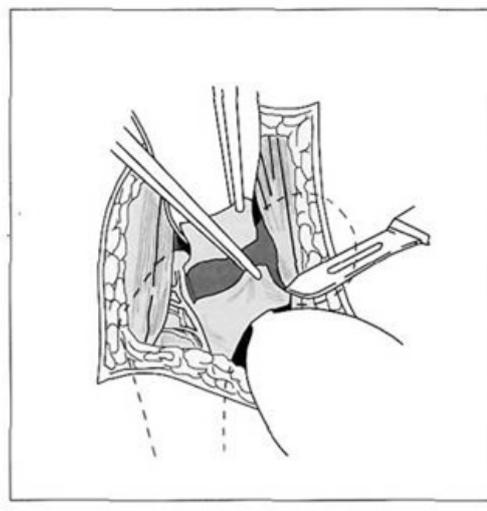


Рисунок 2. Мягкая мобилизация бедренной кости

Таблица 1. Результаты

КЛИНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	Пациенты, имеющие два ил три симптома, усложняющих проведение операции (1)		Пациенты, имеющие не боле одного симптома, усложняющего проведение операции (2)	
	проведение операции по первому варианту (а)	проведение операции по второму варианту (б)	проведение операции по первому варианту (а)	проведение операции по второму варианту (б)
Среднее время операции	60 мин	75 мин	55 мин	45 мин
Средняя интраоперационная кровопотеря	400 мл	550 мл	350 мл	200 мл
Средняя потеря крови в дренаж	300 мл	500 мл	250 мл	150 мл
Болевой синдром в первую неделю послеоперационного периода (в среднем, в баллах по Хардингу)		15		
Остаточная приводящая контрактура в среднем, в процентах по сравнению с предоперационной	39	48	12	14
Объем послеоперационной гематомы по данным УЗИ в среднем	60 мл	130 мл	30 мл	0 мл
Окклюзивные тромбозы глубоких вен оперированной конечности	5	12	4	0
Общее количество вывихов головки эндопротеза в раннем послеоперационном периоде (в первые 2 месяца)		2		0

12–16 см над проекцией большого вертела, подкожно-жировой клетчатки и фасции, проводилось так называемое формирование “двубрюшной мышцы” из разделенных на два пучка средней и малой ягодичных мышцы над головкой бедренной кости, и отслоенного от метаэпифиза бедренной кости места прикрепления проксимальной части латеральной головки четырехглавой мышцы [10].

На следующем этапе, в зависимости от интраоперационной ситуации расширение оперативного доступа проводилось двумя вариантами [4]:

Первый (а) — это более агрессивная и широкая мобилизация бедренной кости, перед вскрытием капсулы сустава, с помощью распатора отделялись от бедренной кости в области проксимального прикрепления большая (иногда даже вместе с короткой) приводящая, и квадратная мышцы бедра, и затем они отграничивались от зоны операции с помощью введения под бедренную кость большого крючка Хомана. Данный метод позволяет осуществить широкий доступ к области нижнего края вертлужной впадины, оссификатам последнего, больше мобилизовать бедренную кость для обеспечения свободы отведения и ротации, необходимых для интраопера-

ционного вывиха головки и послеоперационной реабилитации. (рис. 1).

Второй вариант (б) — менее агрессивный, сразу производилось вскрытие капсулы сустава, последняя отводилась от дистального места прикрепления к бедренной кости с помощью узкого крючка, при необходимости отсекалась. При таком подходе не травмируются мышцы, которые подвергаются отслойке от кости при первом варианте. (рис. 2).

Последующие этапы операций были идентичны, имплантировался эндопротез бесцементной фиксации производства компаний Smith-Nephew или DePuy [7].

Среднее время операции было больше при проведении оперативного доступа по второму варианту при более сложных клинических случаях ($p > 0,05$), и, напротив, меньше при более легких ($p > 0,05$).

Средняя интра- и послеоперационная кровопотеря, включая отделяемое в дренаж и гематому, была больше при проведении оперативного доступа по второму варианту при более сложных клинических случаях ($p > 0,05$), и, напротив, меньше при более легких ($p > 0,05$).

Болевой синдром в первую неделю послеоперационного периода был сильнее при проведении оперативного доступа по второму варианту при более сложных клинических случаях ($p > 0,05$), и, напротив, меньше при более легких ($p > 0,05$).

Остаточная приводящая контрактура в среднем, в процентах по сравнению с предоперационной, была больше при проведении оперативного доступа по второму варианту при более сложных клинических случаях ($p > 0,05$), и без существенных различий при более легких.

Окклюзивные тромбозы глубоких вен оперированной конечности чаще отмечались при проведении оперативного доступа по второму варианту при более сложных клинических случаях ($p > 0,05$), и, напротив, реже при более легких ($p > 0,05$).

Такие осложнения, как вывихи головки эндопротеза (2 клинических случая) и раннее глубокое нагноение в области операции (1 клинический случай) произошли в количестве наблюдений не позволяющем провести анализ.

При сравнении разных вариантов техники оперативного доступа в каждой группе по отдельности, анализ показывает:

- ◆ статистически недостоверное улучшение ($p > 0,05$) показателей при проведении операции

по первому варианту, по сравнению со вторым, в группе пациентов имеющих два или три симптома, усложняющих проведение операции;

- ◆ статистически недостоверное ухудшение ($p > 0,05$) показателей при проведении операции по первому варианту, по сравнению со вторым, в группе пациентов, имеющих не более одного симптома.

При сравнении одинаковых вариантов техники в обеих группах, анализ показывает:

- ◆ статистически Достоверное ухудшение ($p < 0,05$) показателей при проведении операции по второму варианту в группе пациентов, имеющих два или три симптома, по сравнению с группой пациентов, имеющих не более одного симптома;
- ◆ статистически недостоверное ухудшение ($p > 0,05$) показателей при проведении операции по первому варианту в группе пациентов, имеющих два или три симптома, по сравнению с группой пациентов, имеющих не более одного симптома.

Наибольшее количество флебологических осложнений отмечено в группе пациентов с двумя или тремя симптомами, у которых был использован второй вариант техники. Это говорит о том, что в данной группе существует необходимость более широкого доступа к суставу, позволяющему в итоге провести операцию быстрее, и, следовательно, менее травматично. Тогда как попытки обойтись более легким, щадящим, вариантом приводят к противоположному эффекту — доступ в итоге получается более травмирующим в силу меньшей доступности зоны манипуляций, и это отражается на функциональных возможностях венозной системы.

Вывихи в течение первых 2 месяцев после операции произошли у 2 пациентов при проведении операции по второму варианту в группе пациентов имеющих два или три симптома, что, хотя и не может иметь статистического значения для данного анализа, подчеркивает необходимость использования, при данной картине патологии, техники, обеспечивающей лучший доступ к области операции для удаления оссификатов, устранения контрактуры или укорочения конечности.

Проведение операции по первому варианту нередко сопровождается кровотечением из бассейна ветвей латеральных огибающих бедренную кость артерии или вены в той или иной степени, как во время операции, так и в послеоперационном периоде. Последнее приводит к более значительной потере крови в активный дренаж или к послеоперационной гематоме области приводящих мышц бедра.

Проведение операции по второму варианту практически исключает вышеописанные геморрагические осложнения, но при нем значительно труднее проводить манипуляции в области оксификаций нижних отделов вертлужной впадины, в меньших объемах достигается мобилизация бедренной кости необходимая для восстановления ее отведения и ротации.

Таким образом, анализ демонстрирует, что самое достоверное ухудшение показателей происходит во второй подгруппе, в случае сравнения результатов применения второй тактики операции среди пациентов первой и второй групп, что можно объяснить тем, что в первой группе применение второго варианта несколько ухудшает результаты примене-

ния, тогда как во второй, напротив, улучшает результаты.

Итак, второй вариант техники при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава является более щадящим, и, следовательно, предпочтительным, но при условии отсутствия необходимости одновременного удаления оксификатов нижних отделов вертлужной впадины, удлинения конечности более чем на 3 см, или устранения выраженной приводящей контрактуры бедра. В противном случае, подобная техника становится ложно щадящей, приводящей к более травматичному воздействию на мягкие ткани и сосуды области вмешательства. В таких случаях необходимо отдавать предпочтение первому варианту, обеспечивающему более широкий доступ к суставу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bartl, R., and Bartl, C. (2017). Hormone Replacement Therapy (HRT). In *Bone Disorders: Biology, Diagnosis, Prevention, Therapy*. (Cham, Springer International Publishing), pp 177–183.
2. Bartl, R., and Bartl, C. (2017). Management of Osteoporotic Fractures. In *Bone Disorders: Biology, Diagnosis, Prevention, Therapy*. (Cham, Springer International Publishing), pp 243–256.
3. Bartl, R., and Bartl, C. (2017). Treatment Strategies in Osteoporosis. In *Bone Disorders: Biology, Diagnosis, Prevention, Therapy*. (Cham, Springer International Publishing), pp 191–194.
4. Beckmann, J.T., and Safran, M.R. (2017). Revision FAI Surgery. In *Diagnosis and Management of Femoroacetabular Impingement: An Evidence-Based Approach*, R. O. Ayeni, J. Karlsson, J. M. Philippon, and R.M. Safran, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 241–253.
5. Moog, U., Zschocke, J., and Grünwald, S. (2017). Physical Abnormalities in Metabolic Diseases. In *Inherited Metabolic Diseases: A Clinical Approach*, F. G. Hoffmann, J. Zschocke, and L.W. Nyhan, eds. (Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg), pp 381–399.
6. Palm, H. (2017). Hip Fracture: The Choice of Surgery. In *Orthogeriatrics*, P. Falaschi and R. D. Marsh, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 81–96.
7. Philippon, M.J., and Briggs, K.K. (2017). Reconstructive Techniques in FAI Surgery. In *Diagnosis and Management of Femoroacetabular Impingement: An Evidence-Based Approach*, R. O. Ayeni, J. Karlsson, J. M. Philippon, and R.M. Safran, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 163–172.
8. Randelli, F., Pace, F., Maglione, D., Capitani, P., Sampietro, M., and Favilla, S. (2017). Differential Diagnosis of Hip Pain. In *Diagnosis and Management of Femoroacetabular Impingement: An Evidence-Based Approach*, R. O. Ayeni, J. Karlsson, J. M. Philippon, and R.M. Safran, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 5–26.
9. Rath, S., and Dey, A.B. (2017). Management of Older People with Hip Fractures in China and India: A Systems Approach to Bridge Evidence-Practice Gaps. In *Orthogeriatrics*, P. Falaschi and R. D. Marsh, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 185–200.
10. Reeve, K., and West, R. (2017). Osteopenia and Osteoporosis. In *Family Medicine: Principles and Practice*, A. A. Paulman and S. L. Nasir, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 1685–1692.
11. Rodríguez-Martínez, R., Urriagoitia-Sosa, G., Torres San Miguel, C., Hernández-Gómez, L.H., Beltrán-Fernández, J.A., and Romero-Ángeles, B. (2017). Design and Development of a Simplified Wear Simulator for Total Knee Replacement (TKR) Based on Pin-Disc Machine. In *Properties and Characterization of Modern Materials*, A. Öchsner and H. Altenbach, eds. (Singapore, Springer Singapore), pp 309–314.
12. Smith, B.J., and Bailey, W.A. (2017). Fostering Resilience Among Older Adults Living with Osteoporosis and Osteoarthritis. In *Family Resilience and Chronic Illness: Interdisciplinary and Translational Perspectives*, L. G. Welch and W. A. Harrist, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 179–195.
13. Veronese, N., and Maggi, S. (2017). Epidemiology of Hip Fracture and Social Costs. In *Orthogeriatrics*, P. Falaschi and R. D. Marsh, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 19–30.
14. Viswanath, A., and Khanduja, V. (2017). Clinical Diagnosis of FAI: An Evidence-Based Approach to History and Physical Examination of the Hip. In *Diagnosis and Management of Femoroacetabular Impingement: An Evidence-Based Approach*, R. O. Ayeni, J. Karlsson, J. M. Philippon, and R.M. Safran, eds. (Cham, Springer International Publishing), pp 27–38.

КЛИНИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ

CLINICAL SOCIAL ASPECTS MORTALITY FROM MALIGNANT NEOPLASMS OF THE GENITOURINARY SYSTEM

**A. Markina
I. Bushtaller**

Summary. In this paper established the basic laws of dynamics of mortality by certain malignant tumors (External testing) of the genitourinary system and the prognosis until 2018. The study used data from the specialized reporting forms № 7 «Information about the diseases malignancies» and № 35 «Data on patients with malignant tumors», the Chelyabinsk region for 2006–2014, as well as compilations of official oncology service of the Chelyabinsk region. It was found that the Chelyabinsk region is characterized by a high level of mortality and the negative dynamics of the External testing of urogenital organs in comparison with nationwide indicators. Mortality in the first year after diagnosis is a strong direct dependence on the frequency of detection of the late stages of cancer.

Keywords: mortality, cancer, genitourinary system, Chelyabinsk region.

Маркина Алёна Юрьевна

*К.м.н., доцент, Южно-Уральский государственный медицинский университет г. Челябинск
markina_alenka@mail.ru*

Бушталлер Илья Васильевич

Ординатор, Южно-Уральский государственный медицинский университет г. Челябинск

Аннотация: в работе были установлены основные закономерности динамики смертности от отдельных злокачественных новообразований (ЗНО) мочеполовой системы и составлен прогноз до 2018 года. В исследовании были использованы данные специализированных отчётных форм № 7 «Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями» и № 35 «Сведения о больных злокачественными новообразованиями» Челябинской области за 2006–2014 годы, а также официальных сборников онкологической службы Челябинской области. Было установлено, что Челябинская область отличается более высоким уровнем и негативной динамикой смертности от ЗНО мочеполовых органов в сравнении с общероссийскими показателями. Летальность на первом году после установления диагноза находится в сильной прямой зависимости от частоты выявления поздних стадий опухолевого процесса.

Ключевые слова: смертность, злокачественные новообразования, мочеполовая система, Челябинская область.

Введение

С точки зрения оценки состояния здоровья мужского населения, основной проблемой европейских стран и России на протяжении многих лет остаются злокачественные новообразования (ЗНО). На их долю приходится практически каждый пятый случай смерти и инвалидности мужчин, а так же 5,2% — временной нетрудоспособности. При этом в ведущих странах Европейского союза и Японии показатель смертности от ЗНО мочеполовой системы у мужчин снизился с 27,2 до 19,0 случаев на 100 тыс. населения мужского населения. Тогда как в Российской Федерации вырос до 29,9 случаев на 100 тыс. населения [4,6].

В отличие от Европейского союза и США, где разработка и внедрение общенациональных программ по профилактике ЗНО способствовали снижению связанной с ними смертности, в России абсолютные показатели продолжают расти, превышая аналогичные данные развитых стран Европы, Японии и Северной Америки по отдельным нозологическим формам в 2 раза. Так, смертность мужчин от ЗНО предстательной железы возросла с 12,9 до 16,7

случая на 100 тыс. населения, от ЗНО почки соответственно с 7,4 до 7,8. В результате, продолжительность жизни российских мужчин, по данным ВОЗ, составляет 61,2 года, что на 10–15 лет меньше, чем в экономически развитых странах Европы [1,5].

Цель исследования

Установить основные закономерности динамики смертности от отдельных ЗНО мужской мочеполовой системы и составить прогноз до 2018 года.

Материалы и методы

В исследовании были использованы данные специализированных отчётных форм № 7 «Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями» и № 35 «Сведения о больных злокачественными новообразованиями» Челябинской области за 2006–2014 годы, а также официальных сборников онкологической службы Челябинской области [2]. При обработке использовались непараметрические методы статистического анализа. Для определения статистической значимости различий или

сходства показателей сравниваемых групп был применён однофакторный дисперсионный анализ с помощью расчёта критерия Фишера (F). Если величина $F_{\text{выч}}$ меньше критического значения $F_{\text{кр}}$, принимается нулевая гипотеза: различий между сравниваемыми совокупностями нет. Если $F_{\text{выч}}$ больше табличного значения $F_{\text{кр}}$, различия между совокупностями есть и признаются статистически значимыми. Для выяснения случайности или значимости изменений уровней заболеваемости по годам исследования был применён критерий итераций (Z). Если полученное значение Z равно или больше критического табличного значения Z_{05} , изменения уровня заболеваемости признаются статистически незначимыми: показатели находятся в пределах случайных колебаний. Если Z меньше табличного значения Z_{05} , различия признаются статистически значимыми: подтверждается наличие определённой динамики показателей [3]. Степень взаимосвязи факторов определялась с помощью коэффициента корреляции по методу Пирсона. Прогнозирование осуществлялось компьютерным методом с помощью «линии тренда» с предварительным выбором уравнения прогноза на основании достоверности сглаживания аппроксимации (коэффициента аппроксимации). В работе неукоснительно соблюдены международные принципы Хельсинкской декларации и всех этических стандартов по защите людей в процессе выполнения научной работы.

Результаты и обсуждение

В ходе работы было установлено, что уровень смертности мужчин от ЗНО мочеполовых органов в целом по Челябинской области имеет выраженную тенденцию к росту ($Z > Z_{05}$): от 32,6 случая на 100 тыс. мужского населения в 2006 году до 42,3 случая в 2014-м (таблица 1). При этом данный показатель слабо коррелирует ($r = +0,25 + 0,009$) с динамикой смертности от рака мочеполовой системы мужчин в целом по Российской Федерации, существенно превосходя ($F > F_{\text{кр}}$ при $p < 0,05$) общероссийские данные. Темп роста смертности в Челябинской области за девять лет составил 129,8%.

Сравнительный анализ смертности от ЗНО отдельных органов мочеполовой системы выявил принципиальные отличия в динамике и уровне показателей.

Так, общая негативная тенденция роста смертности от рака мочеполовой системы мужчин обусловлена только ростом смертности от опухолей предстательной железы и почки. На протяжении всех лет исследования самый высокий уровень смертности был зарегистрирован от ЗНО предстательной железы. В целом по Челябинской области смертность от данной нозологической формы имеет выраженную тенденцию к росту ($Z > Z_{05}$): с 13,3 случая на 100 тыс. мужского населения в 2006 году до 18,3 случая в 2014-м и, коррелируя ($r = +0,7 + 0,009$) с общерос-

сийской динамикой смертности от ЗНО предстательной железы, и существенно превосходит ее уровень ($F > F_{\text{кр}}$ при $p < 0,05$). Темп роста этого показателя в Челябинской области за девять лет составил 137,6%. Динамика роста смертности от данной патологии находится в прямой сильной корреляционной связи ($r = +0,98 + 0,009$) с ростом заболеваемости ею.

На втором месте по уровню смертности находятся ЗНО почек. Смертность от этой нозологической формы статистически значимо выросла ($Z > Z_{05}$): с 7,2 случая на 100 тыс. мужского населения в 2006 году до 13,7 случая в 2014-м. Динамика изменения уровня смертности от ЗНО почек у мужчин Челябинской области слабо коррелирует ($r = +0,3 + 0,009$) с динамикой общероссийских показателей. Это обусловлено наличием за период исследования резких снижений заболеваемости до 3,3 случая на 100 тыс. мужского населения и такого же резкого роста до 13,0 случаев. В первые три года исследования показатели Челябинской области были ниже общероссийских, но затем стали расти и достигли статистически значимой разницы ($F > F_{\text{кр}}$ при $p < 0,05$), превзойдя их. Темп роста смертности от рака почек в Челябинской области за девять лет составил 190,3%. Динамика роста смертности от данной патологии находится в прямой сильной корреляционной связи ($r = +0,85 + 0,009$) с ростом заболеваемости ею.

На третьем месте по уровню смертности мужчин от ЗНО мочеполовых органов стоит рак мочевого пузыря. Данный показатель был подвержен серьёзным колебаниям в отдельные годы исследования, но в целом имел тенденцию к снижению ($Z > Z_{05}$): с 12,9 случая на 100 тыс. мужского населения в 2007 году до 9,4 случаев в 2014-м.

Динамика областного показателя имеет прямую слабую корреляцию ($r = 0,3 + 0,009$) с динамикой общероссийских данных, которые отличаются равномерным, но медленным снижением. Темп сокращения смертности от ЗНО мочевого пузыря в Челябинской области за девять лет составил 38,0%.

Четвёртое место по смертности мужчин от рака мочеполовых органов занимает собирательная группа, объединённая под названием «Другие половые органы» и включающая яички и половой член. Смертность от ЗНО этих органов очень низкая, и колебания её уровня находятся в пределах статистической погрешности. В целом областной показатель не имеет существенных отличий ($F < F_{\text{кр}}$) от общероссийского.

Прогноз смертности (рисунок 1) от ЗНО органов мочеполовой системы мужчин указывает на то, что имеющиеся тенденции сохраняются и в будущем. Так, смертность от рака предстательной железы продолжит рост и достигнет к 2018 году уровня в 21,9 случая на 100 тыс.

Таблица 1. Смертность от ЗНО органов мочеполовой системы мужчин (на 100 тыс. мужчин)

Локализация	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Почка (С64): • Российская Федерация; • Челябинская область	7,4 7,2	7,8 8,0	7,9 3,3	8,2 10,8	8,0 11,0	8,0 13,0	7,7 11,8	7,8 10,5	7,0 13,7
Мочевой пузырь (С67) • Российская Федерация; • Челябинская область	8,6 11,1	8,6 12,9	8,4 10,6	8,4 10,9	8,2 10,3	8,2 10,5	7,8 9,6	7,7 8,0	5,0 9,4
Предстательная железа (С61): • Российская Федерация; • Челябинская область	12,9 13,3	13,5 15,4	14,4 16,0	15,2 15,7	15,6 17,5	16,0 19,4	16,4 21,3	16,7 21,6	14,1 18,3
Другие половые органы (С60,62): • Российская Федерация; • Челябинская область	0,9 1,0	1,0 0,9	0,9 0,8	0,9 0,9	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 0,9	1,0 0,9	1,0 0,9

Таблица 2. Летальность в течение одного года с момента установления диагноза ЗНО органов мочеполовой системы мужчин Челябинской области (на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом)

Локализация	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Почка (С64):	20,0	18,2	20,4	20,5	19,2	21,0	17,6	20,2	19,9
Мочевой пузырь (С67)	19,6	30,4	27,3	19,7	21,4	24,8	22,3	20,9	18,7
Предстательная железа (С61)	18,9	16,8	12,3	13,4	12,0	12,1	15,4	10,9	8,6

мужчин. Ещё более выраженное увеличение смертности прогнозируется от ЗНО почки, уровень этого показателя к 2018 году может достигнуть 16,9 случая на 100 тыс. мужчин. В то же время смертность от опухолей мочевого пузыря к 2018 году снизится до 7,2 случая на 100 тыс. мужчин.

Для ЗНО «Других половых органов» прогнозируется сохранение смертности на уровне 0,9 случая на 100 тыс. мужчин.

Важным аспектом анализа смертности от рака является исследование летальных исходов у онкологических больных в течение года после установления диагноза ЗНО. По динамике летальности на первом году можно оценивать сразу два явления. Во-первых, уровень запущенности опухолевого процесса и, во-вторых, результативность проводимого лечения онкологических больных.

Самой большой летальностью мужчин на первом году после установления диагноза, существенно превышающей ($F > F_{кр}$ при $p < 0,05$) этот показатель при ЗНО прочих органов мочеполовой системы, отличаются опухоли мочевого пузыря (таблица 2). При данной локализации рака средний уровень летальности за период исследования составил 22,8 случая на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом. Несмотря на то, что этот показатель в отдельные годы был подвержен серьёзным случайным колебаниям от 30,4 до 18,7 случая на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом, в послед-

ний год исследования он вернулся к величине первого года.

При раке почки на первом году после установления диагноза погибает в среднем за период исследования каждый пятый больной — 19,7 случая на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом. В отдельные годы исследования уровень летальности был подвержен серьёзным случайным колебаниям от 21,0 до 17,6 случая на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом. Однако в первый и последний годы из рассматриваемых он был примерно одной величины. При ЗНО почки ситуация с летальностью на первом году достоверно лучше, чем при ЗНО мочевого пузыря, но так же достоверно ($F > F_{кр}$ при $p < 0,05$) хуже, чем при ЗНО предстательной железы. Средний уровень летальности от рака предстательной железы за период исследования составил 13,4 случая на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом. Причём это единственная опухоль среди ЗНО мужской мочеполовой системы, у которой за период исследования отмечается положительная динамика. При данной локализации уровень летальности на первом году после установления диагноза достоверно снизился ($Z > Z_{05}$) более чем в два раза: с 18,9 случая на 100 больных с впервые в жизни установленным диагнозом в 2006 году до 8,6 случая в 2014-м.

Летальность на первом году после установления диагноза ЗНО наружных половых органов на протяжении всего девятилетнего периода исследования ни разу



Рисунок 1. Прогноз смертности от ЗНО мужских мочеполовых органов (на 100 тыс. мужчин)

не была зарегистрирована, что может свидетельствовать о результативности радикального лечения при малой выявляемости запущенных форм рака.

Важным вопросом является исследование обстоятельств влияющих на

летальность больных с ЗНО мочеполовой системы на первом году после установления диагноза (таблица 3). При изучении данного вопроса было установлено, что доля лиц на первом году после установления диагноза ЗНО предстательной железы находится в обратной сильной зависимости от частоты выявления начальных стадий ЗНО ($r = -0,77 + 0,009$), так же летальность находится в прямой сильной зависимости от частоты выявления III стадии ($r = 0,73 + 0,009$) и IV стадий заболевания ($r = 0,7 + 0,009$), т.е. чем чаще регистрируется данная стадия ЗНО, тем большее число больных умирают на первом году жизни.

При ЗНО мочевого пузыря и почки частота выявления определённых стадий патологического процесса не оказывает сильного и даже среднего влияния на численность больных погибающих на первом году после диагностирования опухоли

Интегральным показателем здоровья больных, прошедших лечение по поводу ЗНО, и эффективности проведённого лечения является показатель пятилетней ремиссии больных.

Так, наиболее высока пятилетняя ремиссия у больных с ЗНО мочевого пузыря (таблица 4). В среднем

за рассматриваемый девятилетний период каждый второй пациент после проведённого лечения живёт более пяти лет. Данный показатель по годам исследования отличается положительной динамикой: доля больных с пятилетней ремиссии достоверно увеличилась ($Z > Z_{05}$) — с 46,9% в 2006 году до 56,2% в 2014-м. Темп роста составил 119,8%.

Немного меньше показатель пятилетней ремиссии у пациентов после лечения ЗНО почки — 48,7%. Его динамика за годы исследования так же характеризуется положительно: он достоверно вырос ($Z > Z_{05}$) — с 42,9% в 2006 году до 53,6% в 2014-м. Темп роста составил 124,9%.

Хуже всего обстоит дело с продолжительностью жизни после проведённого лечения по поводу рака предстательной железы. Уровень этого показателя достоверно ниже ($F > F_{кр}$ при $p < 0,05$), чем при ЗНО мочевого пузыря и почки. В среднем только каждый третий больной проживает пять лет после лечения (31,0%). Динамика доли пятилетней ремиссии по годам исследования не была подвержена определённой тенденции, показатели отличались случайными колебаниями.

Что же касается пятилетней ремиссии при ЗНО наружных половых органов, то на протяжении всего девятилетнего периода исследования диспансерное наблюдение за данными пациентами систематически прерывалось, чаще всего по субъективным причинам самого больного. Поэтому судить об истинном уровне этого показателя при ЗНО наружных половых органов нельзя.

Таблица 3. Взаимосвязь летальности на 1-м году и стадий патологического процесса (r+mr)

Локализация	I–II стадии	III стадия	IV стадия
Почка (С64):	-0,08+0,008	-0,05+0,005	0,1+0,009
Мочевой пузырь (С67)	0,13+0,009	0,28+0,009	-0,21+0,009
Предстательная железа (С61)	-0,77+0,009	0,73+0,009	0,7+0,009

Таблица 4. Динамика численности мужчин с ЗНО органов мочеполовой системы, находящихся на диспансерном наблюдении пять и более лет (в % к общему числу зарегистрированных больных)

Локализация	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Почка (С64):	42,9	43,4	42,5	43,5	49,0	50,2	57,6	55,8	53,6
Мочевой пузырь (С67)	46,9	49,7	49,9	48,2	48,8	49,0	52,1	54,4	56,2
Предстательная железа (С61)	33,0	29,6	27,7	26,4	26,7	33,2	34,6	32,0	35,6

Важным вопросом является исследование обстоятельств влияющих на длительность пятилетней ремиссии больных с ЗНО мочеполовой системы. При изучении данного вопроса было установлено, что доля лиц с пятилетней ремиссией при ЗНО почки находится в прямой сильной зависимости от частоты выявления начальных стадий ЗНО ($r=+0,86+0,009$), так же вероятность пятилетней зависимости находится в обратной сильной зависимости от частоты выявления III стадии заболевания ($r=-0,9+0,009$), т.е. чем чаще регистрируется данная стадия ЗНО, тем меньшее число больных имеют пятилетнюю ремиссию. А вот влияние IV стадии на численность больных достигающих пятилетней ремиссии средняя.

При ЗНО мочевого пузыря и предстательной железы частота выявления определённых стадий патологического процесса не оказывает сильного влияния на численность больных проживающих 5 и более лет после диагностирования опухоли.

Выводы

1. Челябинская область отличается более высоким уровнем и негативной динамикой смертности от ЗНО мужских мочеполовых органов в сравнении с общерос-

сийскими показателями. При этом данная негативная особенность обусловлена только показателями смертности от рака предстательной железы и почки.

2. Сравнительный анализ прогнозов заболеваемости [2] и смертности мужчин от ЗНО мочеполовой системы показывает, что до 2018 года рост заболеваемости раком почки и предстательной железы будет сопровождаться ростом смертности.

3. Летальность на первом году после установления диагноза только у больных с ЗНО предстательной железы находится в сильной прямой зависимости от частоты выявления поздних стадий опухолевого процесса, а у больных с ЗНО почки и мочевого пузыря подобная взаимосвязь слабая.

4. Доля мужчин, находящихся на диспансерном наблюдении пять и более лет, лишь при ЗНО почки находится в сильной прямой зависимости от частоты выявления ранних стадий опухолевого процесса, а у больных с ЗНО предстательной железы и мочевого пузыря подобная взаимосвязь слабая.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскарлова З. Ф., Аскарлов Р. А., Чуенкова Г. А. Динамика заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований населения Республики Башкортостан// Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины.-2012.-№ 4.-С.30–33.
2. Заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований, организация онкологической помощи населению Челябинской области в 2014 году/ под. ред. А.В. Важенина. — Челябинск, 2015. -75с.
3. Зайцев В. М., Лифляндский В. Г., Маринкин В. И. Прикладная медицинская статистика.-СПб, 2006.-432с.
4. Злокачественные новообразования в России в 2010 году: (заболеваемость и смертность) / под ред. В. И. Чиссова.-М., 2012.-259с.
5. Фролова О.А, Уткельбаев Р. И., Сафиуллина З. Ф. Медико-демографические показатели как индикаторы репродуктивного здоровья// Общественное здоровье и здравоохранение.-2012.-№ 1.-С.5–8.
6. Ferlay J., Parkin D. M., Steliarova-Foucher E. Estimates of cancer incidence and mortality in Europe in 2008// Eur J Cancer. — 2010. — Vol.46 (4).-P.765–781.

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ТРАВМЕ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ

DEVELOPMENT OF UNIVERSAL CLASSIFICATION OF FORECASTING OF COMPLICATIONS AT THE INJURY OF THE CALCANEAL BONE

V. Savgachev

Summary. Lack of uniform classification system concerning possibility of complications at an injury of a calcaneal bone persistently demands creation of a uniform paradigm of use by the beginning young specialists of concepts and forecasts in their daily practice.

Keywords: calcaneal bone, complications, osteomyelitis, migration of a metal construction.

Савгачев Виталий Владимирович

Аспирант, Ярославский государственный
медицинский университет
hirurg2288@mail.ru

Аннотация: отсутствие единой классификационной системы в отношении возможности возникновения осложнений при травме пяточной кости на-стойчиво требует создания единой парадигмы использования начинающими молодыми специалистами понятий и прогнозов в их повседневной практике.

Ключевые слова: пяточная кость, осложнения, остеомиелит, миграция металлоконструкции.

Введение

Риски возникновения осложнений на сегодняшний день остаются актуальной проблемой. При современном техническом оснащении и обогащении новыми методиками в хирургии и травматологии частота встречаемости осложнений не имеет яркой тенденции к снижению. Частота послеоперационных осложнений составляет на протяжении последних 25 лет по данным различных авторов около 10% [6, 13, 23], при этом доля инфекционных — 80%, а асептических 20% [15, 18, 19]. Технические ошибки: неадекватный доступ, ненадежный гемостаз, травматичность проведения, случайные (незамеченные) повреждения других органов, оставление инородных тел, неадекватные вмешательства, “фокусы” в исполнении операций, дефекты швов, неадекватное дренирование, дефекты послеоперационного ведения всегда будут преследовать хирурга, повышая тем самым риск развития осложнений [13]. Нет не одной общей классификации которая по своей структуре позволила наглядно бы предсказать возможность возникновения того или иного осложнения при травме пяточной кости с учетом вида травмы, способа лечения и времени возникновения [5, 10, 21]. Только опытный хирург травматолог может предположить о возможном риске развития осложнения. Отсюда возникла необходимость создания классификации для использования начинающими молодыми специалистами в том числе и непрофильных лечебных учреждений, для удобства выбора способа лечения и повышения настороженности к возможному развитию того или иного осложнения.

Цель

Облегчить возможность проведения профилактики развития осложнений при травме пяточной кости начинающим врачам травматологам.

Задачи

1. Провести анализ литературы на наличие возможных классификаций по осложнениям при травме пяточной кости;
2. Создать рабочую классификацию с соблюдением иерархии понятий (их соподчиненности) и соотношение с близким им по значению и содержанию терминами. С корректным формированием и использованием медицинских терминов. Все используемые термины должны быть научно обоснованы, лингвистически и терминологически правильны.

Материалы и методы

Классификация осложнений и их обозначение, может служить как для познания механизмов патогенеза, так и для уточнения вопросов диагностики и лечения. Таким образом, она не только является инструментом познания, но и служит утилитарным, в том числе организационным, целям. Основу любой классификации должен составлять единый признак, и именно поэтому то или иное явление может быть классифицировано по различным критериям [27, 28]. В основу данной работы легла проработка существующих классификаций по травме пяточной кости,

а также существующие общие классификации по возможным осложнениям как в дооперационном периоде, так и в послеоперационном. Созданная классификация состоит из 4 блоков, логично взаимосвязанных и переходящих друг в друга. Первым блоком идет непосредственно наиболее распространенные классификации в нашей стране по виду переломов пяточной кости, это классификации по R. Sanders (1993 г., 2000 г. с изменениями) и Международной Ассоциации по изучению методов внутренней фиксации АО/ОТА (2007 г.) [24, 28] (см. рис. 1).

Классификация по R. Sanders основывается на результатах КТ пяточной кости в коронарной и аксиальной проекциях и включает в себя следующие типы переломов, где шифр ячейки соответствует: 1А — Тип 1; 1В — Тип 2 ABC; 1С — Тип 3 АВ; АС; ВС; 1D — Тип 4.

Классификация АО/ОТА использует универсальный подход и включает в себя следующие элементы: 2А — А1; А2; А3.; 2В — В1; В2.; 2С — С1; С2; С3; С4.

Именно на этом этапе уже можно определить дальнейшую тактику ведения больного и соответственно определить возможные будущие осложнения.

Следующий блок включает группировку вариантов в зависимости от вида лечения (Рис. 1):

1. Консервативное (3А — Гипсовая иммобилизация; 3В — Ортез; 3С — Ручная репозиция);
2. Оперативное с использованием металлоконструкций (4А — Закрытая репозиция Essex-Lopresti; 4В — Открытый способ; 4С — Малоинвазивный, Комбинированный способы C-Neil; Vira-op-tech).

Для оптимизации следующего блока были проанализированы различные источники по видам осложнений и самым оптимальным вариантом стала хирургическая классификация [6, 11, 27], которая включает в себя: общие (системные) (5); Местные (6); Осложнения анестезии (7), представленные на рисунке 1.

В виду наиболее интересующих осложнений местно-го характера дальнейшая схема строится именно по этому направлению. Поэтому следующий блок представлен градацией по инфекционному воздействию и состоит из двух блоков: не инфекционные (асептические — 8) и инфекционные (септические — 9). Они в свою очередь переходят в фильтр по периоду возникновения (рис. 1), где различают:

- ◆ 10. Дооперационные, консервативное лечение (10А — Ранние; 10В — Отсроченные; 10С — Поздние отдаленные)
- ◆ 11. Интраоперационные;
- ◆ 12. Послеоперационные (12А — Ранние; 12В — Отсроченные; 12С — Поздние отдаленные).

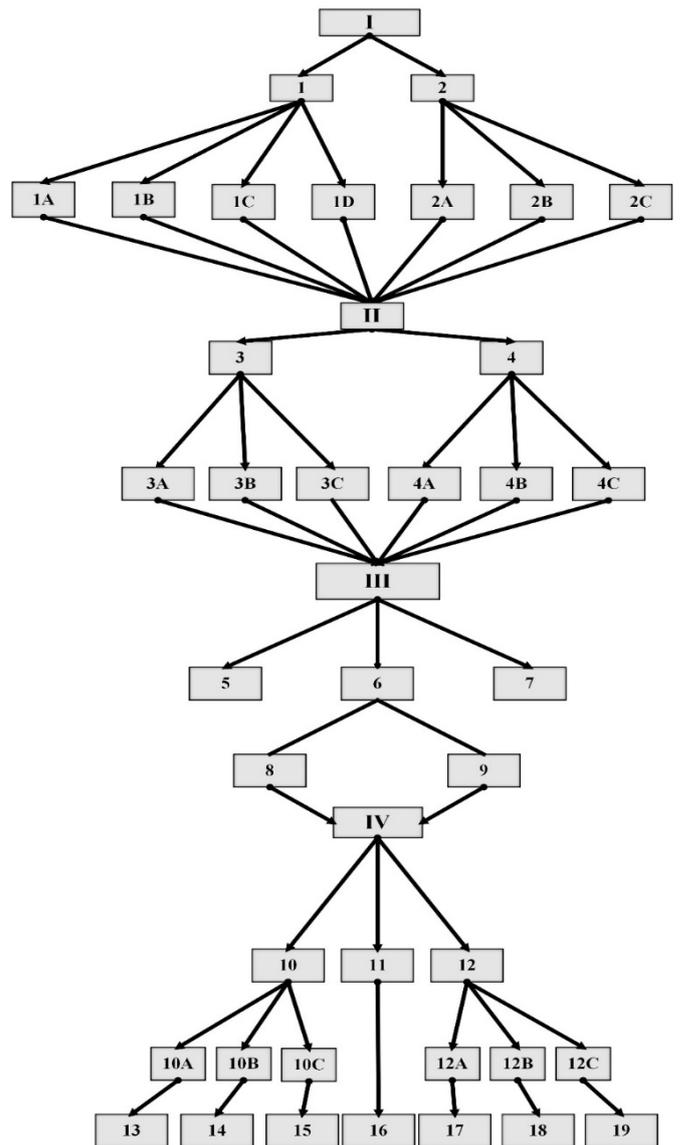


Рисунок 1. Схема развития осложнений при травме пяточной кости.

Не малый интерес вызывает классификация осложнений по степени тяжести (СТ), ранее не используемая в травматологии. Так на современном этапе наибольшей популярностью пользуется классификатор по Daniel Dindo [11, 17]. Которая заключается в следующем: Степень I — осложнения минимального риска, не требующие лечения. Степень II — осложнения, не требующие оперативного вмешательства, требующие медикаментозного лечения. Степень III подразделяется на две подгруппы IIIa требующие инвазивных способов лечения под местной анестезии и IIIб требующие инвазивные вмешательства под общей анестезией. Степень IV — жизнеугрожающие осложнения, приводящие к длительной нетрудоспособности, резекции органа, а также к смертельному исходу (см. табл. 1).

Таблица 1. Характеристика осложнений по степени тяжести

№	СТ	Виды осложнений	
13	I	недостаточная репозиция, венозный тромбоз, артриты	
	II	эпидермальные пузыри	
	III	a	недостаточная иммобилизация, компартмент синдром, пролежни
		б	отсутствуют
IV	гангрена		
14	I	недостаточная репозиция, венозный тромбоз, артриты, тендиниты малоберцовой и задней большеберцовой мышц, замедление консолидации, артроз подтаранного сустава, мышечные контрактуры	
	II	отсутствует	
	III	a	недостаточная иммобилизация, пролежни, полное не сращение
		б	отсутствует
IV	гангрена		
15	I	артроз подтаранного сустава, артроз пяточно-кубовидного сустава, большая костная мозоль, костные выросты, мышечные контрактуры	
	II	отсутствует	
	III	a	развитие ложного сустава, посттравматические деформации
		б	отсутствует
IV	отсутствует		
16	I	отсутствует	
	II	повреждение n. suralis, повреждение n. tibialis posterior	
	III	a	кровотечение, интраоперационный перелом
		б	отсутствует
IV	отсутствует		
17	I	отсутствует	
	II	нейропатии n. suralis, n. tibialis posterior, деформации, артрозы, артриты, венозный тромбоз, эпидермальные пузыри	
	III	a	некроз краев послеоперационной раны, нагноение послеоперационной раны и зоны остеосинтеза, неправильное положение отломков, миграция металлоконструкций, остеомиелит
		б	отсутствует
IV	гангрена		
18	I	замедление консолидации, мышечные контрактуры	
	II	замедление консолидации, мышечные контрактуры, нейропатии n. suralis, n. tibialis posterior, деформации, артрозы, артриты, венозный тромбоз, эпидермальные пузыри, тендиниты малоберцовой и задней большеберцовой мышц	
	III	a	некроз краев послеоперационной раны, нагноение послеоперационной раны и зоны остеосинтеза, неправильное положение отломков, миграция металлоконструкций, недостаточная репозиция, остеомиелит, полное не сращение, лигатурные свищи
		б	отсутствует
IV	гангрена		
19	I	мышечные контрактуры, большая костная мозоль, костные выросты	
	II	посттравматические артрозы	
	III	a	развитие ложного сустава, посттравматические деформации, остеомиелит, миграция металлоконструкций, лигатурные свищи
		б	отсутствует
IV	гангрена		

Итоговый общий вид схемы возникновений осложнений по степени тяжести при травме пяточной кости в зависимости от вида травмы, метода лечения и периода возникновения представлен на рисунке 1.

Заключение

Разнообразие клинических проявлений при травматическом поражении пяточной кости приводит начинающих врачей к ошибочным заключениям и неправильной тактике действий в каждом конкретном случае. Понимание особенности взаимоотношений на первый взгляд кажущихся различными типами повреждений

при подробном рассмотрении складываются в четкую структуру осознания возможных вариантов развития осложнений.

Выводы

Созданная классификация поможет даже начинающему врачу-травматологу принять правильное решение к выбору тактики лечения и построить адекватный прогноз, а значит и предупредить возможные осложнения у пациентов с травмой пяточной кости как в специализированных травматологических центрах, так и в районных больницах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьева, П. В. Лучевая терапия дегенеративно-дистрофического процесса пяточной кости (пяточный остеофит) / П. В. Ананьева, С. В. Полушкин, И. А. Костина // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2014. — № 4 (4). — С. 282.
2. Ардашев, И. П. Диагностика сосудистых нарушений при переломах костей стопы / И. П. Ардашев, Е. А. Афонин, И. В. Власова, Р. Г. Воронкин, К. С. Казанин // Вестник новых медицинских технологий. — 2010. — № 1 (17). — С. 159–162.
3. Байрамкулов, Э. Д. Клинико-морфологическая характеристика остеомиелита при синдроме диабетической стопы / Э. Д. Байрамкулов, А. А. Воротников, С. А. Мозеров, О. В. Красовитова // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 1 (1). — С. 23–27.
4. Бикташева Э. М. Современные хирургические технологии при обширных дефектах и рубцовых деформациях мягких тканей проксимального отдела стопы с использованием функциональных лоскутов / Б. Ш. Минасов, М. М. Валеев // Медицинский вестник Башкортостана. — 2015. — № 1 (10). — С. 39–44.
5. Гатина, Э. Б. Инфекционные осложнения как показатель смены вариантов лечения в травматологии и ортопедии / Э. Б. Гатина, М. И. Митронин, И. Ф. Ахтямов и др. // Практическая медицина. Актуальные проблемы медицины. — 2013. — Т. 2. — С. 34–36.
6. Гостищев, В. К. Общая хирургия / В. К. Гостищев. — М.: ГЭОТАР — Медиа, 2015. — 608 с.
7. Зузова, А. П. Инфекции области хирургического вмешательства: общие подходы к антибиотикопрофилактике и терапии / А. П. Зузова, Ю. А. Белькова // Журнал «Фарматека». — Москва, 2007. — № 4. — С. 67–74.
8. Лантух, Т. А. ABCDEF-шкала оценки риска развития хирургических осложнений при оперативном лечении внутрисуставных переломов пяточной кости со смещением / Т. А. Лантух, А. А. Волна, Н. В. Загородний и др. // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. — 2013. — Т. 13 (4). — С. 122–124.
9. Мирошникова, Е. А. Эффективность различных модификаций артротомии подтаранного сустава в лечении больных с отдаленными последствиями переломов пяточной кости / Е. А. Мирошникова, Г. В. Коробушкин, А. В. Скорогляд // Вековые традиции, новые технологии. 210 лет на страже здоровья России: материалы юбилейной науч. практ. конф. ГKB № 1 им. Н. И. Пирогова. — Москва, 2012. — С. 306.
10. Пахомов, И. А. Разработка биомеханически обоснованного метода лечения пациентов с последствиями консолидированных в порочном положении переломов пяточной кости, осложненных разгибательной контрактурой голеностопного сустава / И. А. Пахомов // Политравма. — 2010. — № 4. — С. 24–29.
11. Тазалов, В. А. Классификация хирургических осложнений / В. А. Тазалов // Новый хирургический журнал (г. Хабаровск). — 2004. — Т. 2 (4). — С. 27–39.
12. Тихилов, Р. М. Современные аспекты лечения последствий переломов костей заднего отдела стопы / Р. М. Тихилов, Н. Ф. Фомин, Н. А. Корышков и др. // Травматология и ортопедия России. — 2010. — № 2. — С. 144–149.
13. Шапот, Ю. Б. Классификация осложнений травматической болезни / Ю. Б. Шапот, И. И. Джанелидзе, С. Ф. Багиско и др. // II съезд хирургов Сибири и Дальнего Востока (г. Владивосток, 12–14.09.2007) бюллетень ВСНЦ СО РАМН. — 2007. — № 4 (36). — С. 202–203.
14. Шутов Ю. М. Оптимизация лечения плантарных фасцитов и ахиллитов / Ю. М. Шутов, М. З. Шутова, В. Н. Кокшарова // Медицина и образование в Сибири. — 2015. — № 2. — С. 5–7.
15. Юркевич, В. В. Новые технологии восстановительного лечения больных с остеомиелитом пяточной кости / В. В. Юркевич, Р. С. Баширов, В. В. Подгорнов и др. // Новые медицинские технологии. — 2011. — № 9. — С. 20–23.
16. Daley, J. Risk-adjusted surgical outcomes / J. Daley, W. Henderson, S. Khuri // Annu. Rev. Med. — 2001. — Vol. 52. — P. 275–287.
17. Dindo, D. Classification of Surgical Complications. A New Proposal With Evaluation in a Cohort of 6336 Patients and Results of a Survey / D. Dindo, N. Demartines, P.-A. Clavien // Ann. Surg. — 2004. — Vol. 240 (2). — P. 205–213.
18. Canale, S. T. Campbell's operative orthopaedics. 12th ed. / S. T. Canale, J. H. Beaty, W. C. Campbell // Philadelphia Elsevier Mosby. — 2013. — 4664 p.
19. Gaskill, T. Comparison of surgical outcomes of intra-articular calcaneal fractures by age / T. Gaskill, K. Schweitzer, J. Nunley // J. Bone Joint Surg. Am. — 2010. — Vol. 92 (18). — P. 2884–2889.
20. Ketz, J. P. Peroneal tendon instability in intra-articular calcaneus fractures: a retrospective comparative study and a new surgical technique / J. P. Ketz, M. Maceroli, E. Shields, R. W. Sanders // J. Orthop. Trauma. — 2015. Nov. — Vol. 20. — P. 214–219.

21. López-Oliva, F. Vira® system — a minimally invasive technique for severe fractures of the calcaneus treatment with primary subtalar fusion: a preliminary report / F. López-Oliva, F. Forriol, T. Sánchez-Lorente, Y. A. Sanz // *Foot Ankle Surg.* — 2011. Jun. — Vol. 17 (2). — P. 68–73.
22. Martin, R.C. 2nd. Quality of complication reporting in the surgical literature / R. C. Martin, M. F. Brennan, D. P. Jaques // *Ann. Surg.* — 2002. — Vol. 235. — P. 803–813.
23. Pape, H. C. Damage control management in the polytrauma patient / H. C. Pape, A. B. Peitzman, C. W. Schwab // Springer. — 2010. — 462 p.
24. Sturm, J. A. Trauma care in Germany: an inclusive system / J. A. Sturm, H. C. Pape, T. Dienstknecht // *Clin. Orthop. Relat. Res.* — 2013. — Vol. 471 (9). — P. 2912–2923.
25. Vallier, H. A. A new look at the hawkins classification for talar neck fractures: which features of injury and treatment are predictive of osteonecrosis? / H. A. Vallier, S. G. Reichard, A. J. Boyd, T. A. Moore // *J. Bone Jt. Surg.* — 2014. — Vol. 96 (3). — P. 192–197.
26. Veen, M. Recording and classification of complications in a surgical practice / M. Veen, J. Lardenoye, G. Kastelein et al. // *Eur. J. Surg.* — 1999. — Vol. 165. — P. 421–424.
27. Veltman, E. S. Long-term outcomes of 1,730 calcaneal fractures: systematic review of the literature / E. S. Veltman, J. N. Doornberg, S. A. Stufkens, J. S. K. Luitse et al. // *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* — 2013. — Vol. 52. (4). — P. 486–490.
28. Wang, C. L. Abductor digiti minimi muscle flap transfer to prevent wound healing complications after ORIF of calcaneal fractures / C. L. Wang, S. F. Huang, X. S. Sun, T. Zhu, C. Lin, Q. Li // *Int. J. Clin. Exp. Med.* — 2015. Aug. — Vol. 15 (8). — P. 130.

© Савгачев Виталий Владимирович (hirurg2288@mail.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ИММУНОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ У ПАЦИЕНТОВ ПРИ КОМОРБИДНОМ ТЕЧЕНИИ ТИРЕОИДНОЙ ПАТОЛОГИИ И МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА (ПОЛНОГО И НЕПОЛНОГО МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА)

Фатеева Анастасия Александровна

Аспирант Первого МГМУ им. И. М. Сеченова при кафедре эндокринологии Института профессионального образования, Москва, Россия
fateeva_anastasi@mail.ru

Унербаева Сауле Адильжановна

К.м.н., руководитель отдела соматики Объединенной университетской клиники № 2 при КазНМУ им. С. Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан

Ильмалиева Актоты Жарылкасымовна

Ассистент кафедры эндокринологии Объединенной университетской клиники № 2 при КазНМУ им. С. Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан

Петунина Нина Александровна

Д.м.н., профессор, заведующая кафедрой эндокринологии Института профессионального образования Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, Москва, Россия

IMMUNOLOGICAL REACTIONS IN PATIENTS COMORBID FLOW IN THYROID DISEASES AND METABOLIC SYNDROME (COMPLETE OR INCOMPLETE METABOLIC SYNDROME)

**A. Fateeva
S. Unerbaeva
A. Ilmalieva
N. Petunina**

Summary. Evaluation of changes in the immune status of patients with comorbid course of thyroid disease and metabolic syndrome and their relationship to blood inflammatory reactions. In a comprehensive study of 90 patients at the age of 18 were included and older. The patients were divided into three groups: the core group — for comorbid metabolic syndrome and diseases of the thyroid gland, the comparison group — patients with complete and incomplete without the metabolic syndrome diagnosed have thyroid disease, patients with disorders of the thyroid gland without the metabolic syndrome.

The state of the immune status at study subjects consisted of phenotypic characteristics of immune cells of peripheral blood, determination of immunoglobulins, the calculation of the immunoregulatory index. It was found that the combined course of metabolic syndrome and thyroid gland cellular and humoral immunity characterized by stimulation of humoral immunity disimmunoglobulinemey, lack of T-cell immunity that may be associated with chronic hyperinsulinemia, dyslipidemia and antigenic stimulation of lipoproteins that cause immunoinflammatory reactions.

The revealed changes of the immune status indicate the presence of autoimmune inflammatory reactions, indicating a higher risk of cardiovascular complications.

Keywords: Metabolic syndrome, thyroid disease, immune status, cardiovascular complications.

Аннотация. Проведена оценка изменений иммунного статуса у пациентов с коморбидным течением тиреоидной патологии и метаболического синдрома и их взаимосвязь с воспалительными реакциями крови. В комплексное исследование были включены 90 пациентов в возрасте от 18 лет и старше. Больные были разделены на три группы: основная группа — коморбидное течение метаболического синдрома и заболеваний щитовидной железы, группы сравнения — пациенты с полным и неполным метаболическим синдромом без диагностированных у них заболеваний щитовидной железы, пациенты с патологией щитовидной железы без метаболического синдрома.

Исследование состояния иммунного статуса у обследуемых состояло из фенотипической характеристики иммунокомпетентных клеток периферической крови, определения иммуноглобулинов, расчета иммунорегуляторного индекса. Выявлено, что при сочетанном течении метаболического синдрома и патологии щитовидной железы показатели клеточного и гуморального иммунитета отличаются стимуляцией гуморального иммунитета дисиммуноглобулинемией, недостаточностью Т-клеточного звена иммунитета, что, возможно, связано с хронической гиперинсулинемией, дислипидемией и антигенной стимуляцией липопротеидами, которые и вызывают иммуновоспалительные реакции.

Выявленные изменения иммунного статуса свидетельствуют о наличии аутоиммунных воспалительных реакций, что говорит о более высоком риске развития сердечно-сосудистых осложнений.

Ключевые слова: Метаболический синдром, патология щитовидной железы, иммунный статус, сердечно-сосудистые осложнения.

Введение

Распространенность метаболического синдрома во всем мире колеблется от 25% до 35%. Заболеваемость метаболическим синдромом — прерогатива людей старшего возраста. Нарушения функции щитовидной железы встречаются у них в 5–20% и протекают атипично, а их неспецифичные симптомы практически невозможно выделить у пациента с многочисленными сопутствующими заболеваниями, в том числе с заболеваниями сердечно-сосудистой системы и нарушениями обмена веществ.

Есть многочисленные исследования, которые подтверждают взаимосвязь гипотиреоза с артериальной гипертензией, ишемической болезнью сердца (ИБС) и нарушениями липидного обмена [1].

Также имеются данные о том, что нарушения углеводного обмена и гиперсимпатикотония тесно коррелируют с гипертиреозом. При этом инсулинорезистентность встречается как при гипо-, так и при гипертиреозе [2,3].

Есть целый ряд исследований показавших, что низконормальный уровень свТ4 ассоциирован с инсулинорезистентностью и 4–5 компонентами метаболического синдрома, и уровень ТТГ в пределах референсных значений положительно и линейно ассоциирован с фатальными коронарными событиями [4].

В настоящее время недостаточно изучены механизмы иммунных и генетических нарушений при метаболическом синдроме и аутоиммунных заболеваниях щитовидной железы (АЗЩЖ). Ряд авторов отмечает снижение субпопуляций Т-лимфоцитов CD3+, CD4+, CD8+ и увеличение хелперно-супрессорного отношения CD4/8, другие же наоборот отмечают увеличение количества лимфоцитов, повышение CD3+, CD4+, CD8+, CD16+, снижения уровня CD19+ [5]. Имеются и такие исследования, которые показывают, что при эутиреозе средние показатели содержания иммунокомпетентных клеток не отличались от таковых у здоровых лиц, за исключением CD8+ и CD16+CD56+ Т- лимфоцитов [6].

При метаболическом синдроме характерны стимуляция гуморального звена иммунитета, дизиммуноглобулинемия, недостаточность Т-клеточного иммунитета [7]. Другие авторы показали проатерогенное действие системного воспаления, которое заключается в непосредственном действии медиаторов воспаления на липидный обмен с появлением его патологического профиля и активации свободнорадикального окисления липидов. Сочетание метаболического синдрома с патологией щитовидной железы и/или хроническими аутоиммунными заболеваниями характеризовалось усугублени-

ем нарушений в Т- и В-клеточном звене иммунитета, увеличением уровня IgG, снижением IgA и изменением направленности корреляций показателей тиреоидного и иммунного статусов.

Согласно, полученным результатам необходимо учитывать наличие метаболического синдрома при патологии щитовидной железы и начинать его своевременное лечение. Так как, провоспалительный потенциал крови у больных с сочетанным течением метаболического синдрома выше, чем у пациентов с метаболическим синдромом без диагностированных у них заболеваний щитовидной железы, что свидетельствует о более высоком риске развития сердечно-сосудистых осложнений.

Цель исследования

Оценка изменений иммунологических показателей у пациентов с коморбидным течением метаболического синдрома и патологии щитовидной железы их взаимосвязь с воспалительными реакциями крови.

Материалы и методы

В комплексное исследование включены 90 пациентов в возрасте от 18 лет и старше. Из них женщин 65 человек, мужчин — 25 человек. Больные были разделены на три группы:

Основная группа — коморбидное течение метаболического синдрома и щитовидной железы, Группа сравнения- пациенты с полным и неполным метаболическим синдромом без диагностированных у них заболеваний щитовидной железы, группа пациентов с патологией щитовидной железы без метаболического синдрома.

В основной группе — около 43,3% это сочетанное течение аутоиммунного тиреоидита и метаболического синдрома, 36,6%-диффузный нетоксический зоб и метаболический синдром, 16,7%- узловой коллоидный пролифелирующий зоб и метаболический синдром, 3,3%-диффузно-токсический зоб и метаболический синдром. Причем, эутиреозное состояние наблюдалось в 73,3%, гипотиреоз диагностирован в 26,7%, гипертиреоза не выявлено.

Группа пациентов с патологией щитовидной железы без метаболического синдрома-диффузный нетоксический зоб 40%, АИТ-30%, узловой коллоидный пролифелирующий зоб-23,3%, ДТЗ-3,3%, послеоперационный гипотиреоз-3,3%.

В данной группе эутиреозный статус наблюдался в 73,3%, гипотиреоз — 23,3%, гипертиреоз — 3,3%.

Таблица 1. Частотное (в %) распределение по группам ИМТ в основной и контрольных группах

Группы ИМТ	Классификация	Всего	Группа 1	Группа 2	Группа 3
1	Недостаточная	-	-	-	-
2	Нормальная	-	-	-	-
3	Избыточная	3,3% (2)	3,3% (1)	3,3% (1)	-
4	Ожирение I ст.	50% (30)	53,3% (16)	46,7% (14)	-
5	Ожирение II ст.	46,7% (28)	43,3% (13)	50% (15)	-
6	Ожирение III ст.	-	-	-	-

Таблица 2. Показатели иммуноглобулинов в трех сравниваемых группах

Показатели	Основная группа (n=30)	Группа сравнения (n=30)	Группа с изолированным поражением щитовидной железы (n=30)	P (1–2)	P (1–3)
Ig A, г/л	2,3±0,2	1,41±0,2	1,95±0,2	<0,05	>0,05
Ig M, г/л	1,9±0,2	1,42±0,2	2,1±0,2	>0,05	>0,05
Ig G, г/л	21,99±0,8	15,7±1,5	21,54±0,9	<0,05	>0,05

Диагноз метаболического синдрома устанавливался на основании критериев, разработанных международной федерацией диабета 2005 года. Индекс массы тела у пациентов основной группы и группы сравнения представлен в таблице.

В число обследованных не включались больные с острыми и хроническими инфекционно-воспалительными, аллергическими, онкологическими заболеваниями, гепатитом алкогольной и вирусной этиологии, гипоталамическим ожирением, декомпенсированным сахарным диабетом, хронической сердечной недостаточностью по NYHA IV ст., наличием в анамнезе инфаркта миокарда или мозгового инсульта, тяжелых нарушений функции почек и печени, тяжелой формы артериальной гипертензии, психическими заболеваниями, эпилепсией, системными заболеваниями крови, лихорадочными состояниями.

Исследование состояния иммунной системы у обследуемых состояло из фенотипической характеристики иммунокомпетентных клеток периферической крови.

В плазме крови определяли уровень TNF-а и растворимого рецептора к TNF-а (sTNF-а RI) методом иммуноферментного анализа.

Оценивался неспецифический маркер воспаления крови С-реактивный белок (СРБ) путем проведения биохимического анализа крови.

Для исследования клеточного иммунитета проводилось фенотипирование иммунокомпетентных клеток периферической крови с использованием моноклональных антител к молекулам CD3, CD4, CD8, CD16, CD22, CD25, HLA-DR. Также определялся иммунорегуляторный индекс через соотношение CD4+/CD8+.

Результаты и обсуждение

У 18 пациентов с метаболическим синдромом были нарушения углеводного обмена: СД 2 типа — у 10 (55,6%), нарушенная толерантность к глюкозе — у 6 (33,3%), нарушенная гликемия натощак — у 2 (11,1%).

При анализе иммунограммы в основной группе наблюдалось наибольшее повышение Ig G, играющего важную роль в аутоиммунной агрессии, особенно в сочетании с повышенными провоспалительными биохимическими и иммунологическими маркерами. Данные иммуноглобулинов в основной и контрольных группах представлены в таблице 2.

Примечание. p — достоверность различия показателей между основной группой, группой сравнения и группой пациентов с патологией щитовидной железы без метаболического синдрома.

Провоспалительный потенциал крови у больных с сочетанным течением метаболического синдрома выше и у пациентов с метаболическим синдромом без диагностированных у них заболеваний щитовидной же-

Таблица 3. Показатели провоспалительного потенциала крови в трех сравниваемых группах

Показатели	Основная группа (n=30)	Группа сравнения (n=30)	Группа с изолированным поражением щитовидной железы (n=30)	P (1-2)	P (1-3)
СРБ, мг/л	7,6±0,5	4,3±0,06	8,07±0,04	<0,05	>0,05
ФНО, пг/мл	9,31±2,2	6,1±1,6	6,1±1,3	<0,05	>0,05

Примечание. p — достоверность различия показателей между основной группой, группой сравнения и группой пациентов с патологией щитовидной железы без метаболического синдрома

Таблица 4. Характеристика показателей иммунограммы

Показатели клеточного иммунитета у больных в трех исследовательских группах					
Показатели	Основная группа (n=30)	Группа сравнения (n=30)	(n=30)	P (1-2)	P (1-3)
В-лимфоциты (CD3+),%	,6±0,6	,97±0,76	,1±1,1	<0,05	>0,05
Т-лимфоциты, %	,9±0,9	,97±1,06	,3±0,8	>0,05	<0,05
CD4+(Т-хелперы),%	,2±0,7	,5±1,24	,4±1,5	<0,05	>0,05
CD8+(Т-цитотоксические),%	,9±0,64	,8±0,6	,8±1,5	>0,05	<0,05
ИРИ(иммунорегуляторный индекс)	,6±0,05	,7±0,06	,6±0,07	>0,05	>0,05
CD16+(NK-киллеры),%	,97±0,6	,7±0,5	,3±0,6	>0,05	>0,05

Примечание. p — достоверность различия показателей между основной группой, группой сравнения и группой пациентов с патологией щитовидной железы без метаболического синдрома.

лезы выше, группе больных с изолированной патологией щитовидной железы. Данные воспалительных маркеров крови показаны в таблице 3.

Данные иммунологических исследований в контрольной группе и в группе пациентов с метаболическим синдромом представлены в таблице 4.

Содержание Т-лимфоцитов% с CD4+ и CD8+ детерминантами было достоверно ниже в основной группе (p<0,05), чем в группе с метаболическим синдромом и группе с изолированным поражением щитовидной железы. Это говорит о нарушении деятельности клеточного звена иммунитета.

Основной функцией Т-лимфоцитов (CD4+, Т-хелперы), является способность продуцировать различные цитокины и участвовать в регуляции клеточного и гуморального иммунитета [8].

В основной группе содержание CD3+ лимфоцитов (p<0,05) было существенно выше, чем в группе с метаболическим синдромом. Но при анализе уровней иммуноглобулинов сыворотки крови, которые являются основными показателями функциональной активности В-лимфоцитов выявлено, что в основной группе Ig G существенно превышает нормативные значения (p<0,05) в сравнении с группой пациентов с метаболическим синдромом и группой с изолированным поражением щитовидной железы. В цепи иммунологических реакций именно Ig G играет важную роль в развитии аутоиммун-

ного воспаления. Это доказывает и то, что в основной группе неспецифический и специфический маркеры воспаления (СРБ, ФНО) выше (p<0,05), чем в группе с метаболическим синдромом и группе с изолированным поражением щитовидной железы.

Можно предположить, что при сочетанном течении метаболического синдрома и патологии щитовидной железы увеличивается цитотоксическое действие иммунных воспалительных маркеров на клеточные мембраны, которые впоследствии способствуют образованию антител, реагирующих с фосфолипидами собственных мембран клеток[9].

Выводы

1. У больных с коморбидным течением метаболическим синдромом и патологии щитовидной железы установлены достоверные корреляционные взаимосвязи между некоторыми показателями клеточного и гуморального иммунитета с провоспалительным потенциалом крови.

2. При коморбидном течении метаболическом синдромом и патологии щитовидной железы наблюдается угнетение Т-клеточного звена иммунной системы (CD4+, CD8+) в сочетании с признаками активации гуморального звена иммунитета (Ig G), что косвенно свидетельствует о наличии аутоиммунных воспалительных реакций и требует персонализированного подхода к лечению пациентов данной группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земсков А. М., Земсков В. М. Руководство по клинической иммунологии для практических врачей. — М.: Триада-Х, 2011. — 288 с.
2. Brenta G. Diabetes and thyroid disorders // *British Journal of Diabetes & Vascular Disease*. — 2010. — № 10(4). — P. 172–177.
3. Duntas L. H., Orgiazzi J., Brabant G. The Interface between thyroid and diabetes mellitus // *Clin. Endocrinol. (Oxf.)*. — 2011 Feb 24. — Doi 10.1111/j.1365-2265.2011.04029.
4. Roos R. Atherosclerosis- an inflammatory disease. *N Engl J Med* 1999;340: 115–26.
5. Белоусова С. В. Параметры иммунного статуса у женщин с аутоиммунным тиреоидитом с различным состоянием функции щитовидной железы. / *Мед. иммунология* 2003. -Т.5 —№ 3–4. — С. 246–247.
6. О. И. Кузьминок и др. Нарушения Т-клеточного звена иммунитета у больных аутоиммунными заболеваниями щитовидной железы / *Иммунология*. 2002. — № 2 — С. 44–48.
7. Забелина, В. Д. Особенности состояния иммунной системы у больных с метаболическим синдромом / В. Д. Забелина, В. М. Земсков, А. М. Мкартумян / *Тер. Архив*. 2004. — № 5. — С. 66–72.
8. Танченко О. А., Нарышкина С. В. Урсодеоксихолевая кислота в лечении метаболического синдрома // *Дальневосточный медицинский журнал*. — 2011. — № 1. — С. 19–21.
9. Reaven G. M. Insulin resistance, compensatory hyperinsulinemia, essential hypertension, and cardiovascular disease // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2003. — Vol. 38, № 6. — P. 2399–2403.

© Фатеева Анастасия Александровна (fateeva_anastasi@mail.ru),

Унербаева Сауле Адильжановна, Ильмалиева Актоты Жарылкасымовна, Петунина Нина Александровна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





2-я международная выставка и конференция по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа

OFFSHORE MARINTEC RUSSIA

4–7 октября 2016

Санкт-Петербург



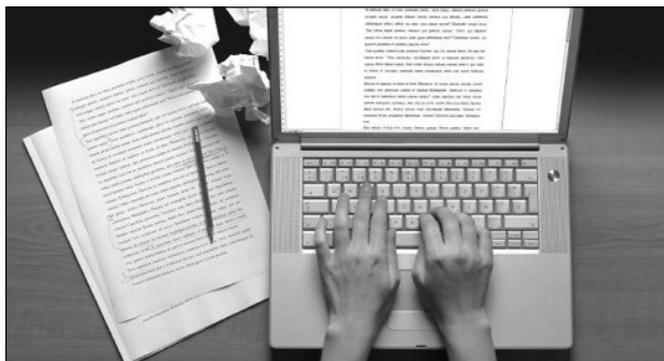
Offshore Marintec Russia занимает уникальную нишу на стыке энергетики и судостроения, даёт полное представление о современных технических решениях на всех этапах освоения морских энергетических ресурсов

Организаторы:



www.offshoremarintec-russia.ru

+7 (812) 320 9660 frolova@restec.ru



НАШИ АВТОРЫ

OUR AUTHORS

Abushash O. — Graduate student of the Kabardino-Balkarian State University named. HM Berbekov
e-mail: droddaiabushash@mail.ru

Belimgotov B. — GBUZ MOH CBD «Republican Clinical Hospital», Nalchik

Belozubova N. — RSSU, Moscow

Benija K. — Graduate student of the Kabardino-Balkarian State University named. HM Berbekov

Bui N. — Graduate student, Volgograd State Technical University;
e-mail: ramsetii@gmail.com

Bushtaller I. — Medical University «South Ural State Medical University»

Chernyavsky V. — Epidemiologist, federal state healthcare institution, «Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Sakha (Yakutia)»

Erofeevskaia L. — Research associate, Institute of oil and gas problems Siberian branch of the Russian Academy of Sciences,

Fateeva A. — Post-graduate student of the I.M.Sechenov First Moscow State Medical University at the Department of Endocrinology of the Institute of Professional Education, Moscow, Russia.
e-mail: fateeva_anastasi@mail.ru

Fokin N. — Candidate of engineering sciences, employee of the Academy of Federal Security Guard Service of the Russia
e-mail: sky79@mail.ru

Ilmalieva A. — Assistant of the Department of Endocrinology of the Joint University Hospital №2 at KazNMU them. SD Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan.

Ivanov A. — Post-graduate department of arthroplasty FGBU CITO NN Priorov.
e-mail: dr.temson@inbox.ru

Khanipova E. — RSSU, Moscow

Kilasonia I. — Post-graduate department of arthroplasty FGBU CITO NN Priorov. E-mail: cito.kilasoniairakli@gmail.com

Kovalev V. — Employee of the Academy of Federal Security Guard Service of the Russia
e-mail: 9534718993@mail.ru

Kovalsky S. — Candidate of engineering sciences, employee of the Academy of Federal Security Guard Service of the Russia, (302034 Orel, st. Priborostroytel'naya, b.35)
e-mail: metal_forever@inbox.ru

Kudinov O. — Cms, doctor traumatologist compartment arthroplasty FGBU CITO NN Priorov.

Li R. — Research optoelectronic autocollimator for measuring the angular deformation of large structures with limited working beam
e-mail: lirenpu@hotmail.com

Malashenkov A. — RSSU, Moscow

Markina A. — Medical University «South Ural State Medical University»
e-mail: markina_alenka@mail.ru

Pankov I. — Graduate student, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
e-mail: pankov.i.d@gmail.com

Petunina N. — MD, Professor, Head of the Department of Endocrinology Institute of Vocational Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University

Sakhariyanova A. — Research optoelectronic autocollimator for measuring the angular deformation of large structures with limited working beam
e-mail: igalkon@hotmail.com,

Savgachev V. — Yaroslavl State Medical University (YSMU)
e-mail: hirurg2288@mail.ru

Sirenko A. — Post-graduate department of arthroplasty FGBU CITO NN Priorov. E-mail: sash444OK@mail.ru

Sokol G. — Yugra State University, (Khanty-Mansiysk, Russia)
e-mail: sokolgleb@gmail.com

Unerbaeva S. — MD, director of the Joint somatics University Hospital №2 at KazNMU them. SD Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan.

Yagafarova Kh. — Ph.D., assistant professor, The Oktyabrsky City Department of FSBEI HE «The Ufa State Petroleum Technical University»
e-mail: ziyatdinovam@mail.ru

Zagorodny N. — MD, Professor, Head of the Department of arthroplasty FGBU CITO NN Priorov. E-mail: zagorodny51@mail.ru;

Zakharov I. — Military unit № 03340, duty engineer of subdivision,
e-mail: blackmore09218@yandex.ru

Zakirov M. — Senior developer in the search portal OOO «Sputnik»
e-mail: marat61@gmail.com

Ziyatdinov A. — Ph. D, senior Lecturer, The Oktyabrsky City Department of FSBEI HE «The Ufa State Petroleum Technical University»
e-mail: ziyatdinovam@mail.ru

Zubkova V. — RSSU, Moscow
e-mail: vzubkova@rambler.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).