

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**№ 11 2017** (НОЯБРЬ)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

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.

*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](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>  
<http://www.vipstd.ru/nauteh>

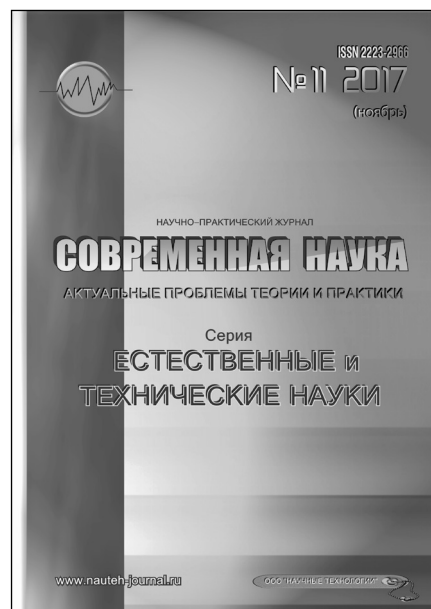
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

**Scientific and practical journal**

(BAK - 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

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 28.11.2017 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



## Редакционный совет

**Безруких Марьям Моисеевна** — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

**Бекетов Сергей Валериевич** — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

**Грачев Николай Николаевич** — профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (DoctorHabilitatus).

**Гусева Анна Ивановна** — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Зубкова Валентина Михайловна** — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

**Квасов Андрей Иванович** — д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.Серикбаева

**Корнеев Андрей Матиславович** — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

**Корягина Наталья Александровна** — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А.Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кравец Бронислава Борисовна** — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кулик Сергей Дмитриевич** — д.т.н., с.н.с., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Матвеев Всеволод Борисович** — д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина

**Миндлин Юрий Борисович** — к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

**Надежкин Сергей Михайлович** — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

**Овезов Алексей Мурадович** — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

**Олейникова Светлана Александровна** — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

**Рахимов Ильгизар Ильясович** — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Ромашкова Оксана Николаевна** — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

**Симаков Юрий Георгиевич** — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

**Симоненков Алексей Павлович** — д.м.н., профессор, независимый эксперт

**Трапезов Олег Васильевич** — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

**Федорова Оксана Ивановна** — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

**Харитонов Михаил Анатольевич** — д.м.н., профессор, заместитель главного пульмонолога МО РФ, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

**Царегородцев Анатолий Валерьевич** — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Бессудова А.Ю., Лихошвай Е.В.** — Чешуйчатые хризифитовые (Chrysophyceae) Богучанского водохранилища  
*Bessudova A., Likhosvay Ye.* — Scaled chrysophytes (Chrysophyceae) of the Boguchany reservoir ..... 4
- Домацкий В.Н., Антимирова А.А.** — Эпидемиологическая и эпизоотологическая ситуация по токсоплазмозу в Тюменской области  
*Domackij V., Antimirova A.* — The epidemiological and epizootic situation on toxoplasmosis in the Tyumen region ..... 12
- Коновалов А.Г., Рисник Д.В.** — Применение метода локальных экологических норм для определения влияния содержания тяжёлых металлов на дыхание почв провинции Павия (Италия)  
*Konovalev A., Risnik D.* — Application of local ecological norms method for determination of the effect of heavy metals content on soil respiration of province Pavia (Italy) ..... 15
- Никишин Д.А., Алёшина Н.М., Семенова М.Л., Шмуклер Ю.Б.** — Локализация серотонина и его мембранного транспортера в яичнике мыши  
*Nikishin D., Alyoshina N., Semenova M., Shmukler Yu.* — Localization of serotonin and its membrane transporter in the mouse ovaries ..... 22
- Ханипова Э.Р., Зубкова В.М.** — Оценка риска здоровью населения от загрязнения овощных растений контаминантами (на примере Стерлитамакского района Республики Башкортостан)  
*Khanipova E., Zubkova V.* — Population health risk assessment from contamination of vegetable plants by contaminants (for example the Sterlitamak District of the Republic of Bashkortostan) ..... 26
- Шаповалова А.А.** — Возрастной спектр ценопопуляций рябчика русского (*Fritillaria Ruthenica* Wikstr.) в Балашовском районе в 2016 г.  
*Shapovalova A.* — The age spectrum of coenopopulations of Russian hazel grouse (*Fritillaria Ruthenica* Wikstr.) In Balashov district in 2016 ..... 31

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Глотова В.В.** — Компьютерная обработка результатов испытаний экскаваторов на базе системы хранения и обработки экспериментальных данных  
*Glotova V.* — Computer treatment of results of excavator tests on the basis of the system of storage and processing of experimental data ..... 36
- Гудиков А.Л.** — Модель системы электроснабжения стационарного узла специальной связи, функционирующей в условиях дестабилизирующих воздействий  
*Gudikov A.* — The model of the power system fixed site of special communication, operating in conditions of destabilizing impacts ..... 40
- Лебедев А.В.** — Некоторые способы анализа достоверности прогнозируемых величин, возникающих в деятельности социальных систем  
*Lebedev A.* — Some ways to analyze the reliability of predicted values arising in the activities of social systems ..... 44
- Можжаев А.Г.** — Методика оценки рисков отказа силовых элементов электрооборудования в конструкциях наземных робототехнических комплексов  
*Mozhaev A.* — Methodology of estimation of risks of failure of power elements of electric equipment in designs of ground robotic engineering complexes ..... 49

- Ткаченко П.Г.** — Анализ эффективности некоторых модификаций классического метода роя частиц  
*Tkachenko P.* — Analysis of the effectiveness of some modifications of the classical particle swarm ..... 57

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Архипов А.В., Архипов В.Д., Архипов В.Я., Марук С.И.** — Скрининг синдрома болевой дисфункции ВНЧС при проведении дентальной имплантации ..... 63
- Архипов А., Архипов В., Архипов В., Марук С.** — Screening of syndrome of pain dysfunction TMJ when carrying out dental implantation
- Гурьева В.А., Кургускина Е.А.** — Эндометрит при подготовке пациенток к программам вспомогательных репродуктивных технологий  
*Gurieva V., Kurguskina E.* — Endometritis in preparation of patients to programs of subsidiary reproductive technologies ..... 67
- Гусейнов Г.О.** — Влияние гипотермии на активность Na, К-АТФазы синаптических мембран мозга крыс  
*Guseynov G.* — The effect of hypothermia on the activity of Na, K-ATPase of synaptic membranes of rat brain ..... 72
- Еремин Д.Н.** — Особенности коксартроза у детей школьного возраста  
*Eremine D.* — Features of coxarthrosis in school age children ..... 75
- Катчиева П.Х., Котелевец С.М.** — Морфо-функциональные изменения при мультифокальном атрофическом гастрите в сопоставлении с неинвазивными серологическими критериями атрофии  
*Katchieva P., Kotelevets S.* — Morpho-functional changes in multifocal atrophic gastritis in comparison with non-invasive serology atrophy criteria ..... 79
- Курадовец А.А.** — Существующие методы терапии гиперпигментаций и их эффективность  
*Kuradovets A.* — Existing methods of treatment of hyperpigmentation and their effectiveness ..... 84
- Лузина Т.В., Урванцева И.А., Ефимова Л.П., Алмазова Е.Г.** — Подходы к оценке коморбидности у больных с атеросклерозом брахиоцефальных сосудов  
*Luzina T., Urvantseva I., Efimova L., Almazova E.* — Approaches to the assessment of comorbidity in patients with atherosclerosis of the brachiocephalic vessels ..... 89
- Протопопова А.И., Гоголев Н.М., Максимова А.А., Федоров А.Г., Попов Н.Н.** — Анализ диагностических операций брюшной полости  
*Protopopova A., Gogolev N., Maksimova A., Fedorov A., Popov N.* — Analysis of diagnostic operations of the abdominal cavity ..... 95
- Протопопова А.И., Гоголев Н.М., Максимова А.А., Михайлов П.Д.** — Анализ смертности от острой хирургической патологии  
*Protopopova A., Gogolev N., Maksimova A., Mikhailov P.* — Analysis of mortality from acute surgical pathology ..... 98

## ИНФОРМАЦИЯ

- Наши авторы  
Our Authors ..... 101
- Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале ..... 102

# ЧЕШУЙЧАТЫЕ ХРИЗОФИТОВЫЕ (CHRYSOPHYCEAE) БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

## SCALED CHRYSOPHYTES (CHRYSOPHYCEAE) OF THE BOGUCHANY RESERVOIR

**A. Bessudova  
Ye. Likhoshway**

*Summary.* We examine and discuss the species composition and seasonal dynamics of scaled chrysophytes (Chrysophyceae) during the first some years of the full-scale operation of the Boguchany Dam — the largest water power plant in Russia. We found 23 species and intraspecific taxa of scaled chrysophytes belonging to 5 genera: *Chrysosphaerella* — 2; *Paraphysomonas* — 4; *Clathromonas* — 1; *Spiniferomonas* — 9; *Mallomonas* — 6; *Synura* — 1, among them 3 rare species: *Spiniferomonas abrupta*, *S. silverensis*, *S. triangularis*, and one rare variety *Mallomonas crassisquama* var. *papillosa*.

*Keywords:* scaled chrysophytes, Chrysophyceae, phytoplankton, Boguchany Reservoir.

**Бессудова Анна Юрьевна**

*М.н.с., Лимнологический институт Сибирского  
отделения РАН, Иркутск*

**Лихошвай Елена Валентиновна**

*Д.б.н., профессор, Лимнологический институт  
Сибирского отделения РАН, Иркутск  
likhoshway@mail.ru*

*Аннотация.* Рассматривается видовой состав и сезонная динамика чешуйчатых золотистых водорослей (Chrysophyceae) в период первых лет эксплуатации на полной мощности крупнейшей гидроэлектростанции России — Богучанской ГЭС. Обнаружено 23 вида и внутривидовых таксонов чешуйчатых хризофитовых из 5 родов: *Chrysosphaerella* — 2; *Paraphysomonas* — 4; *Clathromonas* — 1; *Spiniferomonas* — 9; *Mallomonas* — 6; *Synura* — 1. Выявлено 3 редких вида: *Spiniferomonas abrupta*, *S. silverensis*, *S. triangularis* и одна редкая разновидность *Mallomonas crassisquama* var. *papillosa*.

*Ключевые слова:* чешуйчатые хризофитовые, Chrysophyceae, фитопланктон, Богучанское водохранилище.

## Введение

**И**зучение золотистых водорослей в системе водохранилищ на территории России были приняты в Рыбинском и Шексинском водохранилищах [1], расположенных на северо-западе страны, в Хантайском [2] и Иркутском [3] водохранилищах, находящихся в Восточной Сибири. Видовой состав фитопланктона подробно исследован в Бурейском водохранилище, расположенном на Дальнем Востоке [4]. В первые 3 года эксплуатации в Хантайском водохранилище обнаружено 23 вида чешуйчатых золотистых водорослей [2], в Шексинском — 29 видов, в Рыбинском — 20 видов [1]. В Бурейском водохранилище обнаружено всего 7 видов золотистых водорослей, все они представляли семейство Dinobryaceae Ehrenberg [4].

Богучанская гидроэлектростанция расположена на реке Ангара, в Красноярском крае. Она входит в крупнейший гидроэнергетический комплекс России — Ангарский каскад ГЭС, вместе с Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС. В первой декаде мая 2012 года после перекрытия последних донных отверстий началось заполнение Богучанского водохранилища. В ноябре 2012 года первые три агрегата введены в промышленную эксплуатацию и с 1 декабря станция начала поставки электроэнергии на ОРЭМ. В 2014 году на станции сохранились темпы ввода генерирующего

оборудования. Агрегаты № 7 и 8 введены в конце сентября. Девятый (последний) гидроагрегат БогЭЭС мощностью 333 МВт введен в промышленную эксплуатацию 22 декабря 2014 года. Таким образом, в 2014 году все агрегаты введены в промышленную эксплуатацию, получена декларация безопасности гидротехнических сооружений. В июне 2015 года Богучанское водохранилище было впервые заполнено до проектной отметки 208 м, а в июле станция впервые произвела и поставила потребителям 1,45 млрд. кВт·ч электроэнергии, что соответствует проектному уровню производства.

В зону затопления водохранилища попала часть месторождений каменного угля, торфяные болота, древесно-кустарниковая растительность, сельхозугодия, что определяет особенности формирования гидробиологических условий на разных его участках (транзитная часть, заливы), как это наблюдалось и на других ангарских водохранилищах [3, 5]. Ранее в результате исследований с помощью световой микроскопии фитопланктона в районе Богучанского водохранилища (Нижней Ангары) до его полного наполнения было обнаружено 236 видов планктонных водорослей, среди которых доминирующими по разнообразию стояли зеленые (46,6%), диатомовые (25,4%) и синезеленые (11%) водоросли [6]. Однако не учтенными остались золотистые водоросли, имеющие чешуйчатый кремнистый панцирь.



Таблица 1. Станции отбора проб в районе Богучанского водохранилища

Станции	Локализация	Координаты	Время отбора	pH	T, °C
1.	Створ плотины Усть-Илимской ГЭС (центр)	57.837949 N, 102.683866 E	Июль 2016	7,71	4,6
2.	3,7 км от поселка Согра (центр)	58.943105 N, 101.627794 E		8,28	14,6
3.	3,7 км от поселка Болтурино (центр)	58.331741 N, 100.110162 E		8,09	18,7
4.	Верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС (центр)	58.700212 N, 99.161647 E		8,30	19,3
4.	Верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС (центр)	58.700212 N, 99.161647 E	Октябрь 2016	7,81	20,1
4.	Верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС (центр)	58.700212 N, 99.161647 E	Март 2017	7,79	0

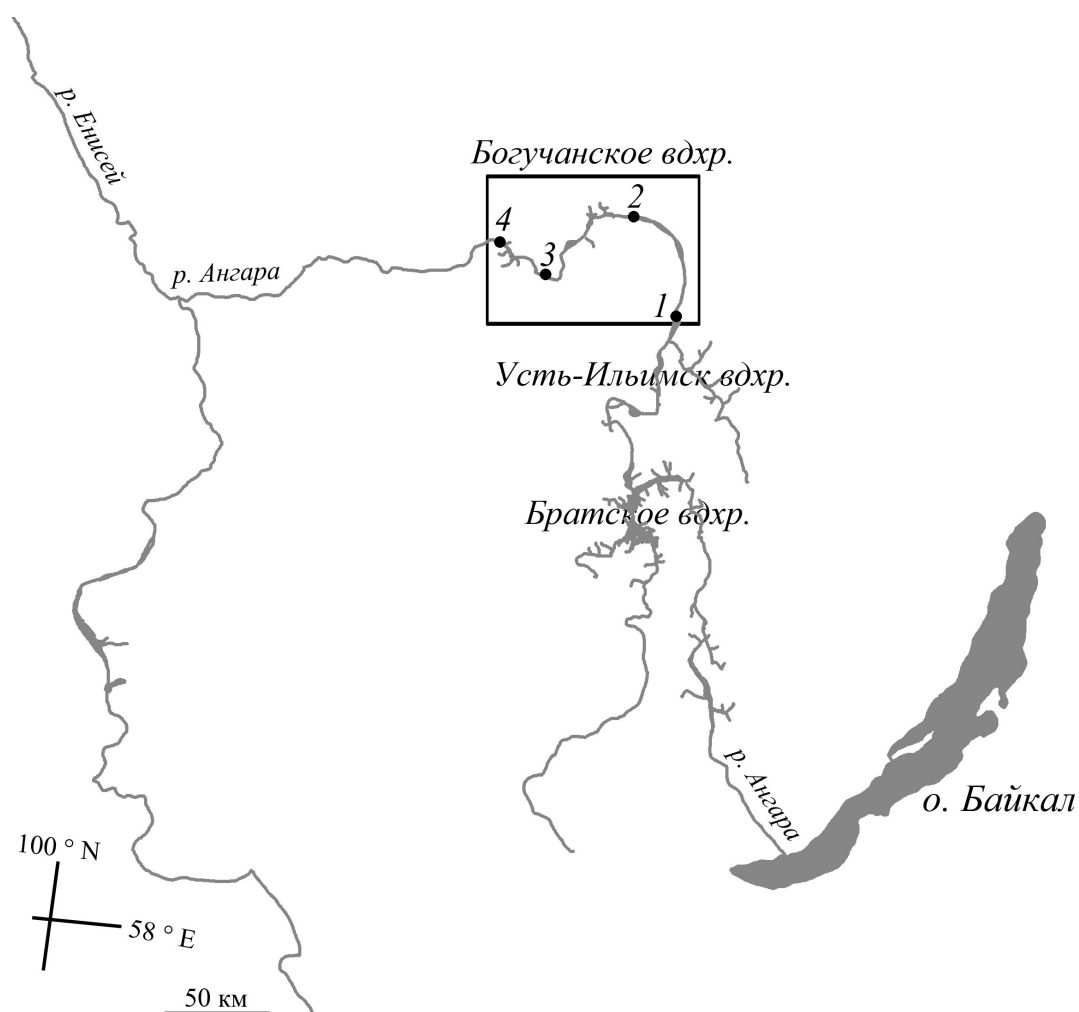


Рис. 1. Схема отбора проб

Таксономия чешуйчатых хризофитовых, входящих в состав класса Chrysophyceae Pascher, в настоящее время основывается на ультраструктуре кремнистых чешуек с шипами, покрывающих в виде панциря клетки.

Эти организмы имеют важное значение в экосистемах умеренных и северных широт, однако в эколого-географическом отношении хризофитовые Восточной Сибири до сих пор относятся к разряду слабо изученных.

Таблица 2. Видовой состав чешуйчатых хризофитовых и их обилие на разных станциях и в сезонной динамике

№	Таксоны	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 4	Ст. 4
		июль 2016				окт. 2016	март 2017
1	<i>Chrysosphaerella coronacircumspina</i> Wujek & Kristiansen	–	1	–	–	–	–
2	<i>C. brevispina</i> Korshikov	–	1	–	–	–	–
3	<i>Paraphysomonas bandaiensis</i> Takahashi	1	–	1	–	–	4
4	<i>P. imperforata</i> Lucas	–	–	–	–	–	1
5	<i>P. gladiata</i> Preisig & Hibberd	–	1	1	–	–	2
6	<i>P. vestita</i> (A.C. Stokes) De Saedeleer	1	1	1	–	–	4
7	<i>Clathromonas takahashii</i> (Cronberg & J. Kristiansen) J.M. Scoble & T. Cavalier-Smith	1	–	–	–	–	2
8	<i>Spiniferomonas abei</i> Takahashi	–	2	–	–	–	–
9	<i>S. abrupta</i> Nielsen	–	2	–	–	–	–
10	<i>S. bourellyi</i> Takahashi	2	2	1	–	–	2
11	<i>S. cornuta</i> Balonov	–	2	1	–	–	–
12	<i>S. serrata</i> Nicholls	–	2	–	–	–	–
13	<i>S. silverensis</i> Nicholls	–	1	–	–	–	–
14	<i>S. triangularis</i> Siver	–	2	–	–	–	–
15	<i>S. trioralis</i> f. <i>trioralis</i> Takahashi	3	3	1	1	–	1
16	<i>S. trioralis</i> f. <i>cuspidata</i> Balonov	3	3	1	–	–	1
17	<i>Mallomonas acaroides</i> Perty	3	3	1	1	–	–
18	<i>M. akrokomos</i> Ruttner	–	1	–	–	–	–
19	<i>M. alpina</i> Pascher & Ruttner	3	3	1	–	–	–
20	<i>M. caudata</i> Iwanoff	–	1	–	–	–	–
21	<i>M. crassisquama</i> (Asmund) Fott	2	2	–	–	–	–
22	<i>M. crassisquama</i> var. <i>papillosa</i> Siver	–	1	–	–	–	–
23	<i>Synura petersenii</i> Korshikov	1	1	–	–	–	–
	Всего	10	20	9	2	0	8

Целью данного исследования было определить с использованием методов электронной микроскопии видовой состав чешуйчатых хризофитовых в первые годы формирования видовой структуры планктона Богучанского водохранилища.

### Материалы и методы

Район исследования расположен в таёжно-лесной зоне. В зоне Богучанского водохранилища река Ангара течет, пересекая скальный массив, сложенный осадочными породами кембрия и ордовика, разорванными интрузией долеритов. Берега скальные, асимметричные, близко подходят к руслу. Правый берег обрывистый, во многих местах подмывается рекой; левый берег более пологий, на нём выделяются небольшие террасы [7]. Климат в районе Богучанского водохранилища резко континентальный. Лето короткое и тёплое, зима продолжительная и суровая. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах от –2,6 до –4,3 °С, среднемесячная температура июля — от +18,1 до +18,8 °С,

января — от –24,4 до –27,4 °С. Абсолютный минимум температур составил –60 °С, абсолютный максимум +38 ° [7, 8]. Гидрохимический режим р. Ангары определяется составом вод оз. Байкал. Даже в устье реки воды озера составляют около 45% всего стока Ангары. Воды р. Ангары и водохранилищ слабощелочные, с низкой минерализацией. Вниз по течению под влиянием воды притоков, формирующихся в различных в гидрохимическом отношении бассейнах и в результате происходящих внутриводоемных процессов в водохранилищах, минерализация ангарских вод постепенно повышается. В ионном составе на всем протяжении преобладают гидрокарбонатные ионы и ионы кальция [9].

Материалом исследования послужили интегральные (0–25 м) водные пробы, отобранные в мае-июне и октябре 2016, а также в марте 2017 г. на 4 станциях (рис. 1, табл. 1).

Измерение температуры и pH (F-21, Horiba, Япония) проводили в поверхностном слое воды. Отбор альголо-

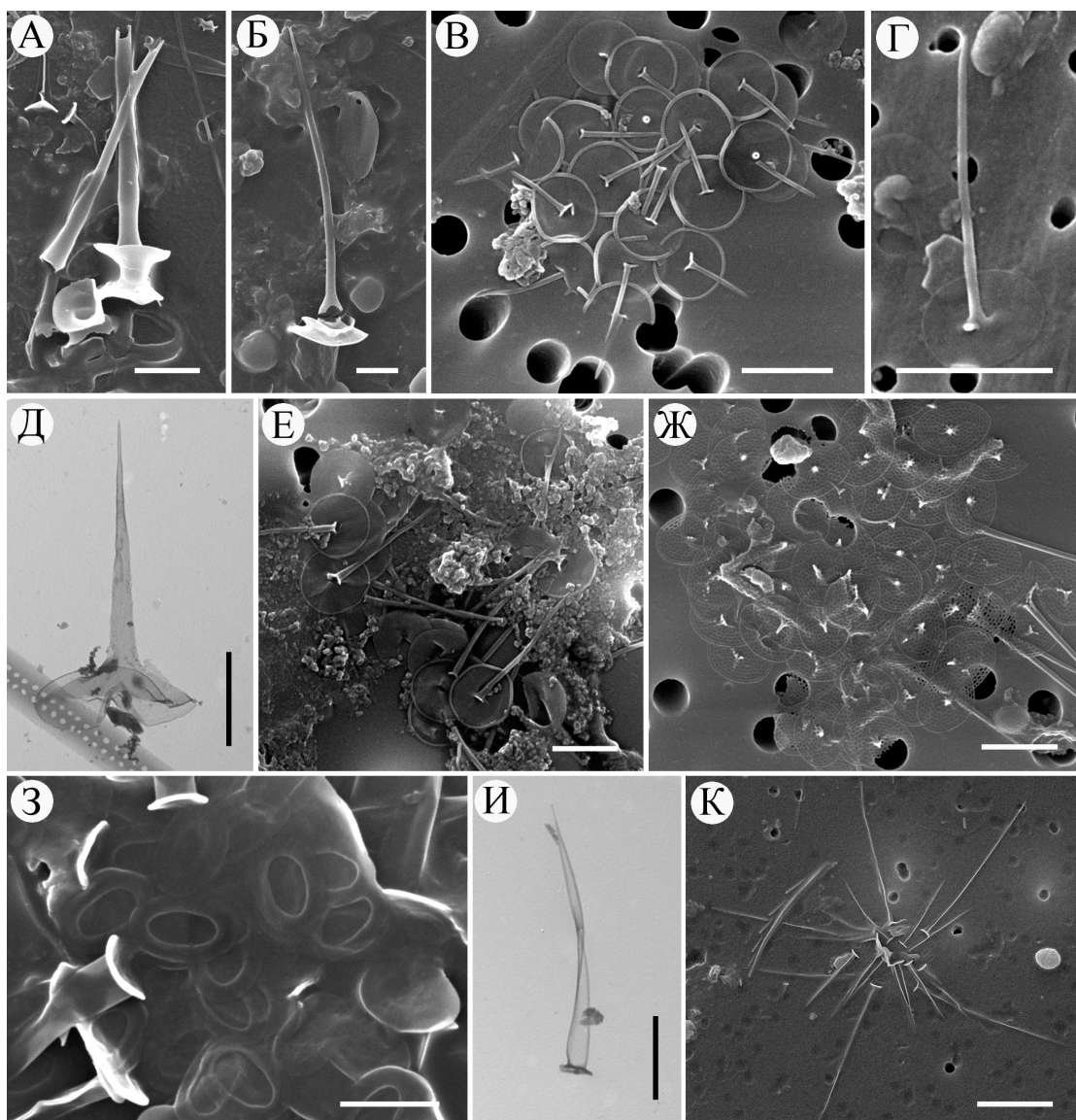


Рис. 2. Чешуйки и шипы хризофитовых.  
СЭМ (А-Г, Е-З, К) и ТЭМ (Д, И). А — *Chrysosphaerella brevispina*; Б — *C. coronacircumspina*;  
В — *Paraphysomonas bandaiensis*; Г — *P. imperforata*; Д — *P. gladiata*; Е — *P. vestita*;  
Ж — *Clathromonas takahashii*; З, И — *Spiniferomonas abei*; К — *S. trioralis* f. *cuspidata*.  
Масштаб: А-И — 2 мкм; К — 10 мкм.

гических проб осуществляли батометром, фиксировали йодным раствором Люголя. Обработку проб проводили седиментационным методом [10]. Одновременно с батометрическими пробами осуществляли отбор объемом 10–15 мл на фильтры Whatman (США) диаметром 13 мм и с диаметром пор 1 мкм, высушивали при комнатной температуре, напыляли золотом и исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Philips SEM 525M. Для трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) в LEO 906E на сеточки с формваровой пленкой-подложкой наносили пробу и высушивали при комнатной температуре. Обилие чешуйчатых хри-

зофитовых оценивали по количеству обнаруженных на фильтре чешуек данного вида: очень редко (1) — от 2 до 25 чешуек; редко (2) — от 26 до 50; часто (3) — от 51 до 150; обильно (4) — более 150.

#### Результаты и обсуждение

В Богучанском водохранилище обнаружено 23 вида и внутривидовых таксона чешуйчатых хризофитовых из родов: *Chrysosphaerella* — 2; *Paraphysomonas* — 4; *Clathromonas* — 1, *Spiniferomonas* — 9; *Mallomonas* — 6; *Synura* — 1 (табл. 2, рис. 2–4).

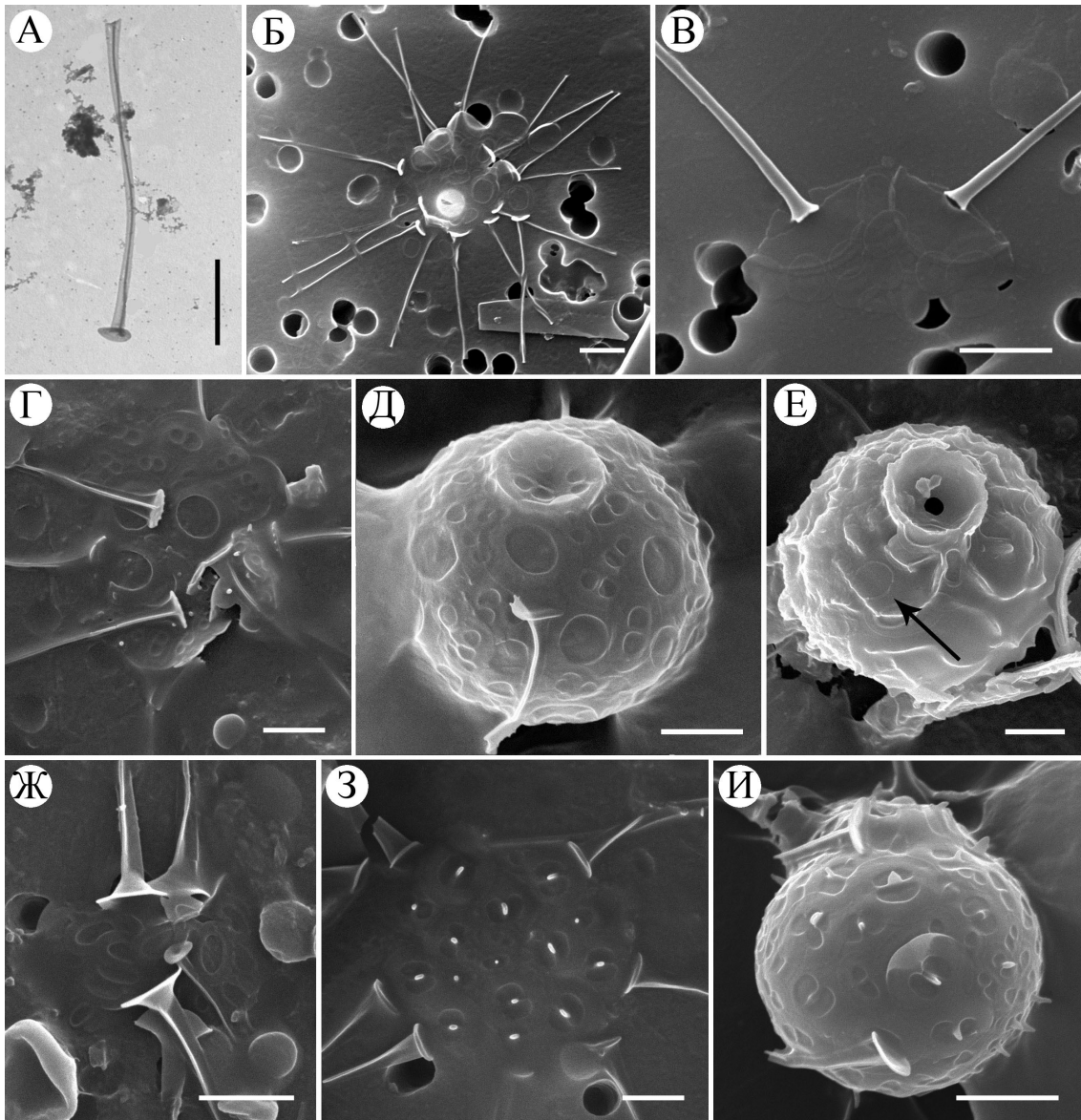


Рис. 3. Чешуйки, шипы и стоматоцисты хризофитовых. СЭМ (Б-И) и ТЭМ (А, Б) — *Spiniferomonas abrubta*; В — *S. bourrellyi*; Г — *S. serrata*; Д — стоматоциста, покрытая чешуйками *S. serrata*; Е — стоматоциста, принадлежащая предположительно *S. serrata*, стрелкой показана круглая чешуйка *S. serrata*; Ж — *S. silverensis*; З — *S. triangularis*; И — стоматоциста, покрытая чешуйками *S. triangularis*. Масштаб — 2 мкм.

Пространственная и сезонная динамика хризофитовых

Видовая структура чешуйчатых хризофитовых в Богучанском водохранилище различается в зависимости от сезона и имеет два пика, ранневесенний и летний. В подледный период (март), когда температура воды не превышает 0 °С (табл. 2) и интенсивное развитие диатомовых водорослей еще не началось, в планктоне преобладают виды чешуйчатых хризофитовых, характерные для весеннего периода из ро-

дов *Paraphysomonas* и *Clathromonas*. Всего на ст. 4 (верхний бьеф плотины Богучанской ГЭС) (табл. 1) обнаружено 8 видов, 4 из которых относится к роду *Paraphysomonas*, 3 — к роду *Spiniferomonas* и один *Clathromonas*. Основная роль в планктоне верхнего бьефа водохранилища в этот период принадлежит видам *C. takahashii*, *P. bandaiensis*, *P. imperforata* и *P. vestita*. При этом два последних вида образуют высокое обилие. По нашим данным, преобладание видов рода *Paraphysomonas* в подледный период также характерно для других водоемов Восточной Сибири,

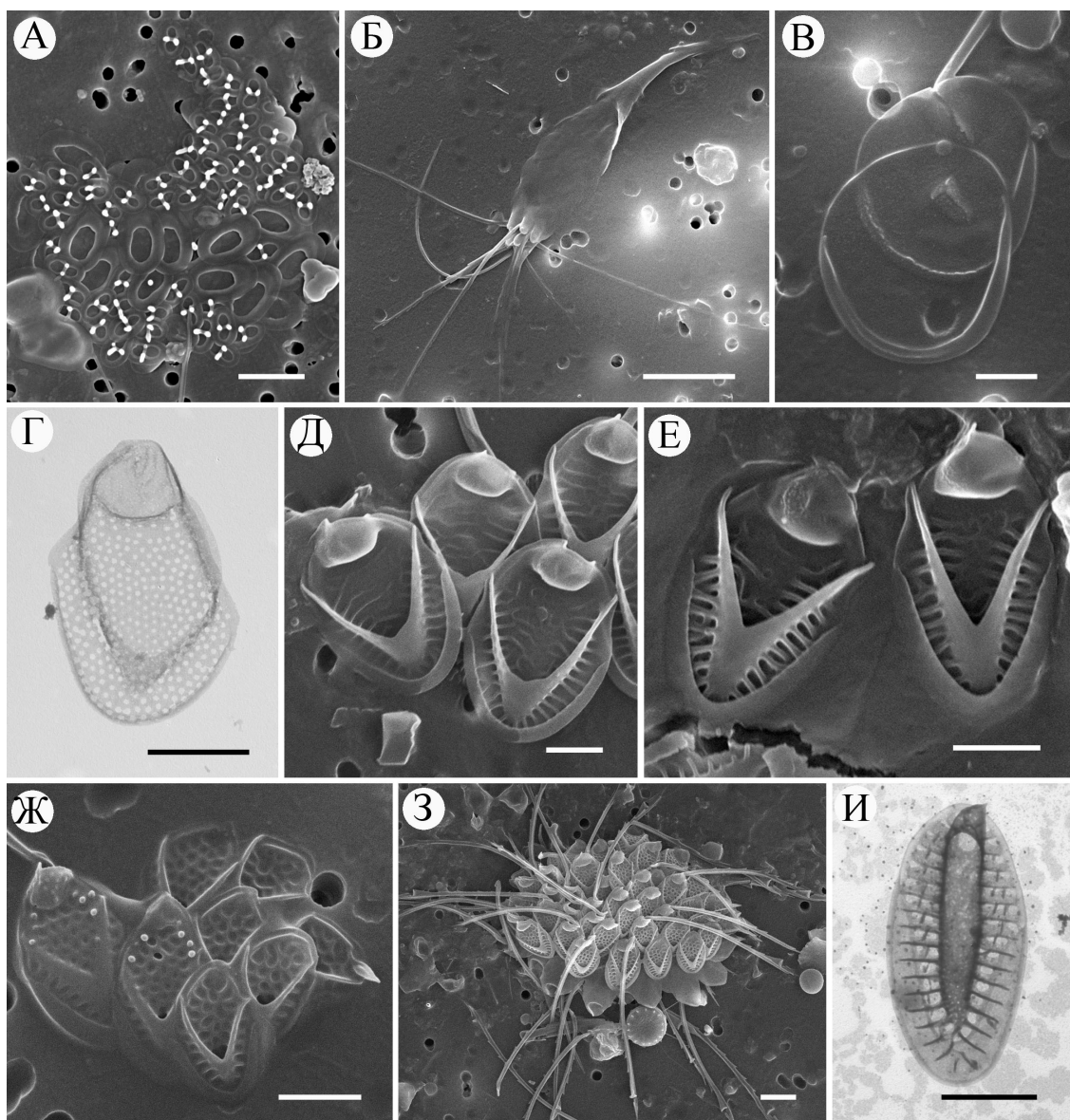


Рис. 4. Чешуйки хризифитовых.

СЭМ (А-В, Д-З) и ТЭМ (Г, И). А — *Spiniferomonas cornuta*;  
 Б — *Mallomonas akrokomos*; В — *M. caudata*; Г — *M. alpina*; Д, Е — *M. acaroides*; Ж — *M. crassisquama* var. *papillosa*; З — *M. crassisquama*; И — *Synura petersenii*.  
 Масштаб: А, В-И — 2 мкм; Б — 10 мкм.

в частности озера Байкал и крупных озер Якутии — Лабынкыр и Ворота.

Второй пик обилия чешуйчатых хризифитовых наблюдается в июле. В этот период видовое разнообразие и обилие чешуйчатых хризифитовых варьирует в большом диапазоне. На ст. 1 (створ плотины Усть-Илимской ГЭС) и ст. 2 (неподалеку от поселка Согра), подверженных наибольшему влиянию Усть-Илимского водохранилища и притоков реки, наблюдается спад интенсивного развития диатомовых водорослей рода *Stephanodiscus*

Ehrenberg и появление в составе альгофлоры синезеленых водорослей рода *Anabaena* Bory ex Bornet & Flahault. На этих станциях наблюдается увеличение обилия и разнообразия чешуйчатых хризифитовых по сравнению с нижележащими станциями. На ст. 1 обнаружено 10 видов, а на ст. 2–20. 10 видов (в том числе 4 редких), обнаруженных на станции 2, не встречаются на других станциях, что вероятно, связано с влиянием притока, из которого их течением выносит в водохранилище. Кроме того, на увеличение видового разнообразия и обилия чешуйчатых хризифитовых может влиять температура воды.

Так, на ст. 2 температура воды в поверхностном слое была близка к оптимальной для развития хризофитовых [11] и соответствовала 14,6 °С. Далее ниже по течению на ст. 3 (неподалеку от пос. Болтурино) и ст. 4 наблюдается высокое обилие диатомовых водорослей и снижение обилия хризофитовых. Количество видов составило 9 и 2 соответственно (табл. 2). Температура воды на этом участке реки варьировала от 18,7 до 19,3 °С (табл. 1). Интенсивное развитие диатомовых водорослей препятствует развитию чешуйчатых хризофитовых, поэтому высокое обилие и видовое разнообразие последних наблюдается в период спада интенсивного развития диатомовых. По нашим данным, похожая картина также складывается в озерах Байкал, Лабынкыр и Ворота.

Таким образом, в Богучанском водохранилище в летний период (июль) видовой состав хризофитовых разнообразнее, чем в другие сезоны, и представлен в основном видами родов *Spiniferomonas* и *Mallomonas*. Виды рода *Paraphysomonas*, преобладавшие в марте, в июле встречаются единично. В пробе, отобранной в октябре, хризофитовых не обнаружено.

### Биогеографическое распределение

Поскольку большая часть затопленных территорий относится к болотистым (сказывается близость вечной мерзлоты), по количеству видов преобладает род *Spiniferomonas*. Обнаружены редкие виды: *S. abrupta*, *S. silverensis* и *S. triangularis*. Вид *S. abrupta* ранее в России был обнаружен в озерах Лабынкыр и Ворота (Якутия) [12] и, по нашим данным, в оз. Байкал, р. Баргузин и дельте р. Селенги. *S. silverensis* ранее на территории России был обнаружен только в Воркутинской тундре [13]. *S. triangularis* ранее на территории России обнаружен в Воркутинской тундре [13] и в термокарстовых озерах Нижнего Енисея [14]. Редкая разновидность *M. crassisquama* var. *papillosa* обнаружена ранее в Воркутинской тундре [13], в озерах Лабынкыр и Ворота [12], в бассейне Нижнего Енисея [14], оз. Фролиха, расположенном на северо-востоке от оз. Байкал [15], оз. Санхар [16] и, по нашим неопубликованным данным, в дельте р. Селенги.

При сравнении видовой состава хризофитовых в водохранилищах Западной Сибири — Рыбинском и Шексинском, а также Восточной Сибири — Хантайском, Иркутском и Богучанском, обнаружены особенности. В водохранилищах Западной Сибири отсутствовали виды родов *Paraphysomonas* и *Spiniferomonas*, в то время как в водохранилищах Восточной Сибири встречаются виды этих родов. Ранее проведенные исследования свидетельствуют о том, что виды рода *Spiniferomonas* являются постоянным компонентом флоры хризофитовых Восточной Сибири. Так, в зоне

смешения р. Енисей и Карского моря обнаружено 8 видов [17], по нашим неопубликованным данным, в термокарстовых озерах Нижнего Енисея, обитают 9 видов, в озере Байкал — 7 видов, в реке Баргузин и дельте реки Селенги — 8 видов, в данном исследовании обнаружено 9 видов. Таким образом, список видов хризофитовых рода *Spiniferomonas* водоемов Восточной Сибири насчитывает 14 видов — *Spiniferomonas abei*, *S. abrupta*, *S. bilacunosa* Takahashi, *S. bourrellyi*, *S. cornuta*, *S. crusigera* Takahashi, *S. minuta* Nicholls, *S. serrata*, *S. silverensis*, *S. triangularis*, *S. trioralis* f. *trioralis*, *S. trioralis* f. *cuspidata*, *S. septispina* Nicholls и *S. takahashii* Nicholls из 24 известных в мире [18]. Во всех перечисленных водоемах большое значение в осеннем планктоне принадлежит форме *S. trioralis* f. *cuspidata*, имеющей более длинные шипы, чем у вида *S. trioralis*, а также виду *S. cornuta*.

Особенности морфологии чешуек некоторых видов хризофитовых

В ходе настоящего исследования у вида *M. acaroides* отмечены морфологические особенности. Обнаружено, что чешуйки *M. acaroides* отличаются от типового материала более узкой, вытянутой формой, остроугольным V-образным ребром, более толстыми штрихами на задней кромке, а также грубым крупночешуйчатым ретикуломом на щите. На территории России чешуйки *M. acaroides* подобной морфологии обнаружены в бассейне Нижнего Енисея [14] и, по нашим данным, в оз. Байкал.

Обнаружено несколько клеток *S. trioralis* f. *cuspidata*, имеющих в составе одной клетки как длинные шипы (до 19 мкм), так и шипы меньшей длины (до 10 мкм), как у вида *S. trioralis* (рис. 2 К), что может ставить под сомнение выделение данной формы.

Таким образом, проведенное с применением методов электронной микроскопии исследование позволило определить видовой состав чешуйчатых хризофитовых на первых этапах формирования Богучанского водохранилища, а также дополнить список видов хризофитовых для территории Восточной Сибири. Результаты исследования могут иметь прикладное значение для дальнейшего мониторинга Богучанского водохранилища.

### Благодарности

Авторы благодарны ПАО «Богучанская ГЭС» в лице генерального директора В.В. Демченко за предоставленную возможность проведения исследований по оценке фоновому состоянию водохранилища на договорных условиях. Работа по определению хризофитовых с помощью электронной микроскопии выполнена в рамках проекта ФАНО № 0345–2016–0001.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Балонов И. М. Биология, морфология и систематика водных организмов // Тр. ИБВВ АН СССР, Л.: Наука, 1976. — Т. 31, № 34. — 174 с.
2. Балонов И. М., Кузьмина А. Е. Золотистые водоросли // Гидрохимические и гидробиологические исследования Хантайского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1986. — С. 59–70.
3. Воробьева С. С. Фитопланктон водоемов Ангары. Новосибирск: Наука Сиб. изд. фирма РАН, 1995. — 126 с.
4. Медведева Л. А., Никулина Т. В., Сиротский С. Е. Оценка состояния водной системы Бурейского водохранилища по данным анализа фитопланктонных сообществ // Водные ресурсы. — 2015. — Т. 42, № 2. — С. 119–211.
5. Кожова О. М. Продукция фитопланктона в водохранилищах Ангарского каскада // Формирование планктона и гидрохимия Братского водохранилища. — Новосибирск, 1973. — С. 3–18.
6. Шевелева Н. Г., Воробьева С. С. Состояние и развитие фито- и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище // Журн. Сиб. федерал. ун-та. Биология. — 2009. — № 3. — С. 313–326.
7. Волынчиков А. Н. Богучанская ГЭС — пусковой объект российской гидроэнергетики // Гидротехническое строительство. — 2010. — Т. 10. — С. 30–37.
8. Волынчиков А. Н. Богучанская ГЭС в завершающей стадии // Гидротехника. — 2012. — Т. 1. — С. 25–31.
9. Синюкович В. Н., Сороковикова Л. М. Физико-географическая характеристика территории бассейна озера Байкал и реки Ангары // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 2: Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, Кн. 1 / отв. ред. О. А. Тимошкин. — Новосибирск: Наука, 2009. — Т. 2. — С. 22–36.
10. Кузьмин Г. В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — С. 73–87.
11. Волошко Л. Н. Хризифитовые (Chrysophyceae, Synurophyceae) водоемов Севера России. — Автореф. дис. д. биол. н. — 2012. — 43 с.
12. Bessudova A., Tomberg V., Firsova A. D., Kopyrina L. I., Likhoshway Ye. V. Silica-scaled chrysophytes in lakes Labynkyr and Vorota, Yakutia, Russia. 9th International Chrysophyte Symposium (ICS9), Japan, Yamagata, 2016. — P. 27.
13. Siver P. A., Voloshko L. N., Gavrilova O. V., Getsen M. V. The scaled chrysophyte flora of the Bolshezemel'skaya tundra // Nov. Hedw. Beih. — 2005. — V. 128. — P. 125–150.
14. Бессудова А. Ю., Фирсова А. Д., Сороковикова Л. М., Томберг И. В. Чешуйчатые золотистые водоросли бассейна Нижнего Енисея и заливов Карского моря с элементами аутоэкологии. — Иркутск: Изд-во ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2016. — 110 с.
15. Гусев Е. Флора чешуйчатых золотистых водорослей озера Фролиха (Северный Байкал) // Тр. Вн-та внутренних вод им. Папанина РАН. — 2016. — Т. 76, № 79. — С. 25–30.
16. Gusev E. S. Silica-scaled chrysophytes from low-mineralized karst lakes in Central Russia // Nov. Hedw. Beih. — 2013. — V. 142. — P. 17–25.
17. Bessudova A. Yu., Firsova A. D., Sorokovikova L. M., Tomberg I. V., Likhoshway Ye. V. The diversity of chrysophycean algae in an arctic zone of river and sea water mixing, Russia // Am. J. Plant Sci. — 2015. — V. 6. — P. 2439–2452.
18. Волошко Л. Н. Виды рода *Spiniferomonas* (Chrysophyceae, Paraphysomonadaceae) в водоемах Севера России // Бот. журн. — 2013. — Т. 7. — С. 848–867.

© Бессудова Анна Юрьевна, Лихошвай Елена Валентиновна (likhoshway@mail.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ПО ТОКСОПЛАЗМОЗУ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

## THE EPIDEMIOLOGICAL AND EPIZOOTIC SITUATION ON TOXOPLASMOSIS IN THE TYUMEN REGION

**V. Domackij  
A. Antimirova**

*Summary.* The article presents data on the prevalence of toxoplasmosis in humans and animals in the Tyumen region in the period from 2000 to 2015. Discusses methods for diagnosis of toxoplasmosis.

Maximum values of invasion people of *Toxoplasma gondii* was celebrated in 2002, 2008 and 2012, which amounted to 26.2%, of 12.26% and 17.8%, respectively. Since 2013, there has been a steady trend towards reduction in the incidence of people. So, in 2015 the incidence of people was of 7.54%.

For the period from 2011 to 2016 the highest percentage of dogs and cats had antibodies to *T. gondii* was 15.5 in 2013. Then followed a sharp decline when he registered a 4% positive samples (2015) and in 2016 you installed rapid increase in the number of invasion animals (15% positive samples).

*Keywords:* Toxoplasmosis, epidemiology, epizootiology, cats, diagnosis.

**Домацкий Владимир Николаевич**

*Д.б.н., профессор, Государственный аграрный университет Северного Зауралья vndom72@mail.ru*

**Антимирова Анна Александровна**

*Аспирант, Государственный аграрный университет Северного Зауралья*

*Аннотация.* В статье приведены данные о распространении токсоплазмоза среди людей и животных в Тюменской области в период с 2000 по 2015 гг. Рассматриваются методы диагностики токсоплазмоза.

Максимальные показатели инвазирования людей *Toxoplasma gondii* отмечали в 2002, 2008 и 2012 гг., которые составили 26,2%, 12,26% и 17,8% соответственно. Начиная с 2013 года, отмечается устойчивая тенденция к снижению заболеваемости людей. Так, в 2015 году показатель заболеваемости людей составлял 7,54%.

За период с 2011 по 2016 гг. самый высокий процент собак и кошек, имевших антитела к *T. gondii* составлял 15,5 в 2013 году. Затем следовал резкий спад, когда регистрировали 4% положительных проб (2015 год), а в 2016 был установлен быстрый рост количества инвазированных животных (15% положительных проб).

*Ключевые слова:* Токсоплазмоз, эпидемиология, эпизоотология, кошки, диагностика.

**Т**оксоплазмоз — инвазионное заболевание представляющее опасность не только для животных, но и для человека. Возбудитель болезни *Toxoplasma gondii* — внутриклеточный паразит который поражает многие системы организма, в т.ч. мышечную, лимфатическую, нервную и др. Токсоплазмоз имеет различные пути передачи инвазии и может протекать в острой, хронической или латентной форме с разнообразными симптомами проявления заболевания. Ведущим звеном в цикле развития возбудителя являются кошки. Особую опасность заболевание представляет для беременных, когда возбудитель проникает в организм плода, вызывая тяжелые последствия [1–10].

По данным ФБУН ТНИИКИП Роспотребнадзора [11] на основании статистической отчетности «Федерального центра гигиены и эпидемиологии», Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека эпидемиологическая обстановка по токсоплазмозу в Тюменской области за период с 2000 по 2015 гг. была волнообразной, с периодами подъема и спада инвазии (рис. 1).

Исходя из данных графика можно сделать вывод о том, что в период с 2000 по 2015 гг. периоды наибольшего инвазирования людей *T. gondii* отмечали в 2002, 2008 и 2012 гг., составляя 26,2%, 12,26% и 17,8% соответственно. Начиная с 2013 года, отмечается устойчивая тенденция к снижению заболеваемости людей. Так, в 2015 году показатель заболеваемости людей составлял 7,54%.

Периоды подъема инвазии отразились и на количестве заболевших детей в возрасте 0–17 лет. При этом в возрастной группе 0–14 лет наиболее неблагополучными были 2008 и 2012 годы, когда токсоплазмоз был установлен у 4,31% и 5,13% детей соответственно. Немного ниже эти показатели были у детей до 17 лет — 3,37% и 4,36% соответственно. Таким образом, количество детей инвазированных *T. gondii* не превышает 6%. Среди детей в возрасте до 1 года был выявлен лишь один случай серопозитивности в 2009 году.

Далее приведем статистику заболеваемости по токсоплазмозу в крупных городах и районах Тюменской области. Пик инвазии был установлен в 2012 году в г. Тю-



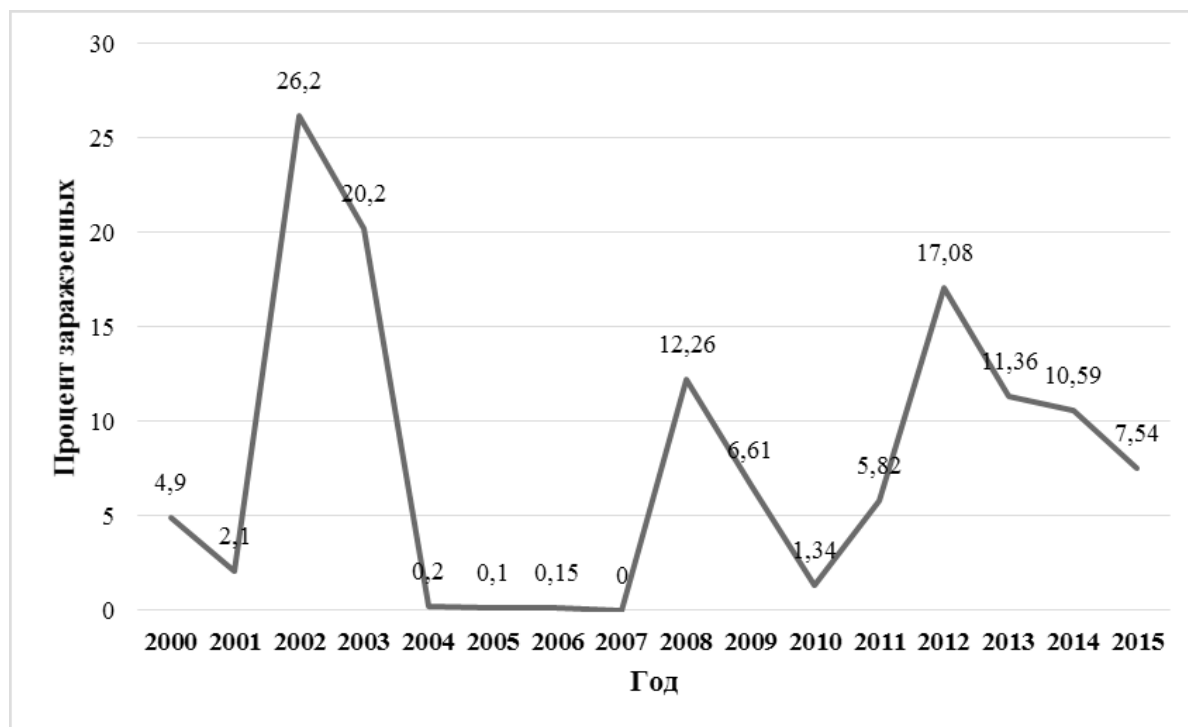


Рис. 1. Эпидемиологическая ситуация по токсоплазмозу в Тюменской области за 2000–2015 гг.

мени и составлял 32 случая на 100 тыс. жителей. Начиная с 2013 года, отмечается значительное снижение заболеваемости людей токсоплазмозом. Так, 2015 году показатель заболеваемости людей составил в Тюмени 3,30%, в Тобольске — 2,95% и в Ишиме — 1,05%.

В разрезе районов области самым неблагополучными оказались Абатский и Омутинский районы, где максимальные показатели заболеваемости были зарегистрированы в 2014 году на уровне 250 и 151 случаев на 100 тыс. жителей.

В остальных районах Тюменской области показатель инвазированности населения *T. gondii* в расчете на 100 тыс. человек не превышал 14 случаев.

Проанализировав статистические данные было установлено, что эпидемиологическая обстановка в городах Тюменской области начиная с 2013 г. заметно улучшается, в то время как в районах растет число людей, инвазированных *T.gondii*. Это можно объяснить, прежде всего, недостаточным соблюдением жителями сельской местности санитарно-гигиенических правил приводящих к их инвазированию, а также большим количеством безнадзорных и свободно выгуливаемых кошек в частном секторе.

Эпизоотологическая ситуация по заболеваемости definitivoных хозяев токсоплазмозом также имела

периоды подъема и спада. По данным Тюменской областной ветеринарной лаборатории за период с 2011 по 2016 гг. самый высокий процент собак и кошек, имевших антитела к *T. gondii* составлял 15,5 в 2013 году. Затем следовал резкий спад, когда регистрировали 4% положительных проб (2015 год), а в 2016 опять был установлен быстрый рост количества инвазированных животных (15% положительных проб). Вместе с тем при исследовании проб фекалий кошек за период 2011–2016 гг. было установлено, что в 2013–2015 гг. количество животных выделяющих ооцисты, был менее 1%. В 2011, 2012 и 2016 гг. количество больных животных не было выявлено[12].

Бродячие и безнадзорные кошки постоянно находятся в группе риска по токсоплазмозу. В связи с этим в качестве объектов исследования нами было выбрано 127 беспризорных кошек, которые были подобраны с улиц города Тюмени не ранее чем за 10 дней до проводимого отбора проб и размещены в общественных благотворительных организациях таких как «Потеряшки», «Дорога домой», «Живи», «Живые сердца», «Лучший друг» и другие.

Взятие проб венозной крови проводили в вакуумные пробирки. Для исследования на наличие антител к *T. gondii* сыворотку крови исследовали с помощью иммуноферментной тест-системы ImmunoCombVigal-Израиль.

Результаты анализа показали, что 18,9% исследуемых проб дали положительный результат.

Затем провели исследования проб фекалий от кошек. Для этого были использованы экспресс-тест системы компании Quicking Biotech Co., Ltd. Метод определения — твердофазный иммуноферментный анализ методом сэндвич-теста. С этой целью у исследуемых животных отбирали свежие пробы фекалий и формировали среднюю пробу от каждой кошки. Затем стерильным ватным тампоном собирали образцы из разных частей пробы, переносили полученный материал в прилагаемый буферный раствор и тщательно перемешивали до получения однородного окрашивания раствора. После этого стерильной одноразовой пипеткой набирали полученную взвесь и вносили в окошко тест-кассеты 5 капель, медленно, одну за другой. По истечении 5 минут проводили оценку реакции. Одна полоса в зоне контроля — отрицательно, две полосы в зоне контроля и в зоне теста — положительно.

В ходе проведенных исследований проб фекалий кошек из группы риска методом экспресс теста все результаты оказались отрицательными.

Кроме этого провели копрологические исследования на выявление ооцист методом Дарлинга. Результаты исследований показали отсутствие в пробах фекалий кошек ооцист, что согласуется с данными других авторов, которые констатируют факты не выявления ооцист при проведении копрологических исследований, объясняя это коротким 1–2 недельным периодом их выделения [1,3,6].

Заключение. Эпидемиологическая и эпизоотическая ситуация по токсоплазмозу в Тюменской области характеризуется волнообразным проявлением с периодами подъема и спада инвазированности людей и животных. Ввиду кратковременного выделения ооцист из организма животных копрологические методы диагностики не являются информативными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалова Н.С., Катков С. С. Результаты предварительных исследований домашних плотоядных на токсоплазмоз в Воронеже // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2014. № 15. С. 50–52.
2. Воробьева М. Н. Совершенствование ретроспективной диагностики токсоплазмоза кошек и собак: Автореф. дис. канд. ветеринарных наук. — Казань, 2007. — 20с.
3. Доронин-Доргелинский Е.А., Сивкова Т. Н. Распространение токсоплазмоза и саркоцистоза у человека и животных, правовое регулирование организации борьбы с ними // Российский паразитологический журнал. — М. 2017. — Т. 39. — Вып.1. — С. 35–41.
4. Косминков Н.Е., Лайпанов Б. К., Домацкий В. Н., Белименко В. В. Паразитология и паразитарные болезни сельскохозяйственных животных. — Москва, «ИНФРА-М», 2017. — 467 с.
5. Марданлы С.Г., Кирпичникова Г. И., Неверов В. А. Токсоплазмоз. Этиология, эпидемиология, патогенез, клиника, лабораторная диагностика, лечение, профилактика / С. Г. Марданлы, Г. И. Кирпичникова. — Электрогорск: ЗАО «ЭКОлаб», 2011. — 40 с.
6. Равилов Р.Х., Герасимов В. В., Воробьева М. Н. Токсоплазмоз домашних плотоядных животных. — Казань: Печатный двор, 2008. — 98 с.
7. Степанова Н.И., Смайкина М. Г. Токсоплазмоз животных и человека. — М.,1979. — С. 6–11.
8. Dubey J.P., Zajac A., Osofsky S. A., Tobias L. — Acute primary toxoplasmic hepatitis in an adult cat shedding *Toxoplasma gondii* oocysts. J Am Vet Med Assoc, 1990, 197:1616–1618.
9. Sources of toxoplasma infection in pregnant women: European multicentre case-control study Commentary: Congenital toxoplasmosis—further thought for food// BMJ 2000; 321:142.
10. Florence Robert-Gangneux, Marie-Laure Darde. Epidemiology of and Diagnostic Strategies for Toxoplasmosis // Clin. Microbiol. Rev. — 2012, vol.25, no.2, 264–296.
11. <http://tniikip.rosпотребнадзор.ru>
12. [www.ветлаборатория72.рф](http://www.ветлаборатория72.рф)

© Домацкий Владимир Николаевич (vndom72@mail.ru), Антиминова Анна Александровна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ДЫХАНИЕ ПОЧВ ПРОВИНЦИИ ПАВИЯ (ИТАЛИЯ)<sup>1</sup>

## APPLICATION OF LOCAL ECOLOGICAL NORMS METHOD FOR DETERMINATION OF THE EFFECT OF HEAVY METALS CONTENT ON SOIL RESPIRATION OF PROVINCE PAVIA (ITALY)

**A. Konovalov  
D. Risnik**

*Summary.* The method of local ecological norms (LEN) was used in given research. The method is based on computer-used division of cloud of quantitative values of key-figures of soil quality and finding of boundaries of indicators norm (BIN), dividing well-being and not well-being indicators values, and boundaries of factors norms (BFN), dividing acceptable and not acceptable values of factors.

The data for province Pavia (Italy) for 2004–2005 were taken as a base for this research. The boundaries of norm of factors were determined for a row of soil indicators. The determined boundaries don't conflict with Russian and European systems of setting of standards. The usage of given in the research method can help to overcome some disadvantages of traditional methods of statistical analysis and maximum allowable concentrations (MAC) system approach to setting of standards in soils.

*Keywords:* MAC, LEN, BIN, BFN, bioindicators, factors, heavy metals, soils, soil respiration, mineralization.

**Коновалов Алексей Глебович**

Московский Государственный Университет

им. М. В. Ломоносова

argokargo11@gmail.com

**Рисник Дмитрий Владимирович**

К.б.н., в.н.с., Московский Государственный

Университет им. М. В. Ломоносова biant3@mail.ru

*Аннотация.* В данном исследовании был использован метод локальных экологических норм (ЛЭН) как альтернатива системе ПДК. Смысл метода состоит в компьютерном разбиении облака значений количественных показателей качества почвы и поиске границ нормы индикаторов (ГНИ), разделяющих благополучные и неблагополучные значения индикаторов, и границ нормы факторов (ГНФ), разделяющих допустимые и недопустимые значения факторов.

В качестве основы для исследования взяты данные по провинции Павия итальянского региона Ломбардия за 2004–2005 г. Для ряда почвенных индикаторов были выявлены границы нормы по факторам. Определённые границы не вступают в противоречие с отечественными и зарубежными системами нормирования. Использование приведённого в работе метода позволяет преодолевать недостатки традиционных методов статистического анализа и системы нормирования воздействия на почву, основанной на ПДК.

*Ключевые слова:* ПДК, ЛЭН, ГНИ, ГНФ, биоиндикаторы, факторы, тяжёлые металлы, почвы, почвенное дыхание, минерализация.

## Введение

**В** последние годы особую важность приобрела проблема постоянно возрастающего загрязнения почв тяжёлыми металлами. Городские почвы загрязнены преимущественно Pb, Zn, Cd, Cu, причём одним из основных источников этих загрязнений является движение автотранспорта: выхлопные газы автомобилей, частицы покрышек и т.п. [1, 2]. В исследовании E. Vaath [3] было изучено влияние тяжёлых металлов на почвенные микроорганизмы. Токсичность металлов убывала в ряду Cd > Cu > Zn > Pb. Негативны также последствия удобрения почв осадками сточных вод, загрязнённых

тяжёлыми металлами. Так, в работе McGrath et al. [4] приведена информация, что тяжёлые металлы могут оказывать токсическое влияние на почвенные микроорганизмы (цианобактерии, микоризы грибов и бактерии *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*) даже при концентрациях ниже Европейских предельно-допустимых концентраций для почв, удобряемых осадками сточных вод [5]. В качестве индикаторов загрязнения почв тяжёлыми металлами могут выступать соотношения различных групп почвенных микроорганизмов. Так, в работе [6] приведены данные, что при загрязнении почвы свинцом от металлургического комбината увеличивается обилие в почве микроорганизмов Chlamydiae и γ-Proteobacteria,

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 16–04–01024).

но уменьшается обилие *Verrucomicrobia*. Для мониторинга загрязнения почв тяжёлыми металлами можно совместно использовать как данные по микробной биомассе, так и данные по микробиологической активности почв, в частности по почвенному дыханию, фиксации и минерализации азота, а также активности почвенных ферментов [7]. Тяжёлые металлы угнетают активность ферментов по-разному, так, в исследовании Kandler et al. [8] ферменты, вовлечённые в круговорот углерода, при загрязнении почвы Zn, Cu, Ni, V и Cd показывали большую активность, чем ферменты, ответственные за круговорот P, N и S, активность которых была подавлена. Микроорганизмы также неодинаково чувствительны к воздействию тяжёлых металлов, так, в работе Hiroki [9] при загрязнении почвы Cd, Zn и Cu число актиномицет и бактерий снизилось значительно, тогда как корреляция между величиной загрязнения и обилием грибов в почве была слаба.

Микроорганизмы играют огромную роль в почве. Они ответственны за множество биохимических реакций, в том числе обуславливающих саму возможность поддержания жизни на планете, например, за реакции нитрификации-денитрификации. Также, микроорганизмы помогают растворять соединения фосфора, делая его доступным для растений [10]. Наибольший вклад в этот процесс вносят бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Rhizobium* [11]. Велика также роль микроорганизмов в биоремедиации, т.е. детоксикации загрязнённых почв [12]. Большую роль в этих процессах играют, например, ризобактерии [13].

Вопросы экологического нормирования почв являются одним из приоритетных направлений деятельности в сфере охраны окружающей среды. Однако, большинство из используемых в России и мире нормативов качества почв основаны на результатах лабораторных экспериментов. Такой подход имеет ряд недостатков, в частности, не всегда правомерна экстраполяция лабораторных нормативов на природные объекты, применение единых нормативов для значительных по площади территорий, как правило, не учтена синергия действия факторов в природной среде [14]. Альтернативой лабораторному — является подход, основанный на использовании в целях нормирования природных данных о состоянии почв и факторах, влияющих на это состояние. Тем не менее, такой подход сталкивается с рядом трудностей. Зависимости «доза-эффект» в условиях лабораторного эксперимента функциональны, хорошо поддаются корреляционному, регрессионному и другим видам статистического анализа. В природе же диаграмма «доза-эффект» приобретает вид «беспорядочного» облака точек, так как на биоиндикаторы одновременно действует множество факторов среды. Один из методов анализа таких «беспорядочных» облаков точек подразу-

мекает переход от количественных переменных к их качественным классам, что и использовано в методе установления локальных экологических норм.

## Материалы и методы

Для анализа использовали данные по состоянию почв провинции Павия (регион Ломбардия, Италия). Данные получены итальянскими исследователями в 2004 и 2005 году [15]. Провинция занимает площадь 2,965 км<sup>2</sup>. 74% площади представляют собой долину реки По, 16% — холмистая местность и 10% — гористая территория. Население — более 500 тысяч человек, проживающих в 190 городах. На территории провинции расположено более 10 тысяч промышленных предприятий. Из них 25 — наиболее крупные и значимые с точки зрения антропогенного воздействия на биосферу. Экономика основывается на сельском хозяйстве, промышленности, торговом деле и туризме. В сельском хозяйстве активно используются осадки сточных вод, объёмы их применения — сотни тысяч тонн ежегодно.

Рассмотрены следующие факторы, влияющие на состояние почв: содержание в почвах органического углерода, азота и алюминия (в %) и содержание тяжёлых металлов и металлоидов: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn (в мг/кг).

В качестве биоиндикаторов использованы:

- ◆ Базальное дыхание  $C_{\text{баз}}$  — скорость выделения углекислого газа почвой (мг C-CO<sub>2</sub>/(кг·дн)).
- ◆ Кумулятивное дыхание  $C_{\text{кум}}$  — общее количество выделившегося в измерительный сосуд углекислого газа за весь период выдерживания почвенного образца (мг C-CO<sub>2</sub>/кг).
- ◆ Микробная биомасса в пересчёте на углерод  $C_{\text{мик}}$  (мг/кг).
- ◆ Метаболический коэффициент  $q\text{CO}_2$  — удельное дыхание микробной биомассы (мг C-CO<sub>2</sub>/(ч·мг микробной биомассы)), рассчитан как  $q\text{CO}_2 = C_{\text{баз}} / C_{\text{мик}} / 24$ . Показатель возрастает при уменьшении эффективности ассимиляции.
- ◆ Коэффициент минерализации  $qM$  — отражает долю (в %) органического вещества, которое было минерализовано в течение инкубационного периода.

Сбор данных проводили как по регулярной сети со стороны ячейки 9 км (34 наблюдения), так и в 6 областях провинции Павия, подверженных максимальной нагрузке от промышленных предприятий, с шагом сети от 1,5 до 3 км (116 наблюдений). Пробоотбор проводили методом конверта с квадратов 5х5 метров с глубины 0–30 см.

Таблица 1. Диапазон и квантили изменения биологических и химических характеристик почвенных экосистем провинции Павия в 2004–2005 гг.

	min	25%	50%	75%	max	N
$C_{\text{мик}}$ , мг/кг	12,3	61,8	112	178	395	148
$C_{\text{баз}}$ , мг С–СО <sub>2</sub> /(кг·дн)	1,9	5,9	7,4	11,0	19,7	147
$C_{\text{кум}}$ , мг С–СО <sub>2</sub> /кг	54	173	228	324	609	147
qCO <sub>2</sub> , мг С–СО <sub>2</sub> /(ч·мг микробной биомассы)	0,084	0,189	0,290	0,462	1,588	146
qM, %	0,81	1,64	1,96	2,46	4,48	147
$C_{\text{орг}}$ , %	0,04	0,73	0,88	1,12	2,49	147
N, %	0,06	0,09	0,12	0,15	0,28	151
Al, %	1,70	4,05	5,30	6,65	12,7	154
As, мг/кг	2,4	6,2	8,7	11,6	24,3	152
Cd, мг/кг	0,05	0,15	0,22	0,29	0,86	154
Co, мг/кг	2,9	7,0	10,2	16,2	26,4	146
Cr, мг/кг	4,0	42,5	68,0	159,0	269	155
Cu, мг/кг	1,0	17,5	25,0	36,4	94,0	152
Hg, мг/кг	0,02	0,04	0,06	0,09	0,64	153
Mn, мг/кг	121	313	466	734	1420	143
Ni, мг/кг	2,0	23,0	38,0	121,0	214	155
Pb, мг/кг	8,7	16,0	19,5	22,8	45,9	154
Zn, мг/кг	33,0	60,5	78,0	97,8	225	154

При подготовке проб к анализу проводили их кислотное (в концентрированной азотной кислоте) и микроволновое разложение. Содержание микроэлементов определяли методами ICP-OES, ICP-MS, AAS. Содержание макроэлементов — при помощи рентгенфлуоресцентного анализа, содержание углерода и азота — на CHN — анализаторе.

Распределение значений исследуемых показателей в матрице данных приведено в таблице 1.

#### Метод расчета

##### локальных экологических норм (метод ЛЭН)

Метод ЛЭН [16,17,18,19,20] основан на программном анализе облака значений биологических и химических показателей. Алгоритм метода предполагает разбиение облака на классы качества как по индикатору, так и по фактору и поиск таких границ разбиения, чтобы благополучие индикатора соответствовало допустимости значений фактора, а недопустимость по значениям фактора — неблагополучию индикатора. Границы, разделяющие классы качества по индикатору названы границами нормы индикатора (ГНИ), границы, разделяющие классы качества по фактору — границами нормы фактора (ГНФ).

#### Результаты

##### Предобработка данных

Распределение значений по всем исследуемым показателям не отличается от нормального ( $p < 0,01$  по кри-

терию Шапиро-Уилка), что позволило использовать для отбраковки выпадающих значений правило трех сигм. Для каждого из показателей были исключены от 1 до 5 выпадающих значений.

Метод ЛЭН предназначен для анализа нефункциональных зависимостей между индикаторами состояния экосистем и воздействующими на индикаторы факторами среды (при наличии функциональной зависимости одно значение фактора строго соответствует только одному значению индикатора, исчерпывающий анализ такой зависимости возможен при помощи корреляционного и регрессионного анализа). В связи с этим была проведена проверка на функциональность зависимостей при помощи коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (табл. 2). Результаты анализа свидетельствуют о том, что функциональных зависимостей между индикаторами и факторами нет, максимальная величина коэффициента Спирмена составила 0,60 между  $C_{\text{кум}}$  и содержанием азота в почве (соответствует умеренной силе связи по шкале Чеддока).

##### Группы скоррелированных показателей

Среди индикаторов удобно выделить группы высоко взаимно скоррелированных показателей и работать с представителями этих групп. Все индикаторы из одной группы скоррелированных между собой одинаково эффективны для целей биоиндикации. Проведенный коореляционный анализ связей между различными биоиндикаторами (табл. 3), показал, что показатели с корреляцией более 0,80 ( $C_{\text{баз}}$  и  $C_{\text{кум}}$ ) можно считать группой

Таблица 2. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между биоиндикаторами и факторами состояния почв. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ )

	<b>C<sub>мик</sub></b>	<b>C<sub>баз</sub></b>	<b>C<sub>кум</sub></b>	<b>qCO<sub>2</sub></b>	<b>qM</b>
C <sub>орг</sub>	0,38	0,39	0,57	-0,08	0,01
N	0,46	0,43	0,60	-0,12	0,08
Al	0,40	0,34	0,38	-0,15	0,36
As	0,10	0,15	0,25	-0,03	0,32
Cd	0,25	0,24	0,34	-0,06	0,09
Co	0,39	0,35	0,35	-0,14	0,37
Cr	0,33	0,35	0,32	-0,11	0,30
Cu	0,32	0,35	0,43	-0,09	0,27
Hg	-0,04	0,21	0,20	0,19	0,06
Mn	0,20	0,18	0,23	-0,04	0,38
Ni	0,31	0,34	0,29	-0,11	0,33
Pb	0,13	0,25	0,29	0,07	0,08
Zn	0,31	0,33	0,44	-0,09	0,28

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между значениями биоиндикаторов и факторами состояния почв. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ), заливкой обозначены коэффициенты корреляции по модулю превышающие 0,80

	<b>C<sub>мик</sub></b>	<b>C<sub>баз</sub></b>	<b>C<sub>кум</sub></b>	<b>qCO<sub>2</sub></b>	<b>qM</b>
C <sub>мик</sub>	1,00	0,39	0,48	-0,62	0,16
C <sub>баз</sub>	0,39	1,00	0,83	0,22	0,57
C <sub>кум</sub>	0,48	0,83	1,00	0,04	0,58
qCO <sub>2</sub>	-0,62	0,22	0,04	1,00	0,15
qM	0,16	0,57	0,58	0,15	1,00

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между значениями факторов состояния почв. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ), заливкой обозначены коэффициенты корреляции по модулю превышающие 0,80

	<b>C<sub>орг</sub></b>	<b>N</b>	<b>Al</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
C <sub>орг</sub>	1,00	0,85	0,10	-0,05	0,15	-0,10	-0,14	0,10	0,10	-0,20	-0,14	0,31	0,16
N	0,85	1,00	0,37	0,08	0,24	0,17	0,07	0,35	0,06	0,07	0,07	0,29	0,38
Al	0,10	0,37	1,00	0,30	0,25	0,72	0,54	0,60	-0,14	0,68	0,52	0,07	0,60
As	-0,05	0,08	0,30	1,00	0,16	0,30	0,11	0,21	-0,09	0,32	0,12	0,24	0,30
Cd	0,15	0,24	0,25	0,16	1,00	0,36	0,39	0,63	0,56	0,26	0,36	0,48	0,75
Co	-0,10	0,17	0,72	0,30	0,36	1,00	0,92	0,71	-0,12	0,78	0,92	0,08	0,65
Cr	-0,14	0,07	0,54	0,11	0,39	0,92	1,00	0,66	-0,06	0,63	0,98	0,01	0,57
Cu	0,10	0,35	0,60	0,21	0,63	0,71	0,66	1,00	0,17	0,62	0,67	0,31	0,86
Hg	0,10	0,06	-0,14	-0,09	0,56	-0,12	-0,06	0,17	1,00	-0,17	-0,09	0,55	0,35
Mn	-0,20	0,07	0,68	0,32	0,26	0,78	0,63	0,62	-0,17	1,00	0,66	-0,03	0,55
Ni	-0,14	0,07	0,52	0,12	0,36	0,92	0,98	0,67	-0,09	0,66	1,00	-0,01	0,54
Pb	0,31	0,29	0,07	0,24	0,48	0,08	0,01	0,31	0,55	-0,03	-0,01	1,00	0,49
Zn	0,16	0,38	0,60	0,30	0,75	0,65	0,57	0,86	0,35	0,55	0,54	0,49	1,00

скореллированных индикаторов, их дальнейший независимый анализ нецелесообразен, т.к. результаты, полученные для одного из показателей, с достаточной точностью характеризуют результаты для другого и значения одного показателя при помощи уравнения корреляции можно привести к значениям другого. В качестве индикатора-представителя из данной группы был выбран C<sub>баз</sub>, т.к. он первичен по отношению к C<sub>кум</sub>.

Анализ корреляций между факторами среды (табл. 4) выявил наличие трех групп совместно действующих факторов: 1) содержание органического углерода и азота; 2)

содержание кобальта, хрома и никеля; 3) содержание меди и цинка. Значения факторов в группах изменяются параллельно, т.е. в большинстве случаев при интерпретации результатов дальнейшего анализа невозможно будет отделить влияние одного фактора из группы от влияния другого.

**Корреляционный анализ связей между биологическими и химическими характеристиками почвенных экосистем**

Полученные коэффициенты корреляции между индикаторами и факторами приведены в табл. 5. Выявлены

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между биоиндикаторами и факторами состояния почв. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ )

	<b><math>C_{\text{мик}}</math></b>	<b><math>q\text{CO}_2</math></b>	<b><math>q\text{M}</math></b>	<b><math>C_{\text{баз}}</math></b>
$C_{\text{орг}}$	0,36	-0,08	-0,09	0,31
N	0,46	-0,16	-0,03	0,34
Al	0,37	-0,11	0,34	0,31
As	0,11	-0,04	0,26	0,10
Cd	0,27	-0,08	-0,02	0,15
Co	0,40	-0,07	0,45	0,43
Cr	0,36	-0,05	0,39	0,40
Cu	0,37	-0,06	0,21	0,31
Hg	-0,06	0,10	-0,12	-0,02
Mn	0,17	-0,02	0,40	0,25
Ni	0,33	-0,03	0,39	0,40
Pb	0,14	0,00	-0,03	0,17
Zn	0,42	-0,09	0,26	0,34

Таблица 6. Области нормы индикаторов и достаточность программы наблюдений для отражения причин неблагополучия

Индикатор	Область нормы по индикатору	Достаточность программы наблюдений	Число значимых факторов
$C_{\text{мик}}$	>157.1	0.95	10
$C_{\text{баз}}$	>11.3	0.90	10
$q\text{M}$	>2.45	0.82	8
$q\text{CO}_2$	>0.40	0.60	2

Таблица 7. Области нормы факторов и полноты<sup>1</sup> их вклада в неблагополучие индикаторов. Обозначения: единицы измерения для N,  $C_{\text{орг}}$  и Al —%, для остальных металлов — мг/кг

Индикатор	Фактор	Область нормы по фактору	Полнота	Индикатор	Фактор	Область нормы по фактору	Полнота
$C_{\text{мик}}$	Co	>10.5	0.70	$C_{\text{баз}}$	Zn	>74	0.55
	Cu	>25.7	0.65		Cu	>22.4	0.54
	Cr	>67	0.61		Pb	>17.8	0.45
	N	>0,12	0.61		Ni	>27	0.40
	Zn	>75	0.60		Cr	>48	0.38
	Ni	>34	0.55		Al	>4.3	0.34
	Cd	>0.2	0.52		Cd	>0.15	0.32
	Mn	>381	0.50		N	>0,1	0.32
	$C_{\text{орг}}$	>0,81	0,46		Hg, мг/кг	>0,05	0,32
	Al	>4.7	0,44		$C_{\text{орг}}$	>0,74	0,31
	As	>7.2	0,40		As	>5.9	0,30
	Pb	>15.9	0,30		Co	>6.4	0,30
	$q\text{M}$	Al	>5.3		0.57	$q\text{CO}_2$	Co
Cr		>64	0.57	Al	<6		0.40
Cu		>24.1	0.57	N	<0,13		0,37
Mn		>378	0.50				
As		>7.2	0.39				
Ni		>26	0.38				
Cd		>0.17	0.35				
Zn	>60	0.32					

<sup>1</sup> полнота — доля наблюдений, недопустимых по заданному фактору и неблагополучных по заданному индикатору, среди всех неблагополучных по этому индикатору наблюдений.

Таблица 8. Сопоставление нормы содержания тяжёлых металлов в почвах и границ области нормы факторов (усредненные по разным индикаторам). Прочерк означает отсутствие норматива

Перечень элементов	ПДК, мг/кг [22]	ОДК для суглинистых почв, рН <sub>ксл</sub> > 5,5, мг/кг [21]	Нормативы для почв ЕС, удобряемых ОСВ, мг/кг [5]	Область нормы по фактору, мг/кг
Mn, мг/кг	1500	-	-	>380
Hg, мг/кг	2.1	-	1–1,5	>0.05
Co, мг/кг	5	-	-	(6.4–10.5;12.9)
Cu, мг/кг	-	132	50–140	>22.4–25.7
Cr, мг/кг	-	-	-	>48–67
Pb, мг/кг	32	130	50–300	>15,9–17,8
Zn, мг/кг	-	220	150–300	>60–75
Cd, мг/кг	-	2	1–3	>0.15–0.20
As, мг/кг	-	10	-	>5,9–7,2
Ni, мг/кг	-	80	30–75	>26–34

умеренные по шкале Чеддока связи между биомассой микроорганизмов и содержанием органического углерода, азота, алюминия, кобальта, хрома, меди, никеля и цинка; коэффициентом минерализации и содержанием алюминия, кобальта, хрома, марганца и никеля; уровнем базального дыхания и содержанием органического углерода, азота, алюминия, кобальта, хрома, меди, никеля и цинка. Остальные связи отсутствуют или незначимы.

#### Анализ связей методом ЛЭН

Индикаторы были упорядочены, по критерию количества значимых факторов (имеющих достоверную связь с индикатором) и по критерию достаточности. Достаточность — доля наблюдений, недопустимых хотя бы по одному из факторов, участвующих в анализе, среди всех наблюдений, неблагополучных по индикатору. В таблицах 6 и 7 приведены границы ГНИ и ГНФ. Уровень значимости результатов  $\alpha = 0.05$ , количество точек в выборке — 149.

Из таблицы 6 видно, что биомасса микроорганизмов и базальное дыхание наиболее чувствительны к концентрациям тяжёлых металлов, также для них характерна наибольшая достаточность программы наблюдений.

Таблицу 7 необходимо читать следующим образом: значения концентрации никеля ниже 27 мг/кг приводят к снижению базального дыхания ниже 11,3 мг C–CO<sub>2</sub>/кг почвы в день, 40% неблагополучных значений индикатора сопряжены с негативными значениями концентрации никеля. В большинстве случаев выявлены нижние границы норм индикаторов и факторов.

#### Обсуждение

Проведено сравнение полученных границ с отечественными (ОДК [21], ПДК [22]) и европейскими нормативами для почв, удобряемых осадком сточных вод (ОСВ)

[5] (табл. 8). Поскольку исследуемые почвы имеют суглинистый гранулометрический состав с рН близким к нейтральному в таблице приведены ОДК для почв с аналогичными свойствами.

Установленные нами границы норм укладываются в диапазон средних значений для почв Италии [23].

Согласно обзору Водяницкого [24] при невысоком загрязнении, когда почва еще сохраняет растительность, тяжелые металлы (в первую очередь Cr), стимулируя микробиологическую активность, усиливают дыхание почвы и выделение CO<sub>2</sub>. Это совпадает с тем, что для базального дыхания выявлены нижние ГНФ ряда тяжёлых металлов, т.е. их снижение содержания ниже определённого порога приводит к снижению уровня почвенного дыхания.

По всем факторам, за исключением содержания кобальта, установленные границы нормы не противоречат нормативам, т.е. метод ЛЭН позволил дополнить нормативы нижней границей зоны толерантности. Однако границы нормы фактора по кобальту противоречат действующим ПДК, это может быть обусловлено тем, что ПДК кобальта взята для его подвижной формы, а не для валового содержания, как у остальных элементов в таблице.

#### Заключение

Метод локальных экологических норм хорошо подходит для определения границ норм для содержания тяжёлых металлов и металлоидов. Из апробированных в работе биоиндикаторов наиболее эффективными для отражения действия тяжелых металлов являются биомасса микроорганизмов и характеристики скорости почвенного дыхания. Анализ корреляций между факторами



среды выявил наличие трех групп совместно действующих факторов: 1) содержание органического углерода и азота; 2) содержание кобальта, хрома и никеля; 3) содержание меди и цинка. Наибольшее влияние на биомассу микроорганизмов оказывает кобальт, на базальное дыхание — цинк и медь, на коэффициент минерализа-

ции — алюминий, хром и медь, на метаболический коэффициент — кобальт. Установленные границы норм не противоречат ПДК и ОДК РФ, а также европейским нормативам. Использование метода ЛЭН помогает преодолеть некоторые недостатки концепции ПДК и традиционных методов статистического анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Alloway B. J. (2013) Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In: Alloway B. (eds) Heavy Metals in Soils. Environmental Pollution, vol 22. Springer, Dordrecht.
2. Manta D., Angelone M., Bellanca A. et al. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. // Science of the Total Environment. 2002. — V. 300. — Iss. 1–3. — Pp. 229–243.
3. Baath E. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (a review). // Water, Air and Soil Pollution. 1989. — V.47. — Iss. 3–4. — Pp. 335–379.
4. McGrath S., Chaudri M., Giller K. Long-term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. // Journal of Industrial Microbiology. 1995. — V. 14. — Iss. 2. — Pp. 94–104.
5. Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86 / 278 / EEC). Official Journal of the European Communities. 12 June, 1986.
6. Schneider R., Gommeaux M., Duclercq J. Response of bacterial communities to Pb smelter pollution in contrasting soils. // Science of the Total Environment. 2017. — V. 605–606. — Pp. 436–444.
7. Brookes P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. // Biology and Fertility of Soils. 1995. — V.19. — Iss. 4. — Pp. 269–279.
8. Kandeler F., Kampichler C., Horak O. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities. // Biology and Fertility of Soils. 1996. — V.23. — Iss. 3. — Pp. 299–306.
9. Hiroki M. Effects of heavy metal contamination on soil microbial population. // Soil Science and Plant Nutrition. 1992. — V.38. — Iss. 1. — Pp. 141–147.
10. Gyaneshwar P., Kumar G. N., Parekh L. J., Poole P. S. (2002) Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. In: Adu-Gyamfi J.J. (eds) Food Security in Nutrient-Stressed Environments: Exploiting Plants' Genetic Capabilities. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 95. Springer, Dordrecht
11. Rodrigues H., Fraga R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. // Biotachnology Advances. — 1999. — V.17. Iss. 4–5. Pp. 319–339.
12. Bollag J. M., Mertz T., Otjen L. (1994) Role of Microorganisms in Soil Bioremediation. In: Anderson T. A., Coats J. R. (eds) Bioremediation through rizosphere technology, v. 563. American Chemical Society, 1994.
13. Yan-de J., Zhen-li H., Xiao-e Y. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. // Journal of Zhejiang University Science B. 2007. — V.8. — Iss. 3. — pp. 192–207.
14. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Максимов В. Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. М.: НИИ-Природа, 2004. — 271 с.
15. Cenci R. M., Sena F. Dioxins, Trace elements, bioindicators and biodiversity on soil. EUR23935 EN — Joint Research Centre — Institute for Environment and Sustainability, 2009,192p. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.397.2399&rep=rep1&type=pdf>
16. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Максимов В. Н., Рисник Д. В. «In situ»-технология установления локальных экологических норм // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. — С. 32–57.
17. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Максимов В. Н., Фурсова П. В. Insitu-методология оценки качества среды обитания: основные положения // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2012. — № 6. — С. 35–37.
18. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Рисник Д. В. и др. Поиск связей между биологическими и физико-химическими характеристиками экосистемы Рыбинского водохранилища. Часть 3. Расчет границ классов качества вод // Компьютерные исследования и моделирование, 2013. — Т. 5. — № 3. — С. 451–471.
19. Рисник Д. В., Левич А. П., Фурсова П. В., Гончаров И. А. Алгоритм метода по расчету границ качественных классов для количественных характеристик систем и по установлению взаимосвязей между характеристиками. Часть 1. Расчеты для двух качественных классов // Компьютерные исследования и моделирование. — 2016. — Т. 8, № 1. — С. 19–36.
20. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Рисник Д. В., Милько Е. С. Методические проблемы анализа экологических данных и пути их решения: метод локальных экологических норм // Доклады по экологическому почвоведению. — 2013. — Т. 18, № 1. — С. 9–22.
21. ГН 2.1.7.2042–06 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
22. ГН 2.1.7.2041–06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
23. Abollino O., Aceto M., Malandrino M. et al. Heavy metals in agricultural soils from Piedmont, Italy. Distribution, speciation and chemometric data treatment. // Chemosphere. 2002. — V. 49. — Iss. 6. — pp. 545–57.
24. Водяницкий Ю. Н. Загрязнение почв тяжёлыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор). Почвоведение. 2013. № 7. С. 872–881.

# ЛОКАЛИЗАЦИЯ СЕРТОНИНА И ЕГО МЕМБРАННОГО ТРАНСПОРТЕРА В ЯИЧНИКЕ МЫШИ<sup>1</sup>

## LOCALIZATION OF SEROTONIN AND ITS MEMBRANE TRANSPORTER IN THE MOUSE OVARIES

**D. Nikishin  
N. Alyoshina  
M. Semenova  
Yu. Shmukler**

*Summary.* Serotonin uptake by the membrane transporter Sert is a possible mechanism for the accumulation of the transmitter in oocytes and ovarian tissues. Serotonin is localized in developing ovarian follicles, and in a larger concentration is contained in oocytes. The content of the transmitter increases with the preliminary subcutaneous administration of exogenous serotonin. The expression of serotonin transporter Sert mRNA is detected in ovarian follicles, especially in granulosa cells. Sert represented in cells of the developing ovarian follicle, and detected in the oocytes to a greater extent. The obtained results indicate the presence and functional activity of the serotonin transporter in developing ovarian follicles.

*Keywords:* ovary, ovarian follicle, oocyte, serotonin, serotonin transporter, Sert.

**Никишин Денис Александрович**

К.б.н, н.с., Институт биологии развития  
им. Н. К. Кольцова РАН; Московский государственный  
университет имени М. В. Ломоносова  
denisnikishin@gmail.com

**Алёшина Нина Максимовна**

Московский государственный университет имени  
М. В. Ломоносова

**Семенова Мария Львовна**

Д.б.н., профессор, Московский государственный  
университет имени М. В. Ломоносова

**Шмуклер Юрий Борисович**

Д.б.н., в.н.с., Институт биологии развития  
им. Н. К. Кольцова РАН

*Аннотация.* Захват серотонина с помощью мембранного транспортера Sert является возможным механизмом накопления трансммиттера в ооцитах и тканях яичника. Выявлено, что серотонин локализован в развивающихся овариальных фолликулах, и в большей концентрации содержится в ооцитах. Содержание трансммиттера увеличивается при предварительном подкожном введении экзогенного серотонина. Экспрессия мРНК транспортера серотонина Sert выявляется в овариальных фолликулах, особенно в клетках гранулезы. Sert представлен в клетках развивающихся овариальных фолликулов, в большей степени выявляясь в ооцитах. Полученные результаты указывают на наличие и функциональную активность транспортера серотонина в развивающихся овариальных фолликулах.

*Ключевые слова:* яичник, овариальный фолликул, ооцит, серотонин, транспортер серотонина, Sert.

## Введение

Серотонин, наряду с другими классическими нейротрансммиттерами, является универсальным сигнальным веществом, контролирующим процессы развития [1, 2]. Участие серотонина в регуляции процессов роста и созревания женских половых клеток показано для широкого ряда животных, в том числе млекопитающих [3], и, по всей видимости, является одной из его консервативных функций. В яичнике млекопитающих серотонин определяется в физиологических концентрациях, в частности, в ооцитах, клетках кумулюса [4] и в фолликулярной жидкости [5]. На различных моделях показано, что серотонин обладает стимулирующим действием на функцию фолликулярных клеток [6, 7, 8].

Потенциальными источниками экзогенного по отношению к овариальному фолликулу серотонина являются тромбоциты кровяного русла, тучные клетки, локализующиеся в строме яичника, а также немногочисленные нервные волокна, сопровождающие крупные медуллярные сосуды [9]. Не исключен и синтез серотонина в самом яичнике [10], однако прямыми методами он не показан. Одним из вероятных механизмов накопления серотонина в тканях яичника является его захват из межклеточной среды с помощью специфического мембранного транспортера *Sert* (*Slc6a4*). Известно, что этот транспортер экспрессируется и обладает специфической активностью в зрелых ооцитах, доимплантационных эмбрионах и клетках кумулюса [4]. Однако пока неизвестно, в каких конкретно клеточных

<sup>1</sup> Исследование выполнено с использованием оборудования ЦКП ИБР им. Н. К. Кольцова РАН, при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-34-60250 мол\_а\_дк и гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1304.2017.4.

компонентах яичника экспрессируется транспортер серотонина и активен ли он на ранних стадиях оогенеза. Тем не менее, существуют литературные данные о возможной роли мембранного транспорта серотонина в регуляции функциональной активности яичника. Так, у самок костистой рыбы *Danio rerio* ингибитор обратного захвата серотонина флуоксетин приводит к уменьшению количества икры и содержания эстрадиола в яичниках, а также к снижению уровня экспрессии мРНК овариальной ароматазы и рецепторов к гонадотропным гормонам [11], аналогичные данные получены на млекопитающих [12]. Более того, у мышей, нокаутных по гену *Sert*, угнетена экспрессия ароматазы и, как следствие, уменьшается содержание эстрадиола в крови [13]. Приведенные данные, однако, не отвечают на вопрос, каким образом реализуются эти эффекты — непосредственно путем прямого воздействия на яичник или косвенно через мозг и гипоталамо-гипофизарную систему.

Целью настоящей работы стало исследование экспрессии и функциональной активности мембранного транспортера серотонина *Sert* в яичнике мыши.

## Материал и методика

В работе использовали мышей-гибридов F1 линий C57BL/6J и CBA/J. Работу проводили с использованием стандартных методик [14] и с соблюдением правил проведения работ с использованием экспериментальных животных. Для исследования функциональной активности мембранного транспорта серотонина мышам ежедневно в течение 5 дней подкожно вводили серотонин (Sigma Aldrich, 25 мг/кг). Яичники фиксировали в 4% параформальдегиде, после чего получали криосрезы толщиной 10 мкм. Процедуру гибридизации *in situ* проводили согласно опубликованному протоколу [15]. Смысловой и антисмысловой РНК-зонды, меченые дигоксигенином, синтезировали путем транскрипции *in vitro* с помощью набора HiScribe™ T7 (New England Biolabs). В качестве матрицы использовали линейаризованную плазмиду pAL2-T (Евроген), в которую был клонирован продукт ПЦР (1033 пн), полученный с помощью следующих праймеров: прямой 5'-GGGATGAAGCGCCACACTCTACG-3' и обратный 5'-TCTTTGGCCACCTCGGACACG-3'. Иммуногистохимическое окрашивание криосрезов проводили поликлональными антителами кролика против серотонина (AB938 Milipore) или против *Sert* (ab174770 Abcam), и вторичными антителами козы против иммуноглобулинов кролика, конъюгированными с дальним красным флуорофором Alexa Fluor® 647 (ab150079 Abcam). Препараты просматривали на лазерном сканирующем конфокальном микроскопе Leica SP5.

## Результаты и обсуждение

В ходе процесса оогенеза происходит не только рост и созревание яйцеклетки, но и подготовка к дальнейшему эмбриональному развитию. Интересным фактом является накопление в яйцеклетках большинства животных низкомолекулярных сигнальных молекул, участвующих в процессе нейротрансмиссии — серотонина и других моноаминергических трансмисмиттеров (дофамина и норадреналина). Их регуляторная роль в раннем эмбриональном развитии хорошо известна [2], но изучена далеко не полно. Показано, что серотонин, накапливающийся в яйцеклетках и функционально активный на ранних стадиях эмбрионального развития, является материнским по происхождению [16]. Следует предполагать, что для накопления серотонина в яйцеклетках происходит за счет активности системы мембранного транспорта в ооцитах и окружающих его фолликулярных клетках.

При иммуногистохимическом окрашивании криосрезов яичника мыши антителами против серотонина было выявлено, что трансмисмиттер локализуется в овариальных фолликулах — как в ооцитах, так и в окружающих его клетках гранулезы и теки (Рис. 1 А). Иммунореакция против серотонина также выявляется в строме яичника — в кровеносных сосудах и тучных клетках. При предварительном введении серотонина подкожно в течение пяти дней наблюдается увеличение степени иммунореактивности, но локализация серотонина при этом остается неизменной. Таким образом, мембранный транспорт серотонина активен в яичнике и локализуется в развивающихся овариальных фолликулах. Специфичность иммуногистохимического окрашивания подтверждается отсутствием выраженного сигнала в клетках яичника при исключении из процедуры окрашивания первичных антител (Рис. 1 Г).

Экспрессия и активность мембранного транспортера серотонина ранее показана для зрелых ооцитов и клеток кумулюса млекопитающих [4]. Мы провели исследование экспрессии транспортера *Sert* в яичнике на более ранних этапах оогенеза. Для подтверждения наличия экспрессии мРНК мембранного транспортера серотонина в яичнике была проведена гибридизация *in situ*. Позитивная реакция выявляется как в овариальных фолликулах на всех стадиях фолликулярного роста, так и в желтых телах (Рис. 1 Б). Интересно, что в пределах фолликула интенсивность реакции больше в клетках гранулезы, но гораздо менее выражена в ооцитах и клетках теки. Контрольная гибридизация, проведенная со смысловым зондом, подтвердила специфичность реакции (Рис. 1 Д). Иммуногистохимическое окрашивание антителами против *Sert* выявило, что транспортер локализуется в овариальных фолликулах, причем в гораздо

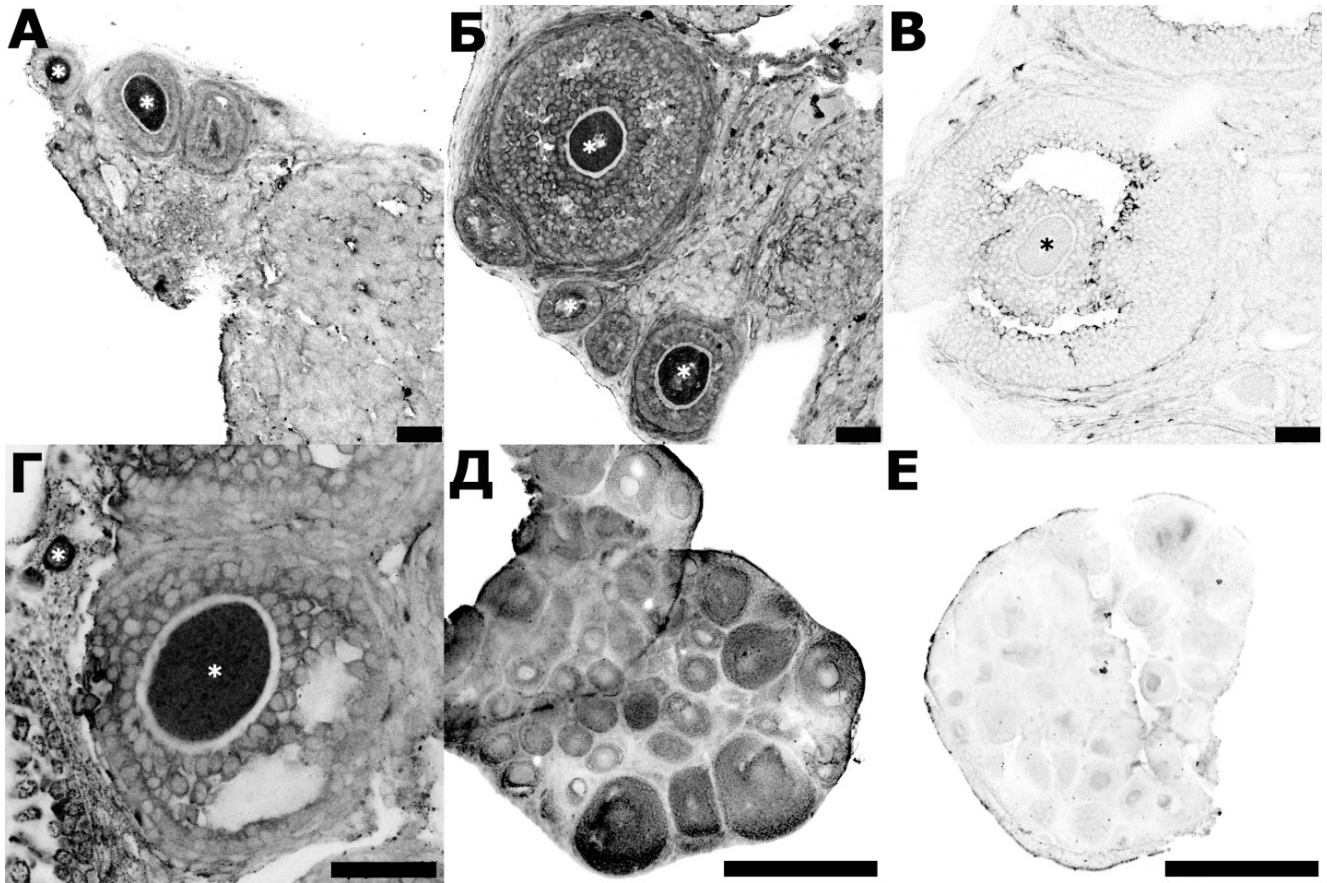


Рис 1. Серотонин и его мембранный транспортер Sert в яичнике мыши. А-Б — иммуноокрашивание серотонина в нативном яичнике (А) и в яичнике самки после 5-дневного системного введения серотонина (Б); В — негативный контроль иммуногистохимического окрашивания без первичных антител; Г — иммуноокрашивание мембранного транспортера серотонина Sert; Д — выявление экспрессии мРНК Sert в яичнике методом гибридизации *in situ*; Е — негативный контроль гибридизации *in situ* с использованием смыслового зонда. \* — ооциты. Масштабный отрезок: А-Г — 50 мкм; Д-Е — 500 мкм.

большей степени иммунореактивность представлена в ооцитах (Рис. 1 В). Иммунореактивность наблюдается как в растущих ооцитах, так и в ооцитах примордиальных фолликулов, находящихся в состоянии блока мейоза. Контрольное окрашивание без первичных антител подтвердило специфичность иммунореакции (Рис. 1 Е).

Полученные результаты демонстрируют, что в овариальных фолликулах выявляется как мРНК транспортера серотонина, так и сам мембранный белок, а также его функциональная активность. Несмотря на то, что мРНК транспортера в большей степени выявляется в клетках

гранулезы, белок и его активность выявляются на более высоком уровне в ооцитах. По всей вероятности, в данном случае имеет место регуляция экспрессии этого гена на уровне трансляции. Полученные результаты указывают на наличие и функциональную активность транспортера серотонина в развивающихся овариальных фолликулах и позволяют предполагать, что его регуляторная роль появляется уже на самых ранних этапах оо- и фолликулогенеза. Это представляет особый интерес в связи с потенциальным влиянием широко распространенных антидепрессантов из ряда ингибиторов обратного захвата серотонина на репродуктивную функцию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бузников Г. А. Низкомолекулярные регуляторы зародышевого развития. М.: Наука; 1967.
2. Бузников Г. А. Донервные трансмисмиттеры как регуляторы эмбриогенеза. Современное состояние проблемы. Онтогенез. 2007;38(4):262–270.

3. Sheng Y., Wang L., Liu X. S.J.S., et al. A serotonin receptor antagonist induces oocyte maturation in both frogs and mice: evidence that the same G protein-coupled receptor is responsible for maintaining meiosis arrest in both species. *J Cell Physiol.* 2005;202(3):777–786.
4. Amireault P., Dubé F. Serotonin and its antidepressant-sensitive transport in mouse cumulus-oocyte complexes and early embryos. *Biol Reprod.* 2005;73(2):358–365.
5. Bòdis J., Bognàr Z., Hartmann G., Török A., Csaba I. F. Measurement of noradrenaline, dopamine and serotonin contents in follicular fluid of human graafian follicles after superovulation treatment. *Gynecol Obstet Invest.* 1992;33(3):165–167.
6. Tanaka E., Baba N., Toshida K., Suzuki K. Serotonin stimulates steroidogenesis in rat preovulatory follicles: involvement of 5-HT<sub>2</sub> receptor. *Life Sci.* 1993;53(7):563–570.
7. Koppan M., Bodis J., Verzar Z., Tinneberg H.-R., Torok A. Serotonin may alter the pattern of gonadotropin-induced progesterone release of human granulosa cells in superfusion system. *Endocrine.* 2004;24(2):155–159.
8. Graveleau C., Paust H. J., Schmidt-Grimminger D., Mukhopadhyay A. K. Presence of a 5-HT<sub>7</sub> receptor positively coupled to adenylate cyclase activation in human granulosa-lutein cells. *J Clin Endocrinol Metab.* 2000;85(3):1277–1286.
9. Amenta F., Vega J. A., Ricci A., Collier W. L. Localization of 5-hydroxytryptamine-like immunoreactive cells and nerve fibers in the rat female reproductive system. *Anat Rec.* 1992;233(3):478–484.
10. Dubé F., Amireault P. Local serotonergic signaling in mammalian follicles, oocytes and early embryos. *Life Sci.* 2007;81(25–26):1627–1637.
11. Lister A., Regan C., Van Zwol J., Van Der Kraak G. Inhibition of egg production in zebrafish by fluoxetine and municipal effluents: A mechanistic evaluation. *Aquat Toxicol.* 2009;95(4):320–329.
12. Moore C.J., DeLong N.E., Chan K.A., Holloway A.C., Petrik J.J., Sloboda D.M. Perinatal Administration of a Selective Serotonin Reuptake Inhibitor Induces Impairments in Reproductive Function and Follicular Dynamics in Female Rat Offspring. *Reprod Sci.* 2015;22(10):1297–1311.
13. Zha W., Ho H.T.B., Hu T., Hebert M. F., Wang J. Serotonin transporter deficiency drives estrogen-dependent obesity and glucose intolerance. *Sci Rep.* 2017;7(1):1137.
14. Дыбан А.П., Пучков В.Ф., Баранов В.С., Самошкина Н.А., Чеботарь Н.А. Лабораторные млекопитающие: мышь *Mus musculus*, крыса *Rattus norvegicus*, кролик *Oryctolagus cuniculus*, хомячок *Cricetus griseus*. In: *Объекты Биологии Развития*. М.: Наука; 1975:505–566.
15. Braissant O., Wahli W. A Simplified In Situ Hybridization Protocol Using Non-radioactively Labeled Probes to Detect Abundant and Rare mRNAs on Tissue Sections. *Biochemica.* 1998;1(1):10–16.
16. Côté F., Fligny C., Bayard E., et al. Maternal serotonin is crucial for murine embryonic development. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2007;104(1):329–334.

© Никишин Денис Александрович (denisnikishin@gmail.com), Алёшина Нина Максимовна,  
Семенова Мария Львовна, Шмуклер Юрий Борисович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ КОНТАМИНАНТАМИ (НА ПРИМЕРЕ СТЕРЛИТАМАКСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

POPULATION HEALTH RISK ASSESSMENT FROM CONTAMINATION OF VEGETABLE PLANTS BY CONTAMINANTS (FOR EXAMPLE THE STERLITAMAK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

*E. Khanipova  
V. Zubkova*

*Summary.* The article gives an assessment of population health risk of the Sterlitamak District of the Republic of Bashkortostan against contamination of vegetable crops grown in food under the conditions of anthropogenic load. Indicators of the health risk characterization for the intake of contaminants such as cadmium, lead and chromium into the human body with potatoes, carrots, radish, beets, cabbage and onions are calculated.

*Keywords:* risk assessment, population health, vegetable plants, heavy metals.

**Ханипова Элина Ринатовна**

Аспирант, Российский государственный социальный университет (Москва)  
emolinka@mail.ru;

**Зубкова Валентина Михайловна**

Д-р биол. наук, профессор, Российский государственный социальный университет (Москва)  
vmzubkova@yandex.ru

*Аннотация.* В статье дана оценка риска здоровью населения Стерлитамакского района Республики Башкортостан от загрязнения употребляемых в пищу овощных растений, выращенных в условиях антропогенной нагрузки. Рассчитаны показатели характеристики риска угрозы здоровью при поступлении таких загрязнителей как кадмий, свинец и хром в организм человека с картофелем, морковью, редисом, свеклой, капустой и луком.

*Ключевые слова:* оценка риска, здоровье населения, овощные растения, тяжелые металлы.

**В** настоящее время перечень видов загрязнений окружающей среды очень обширен. Практически любой объект, связанный с хозяйственной деятельностью человека, является источником загрязняющих выбросов, различных по степени своего воздействия на нее.

Любые виды загрязнения оказывают дестабилизирующее действие на компоненты среды. Однако наибольшую опасность представляют загрязнители, которые не включаются в естественные круговороты веществ (так называемые ксенобиотики) и в результате этого накапливаются в окружающей среде. Ярким примером таких загрязнителей могут выступать тяжелые металлы.

Уже в середине 70-х гг. XX века специалисты в области токсикологии осознавали опасность тяжелых металлов для экосистем, располагая их на втором месте после пестицидов в ряду опасных загрязнителей биосферы. В настоящее время актуальность проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами постоянно возрастает. Особую опасность представляет накопление

тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях, употребляемых человеком в пищу. В результате биоаккумуляции концентрация тяжелых металлов в той или иной сельскохозяйственной продукции может достигать величин, представляющих реальную опасность для организма человека.

В связи с этим целью настоящей работы является оценка потенциального риска, связанного с употреблением человеком овощей, загрязненных тяжелыми металлами.

Источниками поступления тяжелых металлов в овощи являются основные виды транспортных средств (автомобильный, железнодорожный, авиационный транспорт), а также предприятия машиностроительной, металлообрабатывающей, химической и энергетической промышленности. Так, свинец поступает в атмосферу и почву, в первую очередь, в составе выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, тогда как медь, кадмий, цинк — в результате истирания автопокрышек. Кроме того, кадмий, марганец, никель и свинец могут поступать в почву вместе с органиче-

скими и известковыми удобрениями (такими как каменноугольная или сланцевая зола). Фосфорные удобрения также содержат примеси тяжелых металлов, в том числе свинца, хрома, кобальта, никеля, ванадия, цинка, меди [1].

Поступление тяжелых металлов в растения и их аккумуляция также во многом зависит от физико-химических свойств почвы. Известно, что наибольшей подвижностью большинство тяжелых металлов обладают в кислых почвах, так как именно в кислой среде слаборастворимые окислы металлов переходят в ионную форму, которая легко усваивается растениями.

Необходимо отметить, что в ряде случаев о накоплении в растениях тяжелых металлов можно догадаться по изменению их внешнего вида. Так, избыток меди приводит к отмиранию листьев, свинец вызывает их пожелтение. Признаки угнетения роста и снижение урожайности под действием свинца наблюдаются у свеклы, моркови, репы, гороха, тогда как огурцы довольно устойчивы к избытку этого тяжелого металла. Высокой устойчивостью к кадмию отличаются овощные культуры семейства капустных: репа, редис, салат. В ряде случаев овощи, содержащие большие количества тяжелых металлов, могут ничем не отличаться по своему внешнему виду от безопасной овощной продукции.

При этом степень накопления металлов в органах растений, как правило, уменьшается в следующем порядке: корни — стебли — листья — плоды (семена).

Высокой аккумуляцией по отношению к тяжелым металлам обладают овощные растения: морковь и картофель накапливают свинец, капуста и свекла — медь и цинк, редис — кадмий. Менее подвержены загрязнению такие овощные культуры как томаты, огурцы, кабачки [8].

Хотя многие тяжелые металлы (например, медь, кобальт, цинк, железо) в низких концентрациях жизненно необходимы для нормального роста и развития, в высоких концентрациях они оказывают негативное действие на живые организмы. Основная опасность тяжелых металлов для человека связана с их способностью накапливаться в организме, то есть, их токсическое действие по мере употребления загрязненных продуктов постоянно возрастает, при этом тяжелые металлы подавляют рост, снижают эффективность синтеза белка, инактивируют некоторые ключевые ферменты, изменяют водный и гормональный статус организма. Они влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное, гонадотропное действие. Доказано эмбриотоксическое действие тяжелых металлов, а также их мутагенные эффекты [3].

Наиболее распространенными в компонентах окружающей среды Стерлитамакского района Республики Башкортостан элементами, оказывающими влияние на здоровье человека и животных, являются кадмий, свинец и хром.

Кадмий поступает в организм человека перорально, ингаляционным путем и через кожу. Всасывание кадмия в пищеварительном тракте составляет 4–5% и усиливается в случае дефицита кальция, железа и белка. При этом темпы всасывания кадмия снижаются в присутствии цинка, а также компонентов молока и солей желчных кислот. Кадмий обладает канцерогенным действием, повышая риск развития у человека рака простаты, легких, кожи, почек и мочевого пузыря. Антропогенными источниками кадмия являются сточные воды горно-металлургических комбинатов, производство красителей, кадмий-никелевых аккумуляторов, минеральных удобрений, сжигание твердого топлива, выбросы автотранспорта, табачный дым [3].

Свинец в настоящее время вследствие высокой эмиссии в биосферу в той или иной мере содержится во всех видах пищевых продуктов. Он поступает в организм человека, главным образом, пероральным путем (с водой и продуктами питания), ингаляционным путем, а также через кожу. Независимо от пути поступления в организм свинец, в первую очередь, аккумулируется в костях. Период полувыведения свинца из крови и мягких тканей составляет в среднем 25–40 дней. Основными органами-мишенями при отравлении свинцом являются кровеносная и нервная системы, почки. Источниками поступления свинца в окружающую среду и продукты питания являются металлургическая и химическая промышленность, машиностроение и автотранспорт [1].

*Хром* — один из биогенных элементов, постоянно входит в состав тканей растений и животных. При избыточном поступлении в организм, в том числе и с пищевыми продуктами, приводит к развитию аллергических симптомов, дерматитов и экзем, астено-невротическим расстройствам, увеличивает риск развития злокачественных опухолей. Поступает хром в окружающую среду при добыче и переработке, а также на производствах, где его применяют [3].

Большинство тяжелых металлов кумулируется в организме человека и является канцерогенами, поэтому в соответствии с руководством Р 2.1.10.1920–04 проведена оценка риска для здоровья населения исследуемых территорий Стерлитамакского района Республики Башкортостан при употреблении загрязненных кадмием, свинцом и хромом овощей, отобранных на данных участках.

Таблица 1. Характеристика тяжелых металлов

Загрязняющее вещество	Класс опасности	ПДК в пищевых продуктах, мг/кг	Подверженные риску органы и возникновение заболеваний
Кадмий	1	0,03	Почки, гормоны
Свинец	1	0,05	ЦНС, кровь, репродуктивная система, гормоны, почки, рак
Хром	2	0,2	Печень, почки, желудочно-кишечный тракт, органы дыхания, рак

Таблица 2. Показатели канцерогенной опасности тяжелых металлов

Загрязняющее вещество	Классификация канцерогенности		Референтная доза, RfD, мг/кг	Канцерогенный потенциал SF <sub>0</sub>
	МАИР	ЕРА		
Кадмий	1	B1	0,0005	0,38
Свинец	2A	B2	0,0035	0,047
Хром	3	A	0,05	0,42

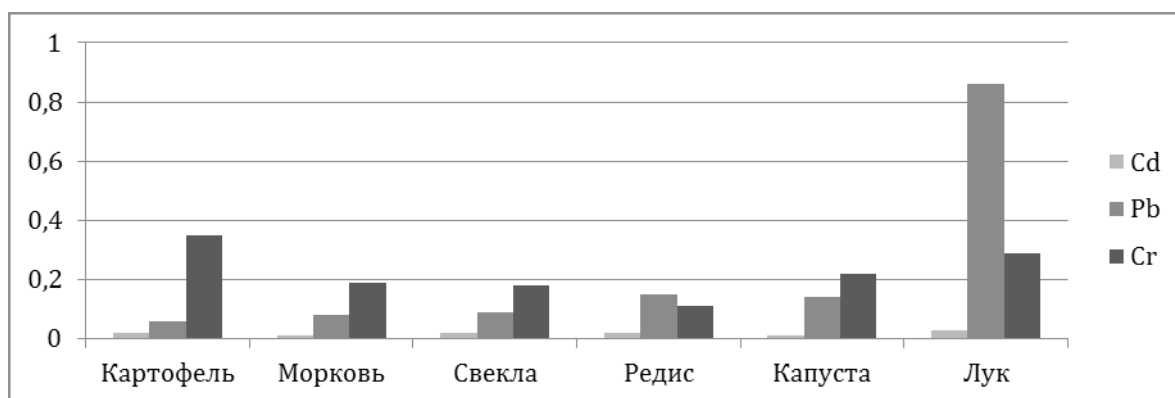


Рис 1. Концентрация тяжелых металлов в овощах, мг/кг

Оценку канцерогенных рисков проводили согласно полной (базовой) схеме, которая состоит из следующих этапов:

1. Идентификация опасности;
2. Оценка зависимости «доза-эффект»;
3. Оценка экспозиции;
4. Характеристика риска.

На этапе идентификации риска составлена характеристика тяжелых металлов как канцерогенных веществ, согласно СанПиН 1.2.2353–085, классификациям МАИР (Международное агентство исследования рака) и U.S. EPA (таблица 1) [2, 5, 6, 7].

Согласно требованиям Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, для расчета и оценки риска, обусловленного канцерогенным хроническим воздействием тяжелых металлов использованы их концентрации в основной продукции конкретных овощных растений, отобранных на терри-

тории Стерлитамакского района Республики Башкортостан (рисунок 1) [4].

На втором этапе были рассмотрены свойства изучаемых тяжелых металлов, влияющие на оценку зависимости «доза-эффект». Основным параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного агента с беспороговым механизмом действия — фактор канцерогенного потенциала или фактор наклона (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу. При пероральном воздействии химических канцерогенов, поступающих с продуктами питания, значение SF устанавливается для перорального (SF<sub>0</sub>) поступления (таблица 2).

Оценка экспозиции является этапом оценки риска, в процессе которого устанавливается количественное поступление загрязнителя в организм разными путями (ингаляционным, пероральным, накожным) в результате контакта с различными объектами окружающей среды



Таблица 3. Индивидуальный риск населению, связанный с загрязнением продуктов питания тяжелыми металлами

Металлы	Cd	Pb	Cr
Индивидуальный риск	4,18E-05	2,99E-05	7,67E-04
Диапазон	2	2	3

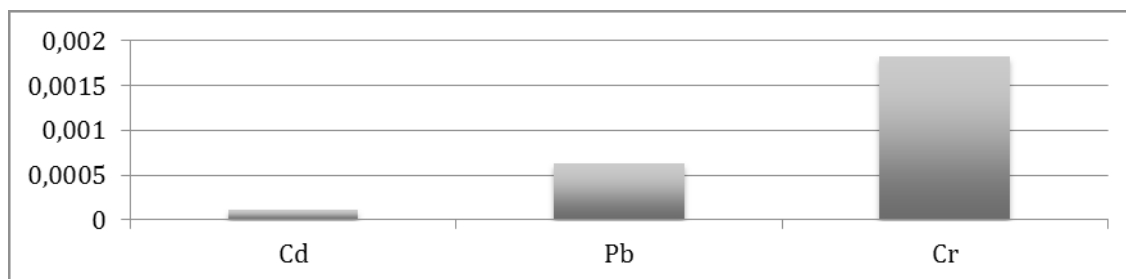


Рис. 2. Среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг\*день)

(воздух, вода, почва, продукты питания). В данном случае экспозиция выражается как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела мг/(кг\*день). Для оценки канцерогенных рисков рассчитали средние суточные дозы (LADD), усредненные с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека, равной 70 годам (рисунок 2).

Рассчитали величину индивидуального канцерогенного риска при употреблении овощей, выращенных в условиях техногенной нагрузки (таблица 3).

Индивидуальный канцерогенный риск при пероральном маршруте поступления с продуктами питания таких тяжелых металлов как кадмий и свинец соответствует предельно допустимому риску, то есть верхней границе приемлемого риска (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-6}$  но менее  $1 \cdot 10^{-4}$ ). Данные уровни подлежат постоянному контролю, в некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться мероприятия по их снижению.

Оценка индивидуального канцерогенного риска населению в связи с поступлением хрома из овощей свидетельствует о неприемлемом уровне опасности для населения в целом (уровень риска более  $1 \cdot 10^{-4}$  но менее  $1 \cdot 10^{-3}$ ) и требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий, которые должны основываться на результатах более углубленной оценки различных аспектов существующих проблем и установлении степени их приоритетности по отношению к другим гигиеническим, экологическим, социальным и экономическим проблемам на данной территории.

Значения канцерогенных рисков отражают, главным образом, долгосрочную тенденцию к изменению

онкологического фона, формирующуюся при условии соблюдения всех принятых исследователем исходных условий (например, определенная продолжительность и интенсивность воздействия, неизменность экспозиции во времени, конкретные значения факторов экспозиции и др.).

Накопление тяжелых металлов в овощах является в настоящее время актуальной проблемой сельскохозяйственного производства, особенно если земли сельскохозяйственного назначения находятся в условиях техногенной нагрузки. Зачастую аккумуляция тяжелых металлов в растениях не приводит к какому-либо изменению их товарного вида, что делает особо важным качественный санитарно-гигиенический контроль овощей, поступающих к потребителю.

Действуя на клеточном и субклеточном уровнях, тяжелые металлы оказывают широкий спектр негативных эффектов на организм человека. При одновременном поступлении в организм человека различных тяжелых металлов, их эффекты могут суммироваться. Системами, наиболее подверженными суммарному воздействию тяжелых металлов, являются центральная нервная система, сердечно-сосудистая и репродуктивная системы.

Меры, направленные на снижение риска употребления загрязненных тяжелыми металлами овощей, должны реализовываться как на этапе выращивания сельскохозяйственной продукции, так и на этапе ее использования потребителями. В частности, при кулинарной обработке овощей необходимо учитывать особенности накопления тяжелых металлов, удаляя части, представляющие наибольшую потенциальную опасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронова Г.А., Юрмазова Т.А. Химические элементы в биосфере. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. — 94 с.
2. ГОСТ 12.1.007–76 «Классификация и общие требования безопасности». — М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007. — 7 с.
3. Зубкова В.М., Зубков Н.В. Химический состав растений при загрязнении почвы тяжелыми металлами: монография. — М.: Издательство РГСУ, 2013. — 196 с.
4. Зубкова В.М., Ханипова Э.Р., Сошенко М.В., Шмырев В.И. Биологические особенности овощных растений в накоплении тяжелых металлов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки» —2017. -№ 5. -С. 3–8.
5. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 31 марта 1986 г. № 4089–86)
6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
7. СанПиН 1.2.2353–085 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности». — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77176/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77176/) Электронный ресурс (дата обращения 15.09.2017 г.)
8. Ханипова Э.Р. Состояние компонентов окружающей среды и качества сельскохозяйственной продукции в условиях повышения антропогенной нагрузки / В книге: XXIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «ЛОМОНОСОВ-2016», 2016, С. 139–140.

© Ханипова Элина Ринатовна ( emolinka@mail.ru ), Зубкова Валентина Михайловна ( vmzubkova@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский государственный социальный университет

# ВОЗРАСТНОЙ СПЕКТР ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РЯБЧИКА РУССКОГО (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) В БАЛАШОВСКОМ РАЙОНЕ В 2016 Г.

## THE AGE SPECTRUM OF COENOPULATIONS OF RUSSIAN HAZEL GROUSE (*Fritillaria* *ruthenica* Wikstr.) IN BALASHOV DISTRICT IN 2016

*A. Shapovalova*

**Summary.** *Fritillaria ruthenica* Wikstr. is a rare and protected plant included in the Red Book of Russia as well as in the Red Book of Saratov region. In 2016 six coenopopulations of *F. ruthenica* were studied in Balashov district of Saratov region. On 92 temporary experimental areas with a size of 1 m<sup>2</sup> 1203 specimens were described. The age spectra of *F. ruthenica* were made. In all the coenopopulations the age spectra of *F. ruthenica* are normal, non full-member, bicuspidate with the dominance of juvenile and generative plants. The index of recovery in the coenopopulations ranges from 1,96 till 4,30, the index of age — 0,14–0,20, the index of effectiveness — 0,36–0,46. According to the classification of A. A. Uranov «delta-omega» all the coenopopulations are young.

**Keywords:** coenopopulation, age spectrum, rare plants, index of recovery, index of age, index of effectiveness, *Fritillaria ruthenica*.

**Шаповалова Анна Алексеевна**

Доцент, Балашовский институт (филиал) ФГБОУ  
ВО «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени  
Н. Г. Чернышевского», г. Балашов, Саратовская обл  
kipena07@rambler.ru

**Аннотация.** *Fritillaria ruthenica* Wikstr. — редкое и охраняемое растение, занесенное в Красную Книгу России, а также в Красную Книгу Саратовской области. В 2016 г. было изучено шесть ценопопуляций *F. ruthenica* в Балашовском районе Саратовской области. На 92 временных пробных площадках размером 1 м<sup>2</sup> описано 1203 особи вида. Составлены возрастные спектры *F. ruthenica*. Во всех ценопопуляциях возрастные спектры *F. ruthenica* нормальные неполночленные, двухвершинные с доминированием ювенильных и генеративных растений. Индекс восстановления в ценопопуляциях варьируется от 1,96 до 4,30, индекс возрастности — 0,14–0,20, индекс эффективности — 0,36–0,46. По классификации А. А. Уранова «дельта-омега» все описанные ценопопуляции являются молодыми.

**Ключевые слова:** ценопопуляция, возрастной спектр, редкие растения, индекс восстановления, индекс возрастности, индекс эффективности, *Fritillaria ruthenica*.

## Введение

**Р**ябчик русский (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) — вид из семейства Лилейных. *F. ruthenica* занесен в Красную книгу России [4], в региональные Красные книги Саратовской, Волгоградской, Самарской, Пензенской, Липецкой, Тамбовской, Брянской областей. Изучение возрастных состояний ценопопуляций *F. ruthenica* в Балашовском районе, как редкого и охраняемого вида растения является актуальным, что и определяет цель данного исследования.

Это многолетнее луковичное травянистое растение с поникшими цветками (продолжительность жизни до 20 лет) [1]. Околоцветник простой, венчиковидный шестичленный. Плод — коробочка. Это евроазиатский вид [9]. Рост листьев начинается во второй декаде апреля и продолжается до второй декады мая. Продолжительность вегетации *F. ruthenica* в разные возрастные периоды от 30 до 80 дней. В зависимости от сроков и времени оттаивания почвы колебания между срока-

ми начала вегетации в отдельные годы могут достигать 20–22 дня. В период летнего покоя сохраняется только луковица. *F. ruthenica* размножается как семенами, так и вегетативным путем (почками возобновления от луковиц или придатковыми выводковыми почками). *F. ruthenica* — ксеромезофит. Требователен к почвам [1].

Категория и статус у *F. ruthenica* в Саратовской области 2 (V) — уязвимый вид. Произрастает на остепненных лугах, среди кустарников, на опушках и полянах лиственных лесов, в остепненных дубравах, по каменистым меловым склонам. Лимитирующими факторами являются — сбор населением и нарушение целостности местообитаний [5].

## Материалы и методы исследования

Для изучения состояния ценопопуляций *F. ruthenica* закладывались пробные площадки размером 1х1 м. На каждой пробной площадке учитывалось общее количество особей на 1 м<sup>2</sup>. У *F. ruthenica* измеря-

Таблица 1. Характеристика месторасположений ЦП *F. ruthenica*

№ ЦП	Ассоциация	Координаты ЦП			Кол-во	
		Широта	Долгота	Высота, м	Заложенных площадок	Учтенных особей
1	Типчаковая ассоциация	51°32'361''	42°58'614''	130	12	169
2	Дубрава ландышевая	51°32'001''	42°58'266''	131	14	212
3	Дубрава снытевая	51°36'118''	43°14'598''	123	23	266
4	Дубрава ландышевая	51°36'182''	43°14'168''	124	14	181
5	Типчаковая ассоциация	51°36'598''	43°15'414''	141	13	228
6	Дубрава снытевая	51°36'563''	43°15'435''	140	16	147

Таблица 2. Биометрические показатели *Fritillaria ruthenica* в Балашовском районе

Признак	Возрастная группа*	j	im	v	g
Высота растения		5–7,9	7–10	7–25	10–65
Кол-во нижних листьев		1	2–3	2–5	2–4
Кол-во метамеров		-	1	2–4	3–8
Кол-во верхних листьев		-	-	-	2–11
Кол-во цветков		-	-	-	1–4
Длина листочков околоцветника		-	-	-	1,8–3,2

\*Возрастные группы: j — ювенильные, im — имматурные, v — виргинильные, g — генеративные особи.

лись следующие биометрические показатели: высота, количество нижних, средних и верхних листьев, количество цветков, длина листочков околоцветника. При анализе данных показателей определялись возрастные состояния особей, и составлялись онтогенетические спектры. При определении возрастной структуры популяции за учётную единицу принимали особей семенного и вегетативного происхождения. Возрастные состояния определялись по Работам М.Г. Вахромеевой, С.В. Никитиной, Л.В. Денисовой, И.Ю. Парникова [1; 8]. Индексы восстановления, возрастности и эффективности определялся по методике А.А. Уранова [10]. Индекс восстановления показывает, сколько потомков приходится на одну генеративную особь в данный момент [3]. Индекс возрастности оценивает онтогенетический уровень ЦП в конкретный момент времени, он изменяется в диапазоне 0–1. Чем выше его показатель, тем старше исследуемая ЦП [10]. Индекс эффективности, или средняя энергетическая эффективность — это энергетическая нагрузка на среду, называемая «средним» растением [2]. Он также изменяется от 0 до 1, и чем он выше, тем старше возрастная группа «среднего» растения.

### Результаты и обсуждение

В 2016 г. в Балашовском районе было описано 6 ценопопуляций (далее ЦП) *F. ruthenica* (табл. 1).

В условиях Балашовского района высота *F. ruthenica* достигает 65 см. Генеративные особи имеют от 1 до 4 цветков. Длина листочков околоцветника 1,8–3,2 см (табл. 2).

**Первая ЦП** располагается на опушке дубового леса (типчаковая ассоциация) на террасе Хопра между поселками Алмазово и Николевка. На опушке произрастают кустарники (*Euonymus verrucosa* Scop., *Chamaecytisus ruthenicus* (Woloszcz.) Klaskova) и подрост *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L. Травяной покров образуют *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Thalictrum minus* L., *Achillea millefolium* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Corydalis solida* (L.) Clairv, *Convallaria majalis* L., *Rubus caesius* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik. Площадь ЦП — около 300 м<sup>2</sup>. Здесь заложено 12 пробных площадок размером 1 м<sup>2</sup> и учтено 169 особей *F. ruthenica*. На 1 м<sup>2</sup> зафиксировано 1–65 особей *F. ruthenica* Wikstr. Средняя плотность 14,1 шт/м<sup>2</sup>.

**Вторая ЦП** находится под пологом дубравы разнотравной, расположенной на террасе Хопра между поселками Алмазово и Николевка. Древоустой — 10Д+Б+С, сомкнутость полога — 0,5. Встречается подрост *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth, *Pinus sylvestris* L. Подлесок редкий из *Euonymus verrucosa* Scop. Травяной покров из *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin,

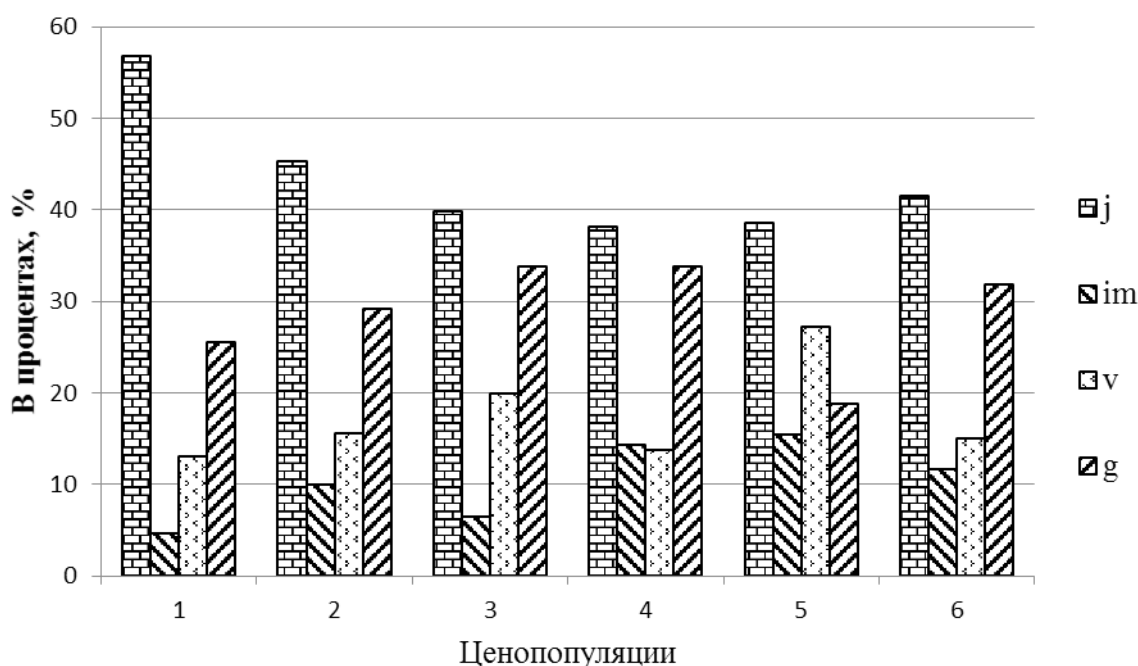


Рис. 1. Возрастные спектры *Fritillaria ruthenica* в ценопопуляциях Балашовского района в 2016 г. 1–6 — номера ценопопуляций. Возрастные группы: j — ювенильные, im — имматурные, v — виргинильные, g — генеративные особи.

*Convallaria majalis* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Iris aphylla* L., *Scilla siberica* Haw., *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Gagea minima* (L.) Ker Gawl., *Achillea millefolium* L. Площадь ЦП — около 500 м<sup>2</sup>. Размещен *F. ruthenica* крайне неравномерно. Количество особей варьируется в диапазоне 1–64 на м<sup>2</sup>. Онтогенетические периоды определены для 212 особей *F. ruthenica*. Средняя плотность — 15,1 шт/м<sup>2</sup>.

**Третья ЦП** находится под пологом снытево-ландышевой дубравы на террасе Хопра в окрестностях с. Репное. Первый ярус — 6Д 3Л 1В, сомкнутость полога — 0,6. В подросте *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus laevis* Pall. Это склон южной экспозиции. В подлеске встречается *Euonymus verrucosa* Scop. Доминанты травяного яруса — *Aegopodium podagraria* L., *Convallaria majalis* L., встречаются также *Chelidonium majus* L., *Urtica dioica* L., *Glechoma hederacea* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Potentilla heptaphylla* Juslin, *Origanum vulgare* L., *Campanula trachelium* L. Площадь ЦП около 650–700 м<sup>2</sup>. В этой ЦП описаны 23 пробных площадки, зафиксировано от 1 до 50 особей на м<sup>2</sup>. Возрастные состояния указаны для 266 особей *F. ruthenica*. Средняя плотность — 11,6 шт/м<sup>2</sup>.

**Четвертая ЦП** располагается в дубраве ландышевой в окрестностях с. Репное (древостой — 10Д+В, сомкнутость полога — 0,5). Подлесок из *Acer tataricum* L.

В травяном покрове доминирует *Convallaria majalis* L. В травяном ярусе произрастают также *Rubus caesius* L., *Glechoma hederacea* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Geum urbanum* L., *Galium rubioides* L., *Vicia sepium* L. Площадь ЦП около 550 м.кв. В этой ЦП заложено 14 пробных площадок и описана 181 особь *F. ruthenica*. На пробных площадках отмечено от 2 до 52 особей этого вида. Средняя плотность — 12,9 шт/м<sup>2</sup>.

**Пятая ЦП** располагается в окрестностях оз. Трубочка. Это разнотравная опушка дубового леса. Местами встречается кустарник — *Chamaecytisus ruthenicus* (Woloszcz.) Klaskova. В травяном ярусе произрастают *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Seseli libanotis* (L.) W.D.J.Кос, *Fragaria viridis* Duch., *Iris aphylla* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Veronica chamaedrys* L., *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Lathyrus pisiformis* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Размер ценопопуляции около 300 м<sup>2</sup>. Здесь заложено 13 пробных площадок, на которых произрастают 228 особей рябчика (2–48 шт. на м<sup>2</sup>). В данной ЦП отмечена самая высокая средняя плотность — 17,5 шт/м<sup>2</sup>.

**Шестая ЦП** находится также в окрестностях оз. Трубочка на склоне северной экспозиции в дубраве снытевой. Первый ярус древостоя — 10Д, сомкнутость крон — 0,5. Второй ярус — 5Л 5Кло, сомкнутость полога 0,3. Подрост из *Quercus robur* L., *Tilia cordata*

Таблица 3. Демографические характеристики *F. ruthenica* в 2016 г.

№ ЦП	Iв	Iвоз *	ω**	Тип ЦП
1	2,93	0,16	0,36	Молодая
2	2,42	0,18	0,41	Молодая
3	1,96	0,20	0,46	Молодая
4	1,97	0,20	0,45	Молодая
5	4,30	0,14	0,36	Молодая
6	2,13	0,19	0,40	Молодая

\* Iв — индекс восстановления, Iвоз — индекс возрастности, ω — средняя энергетическая эффективность.

Mill., *Acer platanoides* L. В травяном покрове — доминирует *Aegopodium podagraria* L., встречаются также *Chelidonium majus* L., *Urtica dioica* L., *Convallaria majalis* L., *Ficaria verna* Huds, *Melica picata* C. Koch, *Corydalis solida* (L.) Clairv, *Tulpa biebersteiniana* Schull. Et Schull. Fil. Размер ценопопуляции 250–300 м<sup>2</sup>. Здесь заложено 16 пробных площадок (1–38 особей на 1 м<sup>2</sup>), описаны возрастные состояния для 147 особей рябчика. В этой ЦП отмечена минимальная средняя плотность — 9,2 шт/м<sup>2</sup>.

### Заключение

Все описанные ЦП *F. ruthenica* являются нормальными неполноценными (не обнаружены сенильные особи). Возрастные спектры двухвершинные с преобладанием ювенильных и генеративных (или виргинильных — ЦП № 5) растений (рис. 1). Среди возрастных групп по численности во всех ЦП лидирует ювенильная от 38,1% до 56,8% (в совокупности 516 растений на всех шести ЦП). На втором месте — генеративная возрастная группа — 18,8%–33,8% в отдельных ЦП (в сумме 346 растений).

Во всех описанных ЦП имматурные растения — в меньшинстве — 4,7%–15,4% (всего 124 растения в шести ЦП). По литературным данным известно, что семена *F. ruthenica* имеют недоразвитый зародыш и отличаются

замедленным прорастанием, во время которого при благоприятных погодных условиях происходит доразвитие зародыша [1; 7]. Погодные условия в период вегетации *F. ruthenica* могут сказываться на образовании плодов и семян [1; 7]. При температуре 5–7 градусов в лабораторных условиях семена *F. ruthenica* прорастают в среднем за 30 дней [7]. Таким образом, неблагоприятные погодные условия в отдельные годы могут спровоцировать снижение численности (или даже выпадение) отдельных возрастных групп прегенеративного периода *F. ruthenica* из возрастных спектров в ЦП. На семенное возобновление в ряде ЦП также могут повлиять насекомые фитофаги, повреждающие генеративные органы растений [7].

Индекс восстановления *F. ruthenica* относительно низкий. Он изменяется в пределах от 1,96 (ЦП № 3) до 4,30 (ЦП № 5). Индекс возрастности *F. ruthenica* в изученных ЦП в 2016 г. находился в пределах 0,14–0,20, а индекс эффективности — 0,36–0,46. По критерию А. А. Уранова «дельта-омега» все изученные ценопопуляции *F. ruthenica* в 2016 г. являются молодыми (табл. 3).

Таким образом, можно сделать вывод, что все шесть ЦП *F. ruthenica* способны к спонтанному самоподдержанию семенным и/или вегетативным путем. Но данный вид нуждается в дальнейшем изучении и наблюдении за динамикой численности ценопопуляций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вахромеева М. Г. Никитина С. В., Денисова Л. В. Род рябчик // Биологическая флора Московской области. Под ред. проф. Т. А. Работнова. Вып. 7. М: Изд-во Московского университета. 1983. С. 83–97.
2. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
3. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар». 1995. 224 с.
4. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; Гл. редколл.: Ю. П. Трутнев и др.; Сост. Р. В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
5. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные / Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратов. обл. Саратов: Изд-во торгово-промышленной палаты Саратов. обл. 2006. 528 с.

6. Леонова А.А., Шилова И. В., Петрова Н. А., Костецкий О. В. Особенности семенного размножения рябчика русского (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) в естественных популяциях // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2016. Т. 14, вып. 1. С. 43–48
7. Николаева М.Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по прорастанию покоящихся семян. Л.: Наука. 1985. 348 с.
8. Парнікоза І. Ю., Шевченко М. С., Іноземцева Д. Н., Василюк О. В., Шевченко О. С. Раритетна флора (охорона, вивчення, реінтродукція). Частина друга. Київ: 2008. 113 с.
9. Редкие виды сосудистых растений бассейна Вороны: материалы к кадастру / А. Н. Гудина [и др.]. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга». 2014. 166 с.
10. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.

© Шаповалова Анна Алексеевна ( kurena07@rambler.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Балашовский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ЭКСКАВАТОРОВ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

## COMPUTER TREATMENT OF RESULTS OF EXCAVATOR TESTS ON THE BASIS OF THE SYSTEM OF STORAGE AND PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA

**V. Glotova**

*Summary.* The paper considers issues of an integrated approach to solving the problems of processing and analyzing operational test data. The main stages and principles of creating a database are outlined. The resulted results of the analysis of the test data spent on the basis of the developed system.

*Keywords:* database, data analysis, experiment; excavator.

**Глотова Валентина Васильевна**

*К.т.н., доцент, Научно-исследовательский московский  
государственный строительный университет  
valia.ivanv@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассмотрены вопросы комплексного подхода к решению задачи обработки и анализа данных эксплуатационных испытаний экскаваторов на основе разработанной базы данных. Изложены основные этапы и принципы создания базы. Приведены результаты анализа данных конкретных испытаний, проведенного на базе разработанной системы.

*Ключевые слова:* база данных, анализ данных, эксперимент; экскаватор.

### Введение

**Д**ля дальнейшего совершенствования карьерных экскаваторов необходим всесторонний и качественный анализ реальной нагруженности его узлов и механизмов в условиях эксплуатации. Такой анализ наиболее полно может быть осуществлен на основе банка результатов эксплуатационных испытаний, включающего не только записи данных тензодатчиков, токов, напряжений, скоростей, моментов т.д., но и дополнительные реквизиты, характеризующие условия эксплуатации, а также служебную информацию.

Изложенное указывает на актуальность создания базы данных результатов исследовательских испытаний экскаваторов и анализ этих результатов.

Научная новизна предлагаемого решения заключается в комплексном подходе к обработке и анализу данных эксплуатационных испытаний экскаваторов на основе разработанной базы данных.

### Постановка задачи

Шагающие экскаваторы являются циклическими машинами, работающими в различных горно-геологических условиях. Непостоянство условий эксплуатации не только в различных карьерах, но и при работе в одном забое (в зависимости от физико-механических свойств грунта, от методов работы машиниста и т.д.) обуславливает случайный характер картины нагруже-

ния элементов металлоконструкций, силовой и кинематической нагрузки механизмов. Экспериментальные данные, являющиеся результатом эксплуатационных испытаний экскаваторов, характеризуют нестационарный процесс, поэтому записи исследуемых величин являются реализациями случайных функций, а дискретные их представления — выборками генеральных совокупностей, отображающих случайные функции. При повторении рабочих циклов получаем «семейство» реализаций случайной функции. Рассматриваемые случайные функции — функции многих переменных, в том числе времени, условий эксплуатации, характеристик узлов и механизмов и т.д. методы их анализа являются методами исследования схоластических нестационарных процессов.

### Основные этапы реализации задачи

Анализ работы различных авторов по методам работы с экспериментальными данными (в дальнейшем — ЭД) позволил выделить следующие проблемы в их получении и обработке [1]:

- ◆ планирование эксперимента (получение ЭД);
- ◆ качественная оценка ЭД;
- ◆ проблемы структуры, объема, записи и хранения ЭД;
- ◆ начальная обработка ЭД;
- ◆ анализ ЭД;
- ◆ представление выводов на языке технической задачи.



При планировании необходимо различать активный и пассивный эксперименты, а также решать вопрос об объеме получаемой информации для обеспечения достоверности выводов по результатам обработки ЭД. Этими вопросами занимается теория планирования экспериментов, частью которой является метод дисперсного анализа. Он позволяет проверить оказывают ли влияние на математическое ожидание случайных величин определенные факторы, которые можно произвольно изменять в ходе эксперимента, выбирать из них наиболее значимые и оценивать степень их влияния.

Качественная оценка ЭД включает следующие операции: отделение так называемых выбросов, противоречащих предварительной информации о правдоподобных границах изменения отдельных переменных; анализ характеристик рассеяния пар исследуемых величин, которые с большой степенью вероятности можно считать сильно связанными; контроль над методами сбора или получения ЭД, т.е. учет различий между наблюдателями (аппаратурой).

При классификации ЭД необходимо решать вопросы объединения информации в группы по каким-либо признакам, а также — какие характеристики измеряются по каждому объекту (экскаватору в нашем случае). Решение этих вопросов непосредственно связано с вопросами записи ЭД в банк в определенной форме с необходимым набором реквизитов, обеспечивающих в дальнейшем решение технических задач на основе всестороннего анализа ЭД.

Начальная обработка ЭД заключается в представлении информации, пригодной для анализа. При предварительном анализе ЭД часто применяют метод графического анализа. При начальной обработке данных эксплуатационных испытаний экскаваторов этот этап выражается в анализе осциллографических записей величин.

Анализ ЭД может осуществляться на основе различных методов при наличии банка данных. Все эти методы в той или иной степени должны быть связаны с теорией вероятности, т.к. из-за случайного характера исследуемых величин необходима количественная оценка степени неопределенности выводов при анализе ЭД.

Результаты анализа могут быть представлены в графической или иной форме.

Перечисленные проблемы возникают при работе с ЭД независимо от области, в которой проводятся исследования, в том числе и при эксплуатационных испытаниях экскаваторов [1].

На основе оценки экспериментальных данных эксплуатационных испытаний экскаваторов с учетом решения вышеперечисленных проблем сотрудниками НИИ МГСУ совместно с сотрудниками НИИтяжмаш разработана система хранения и обработки экспериментальных данных. Цели создания базы: автоматизация обработки ЭД и углубленный анализ состояния машин и факторов, влияющих на него.

При разработке системы решались проблемы классификации, объема, записи, хранения, анализа информации и представления выводов на языке технической задачи. При ее создании использовался принцип блочной структуры, что позволяет постоянно наращивать возможности системы, разрабатывая и отлаживая отдельно от нее новые блоки обработки с дальнейшим их подключением, не прерывая эксплуатацию системы в других режимах. Система состоит из головного модуля и унифицированных подпрограмм. Структура системы предполагает последовательное выполнение из заданного набора режимов работы, причем этот набор не ограничивается ни количеством режимов, ни их очередностью. Особенностью системы является возможность вызывать из банка и обрабатывать информацию как за весь рабочий цикл машины, так и за отдельную операцию, например, только величин, характеризующих операцию копания или поворота на выгрузку и т.д. Кроме того, при формировании массивов информации из данных по нескольким рабочим циклам предусмотрена возможность по цикловой обработке величин, т.е. вызванная из банка данных запись величины обрабатывается, и получаем одно число — характеристику (например, величину работы) за данный цикл, массив в этом случае получается из характеристик заданных циклов. Получаем для исследования случайную функцию характеристик циклов. В каждом из режимов формирования и обработки массивов информации предусмотрено подключение различных блоков обработки. В настоящее время разработаны следующие блоки:

- ◆ Получение статистических характеристик случайного процесса, в том числе математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, коэффициента асимметрии, коэффициента эксцесса, ошибки среднего арифметического, достоверности среднего арифметического, стандартной ошибки асимметрии, стандартной ошибки эксцесса;
- ◆ Установление амплитудно-частотных характеристик исследуемой случайной величины с целью определения источников дополнительных частот;
- ◆ Расчет ресурсных оценок усталостной долговечности по методикам оценки приведенных эквивалентных напряжений и расчета вероятности

Таблица 1. Результаты измерений усилий в подвеске стрелы

№ машины	Точка	Кол-во циклов	T <sub>ц</sub> , с	Статистические характеристики кг/см <sup>2</sup>			
				X <sub>ср</sub>	σ	X <sub>max</sub>	X
1	C6	24	79	844	163,5	1353	908
	C7	22	81	886,5	202	1455	965
2	S	19	68	916	187	1415,5	978
3	C6	30	63	913,5	151	1415,5	978
	C7	19	62	931,5	166,5	1539,5	979,5

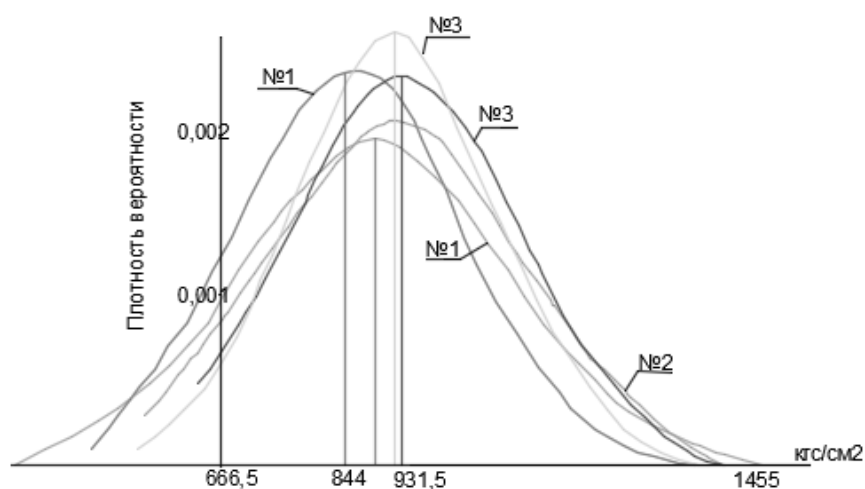


Рис. 1. ЭШ 40/85 Усилия в подвеске стрелы.

разрушения на основе скорректированной линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений. В силу случайного характера прочностных характеристик металлов, используемых для изготовления металлоконструкций экскаваторов и напряжений в них от нагрузок, воспринимаемых ими в процессе работы машины, оценки ресурса должны рассматриваться в вероятностном аспекте;

- ◆ Получение значения эффективного тока;
- ◆ Получение нагрузочной диаграммы с определением коэффициентов по методикам расчета зубчатых передач на прочность.
- ◆ Расчет усилий в элементах металлоконструкций стрелы, канатах и вантах в течение рабочего цикла машины при заданных длинах подъемного и тягового канатов и усилия подъема с промежуточным расчетом координат центра масс системы: ковш, упряжь, грунт экскаваторов-драглайнов;

- ◆ Определение главных напряжений и их направлений в зоне исследуемого участка элемента металлоконструкций для расчета усталостной долговечности в случае плоско — напряженного состояния.

Блоки обработки подключаются к тем режимам работы системы, в которых формируются необходимые для их работы виды и количество исходных данных.

В дальнейшем при разработке новых блоков системы, обеспечивающих реализацию методов анализа ЭД, представляется целесообразным уделить внимание исследованию взаимосвязанных величин, исследованию моделей для детерминированных составляющих функции, разработке алгоритмов расчета усталостной долговечности при одноосном нагружении с учетом изменения во времени кривой усталости и при плоско — напряженном состоянии — с учетом различных критериев ее оценки, разработке математических мо-

делей рабочих процессов экскаваторов с целью анализа нагруженности металлоконструкций по ограниченному количеству исследуемых величин, исследованию вопросов стыковки данной системы с существующими вычислительными комплексами прочностного расчета конструкций.

Для анализа в банк данных были занесены результаты испытаний подвески стрелы ЭШ40/85, проведенные на трех машинах. Условия испытаний были одинаковые: грунт II–IV категории, мерзлота, суглинок, взорванный песчаник. В систему было внесено и обработано от 32 до 100 рабочих циклов с шагом квантования каждой величины 0,06с.

Был получен расчет статистических характеристик с учетом напряжения от собственного веса каждой величины. Для сравнения данные занесены в таблицу 1 и на рис. 1.

Где:

$T_{ц}$  — длительность цикла

$X_{ср}$  — среднее арифметическое значение

$\hat{\sigma}$  — среднеквадратичное отклонение

$X_{m_{ак}}$  — максимальное значение

$X_{min}$  — минимальное значение

Сравнение результатов усилий в подвеске стрелы на трех машинах показали, что они отличаются незначительно, на 9–12%.

Дальнейший расчет ресурса работоспособности металлоконструкций подвески стрелы проводился методом расчета на прочность при нерегулярной нагруженности по скорректированной линейной гипотезе суммирования повреждений [2]

## ВЫВОДЫ

Разработанная система хранения и обработки экспериментальных данных результатов испытаний экскаваторов и проведенный с помощью данной системы анализ данных конкретных испытаний дал возможность установить предельный ресурс, оказывающий влияние на вероятность разрушения металлоконструкций подвески стрелы при коэффициенте концентрации равном двум. На № 1–4,86\*105 рабочих циклов с вероятностью разрушения 49,8%, на № 1–5\*105 рабочих циклов с вероятностью разрушения 31,5%, на № 3–7,68\*105 рабочих циклов с вероятностью разрушения 54,5%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оленев В. А. Повышение ресурса и надежности узлов мощных экскаваторов / Сб. науч. труд. Министерство тяжелого машиностроения СССР, НИИтяжмаш ПО «Уралмаш» ред. В. А. Оленев УЗТМ Свердловск / 1990 95с.
2. Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени: монография. М.: Машиностроение, 1993. — 364 с.

© Глотова Валентина Васильевна (valia.ivanv@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Научно-исследовательский московский государственный строительный университет

# МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО УЗЛА СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

THE MODEL OF THE POWER  
SYSTEM FIXED SITE OF SPECIAL  
COMMUNICATION, OPERATING  
IN CONDITIONS OF DESTABILIZING  
IMPACTS

A. Gudikov

*Summary.* The article describes a mathematical model of the power system, conforming to the requirements of stability of functioning of stationary special node when in conditions of destabilizing impacts. Described verbally and mathematically formalized the basic elements of the model of an Autonomous system of power supply for the stationary communication node. Formulated the problem of structural and parametric synthesis of Autonomous power supply systems and identified the main directions for designing such systems.

*Keywords:* mathematical model, power supply system, a stationary center of special signal, destabilizing effects, stability.

Гудиков Александр Львович

Соискатель, Военная академия связи,  
г. Санкт-Петербург  
gal-cheh2@mail.ru

*Аннотация.* В статье описывается математическая модель системы электроснабжения, соответствующая требованиям устойчивости функционирования стационарного узла специальной связи в условиях дестабилизирующих воздействий. Описаны вербально и формализованы математически основные элементы модели автономной системы электроснабжения для стационарного узла связи. Сформулированы задачи структурного и параметрического синтеза автономных систем электроснабжения и определены основные направления проектирования таких систем.

*Ключевые слова:* математическая модель, система электроснабжения, стационарный узел специальной связи, дестабилизирующие воздействия, устойчивость.

**Ф**ормулировка задачи структурного и параметрического синтеза автономных систем электроснабжения требует определения среды проектирования, критериев построения и множества альтернатив, на котором ищется оптимальное решение. Критерии построения представляют собой совокупность выходных метрических показателей качества функционирования синтезируемого объекта ( $G_j$ ) в заданной среде и требований к этим критериальным показателям  $G_{j0}$ . Формально критерии синтеза в общем случае могут быть сформулированы в виде

$$G_j \leq G_{j0}, j = 1, \dots, m$$

где  $G_j$  — критериальный показатель;

$G_{j0}$  — критериальное число;

$m$  — число критериев.

Знак неравенства и критериальное число определяют требование к критериальному показателю.

При оптимальном построении один из критериальных показателей переводится в ранг целевой функции  $S$  [1].

При структурном синтезе техническое решение ищется на некотором множестве структур  $A$ , которые можно создать, и на задаваемом множестве точек пространства варьируемых параметров  $R_x$ .

Тогда задачу структурного синтеза можно поставить следующим образом: отыскать (синтезировать) решение  $P = (A_0 \in A, X_0 \in R_x)$ , обеспечивающее выполнение условия

$$G_j(A_0, X_0, Y) \leq G_{j0}, j = 1, \dots, m$$

либо

$$S(A_0, X_0, Y) \rightarrow \text{extr}$$

при  $G(A_0, X_0, Y) \leq G_{j0}, j = 1, \dots, m$

и заданной среде функционирования  $Y$ .

Решение задачи параметрического синтеза заключается в определении числовых значений параметров элементов при заданной структуре и условиях работоспособности, когда задается описание объекта проектирования в виде физической задачи и формализованных требований к этому объекту, определяется совокупность варьируемых входных параметров и параметров функционирования. На основе этого строится обобщенная математическая модель объекта с конкретными значениями выходных независимых сигналов.

В целом задача построения заключается в структурном и параметрическом синтезе автономной системы электроснабжения (АСЭС), представляемых совокупностью управляемых и наблюдаемых технологических элементов (групп элементов) и параметров, взаимодействия которых определяются топологической схемой. С позиций оптимального построения эта задача заключается в определении вариантов структур АСЭС, и их параметров, обеспечивающих удовлетворение требований по надежности и качеству функционирования при минимальной сложности АСЭС в целом.

Как уже отмечалось, необходимо разработать математическую модель, описывающую процесс выбора структуры АСЭС и позволяющую его оптимизировать по критериям максимума длительности их работы без дозаправки.

Математическая модель оценки АСЭС включает в себя структуру системы, определение ее параметров и оценку подобия. При выборе модели оценки АСЭС приняты во внимание следующие положения: модель должна быть максимально простой, структура системы — базовая, расчет параметров производится по аналитическим выражениям в соответствии с детерминированными показателями, соответствовать статической модели. Модель должна позволять решать задачи, как анализа, так и синтеза. При решении прямой задачи результатом моделирования должна быть выявлена лучшая по выбранным показателям структура. Данная задача решается при модернизации существующих систем электроснабжения. При решении обратной задачи синтезируется структура по заданным параметрам.

Целевая функция заключается в обеспечении времени автономной работы узла связи без государственной системы электроснабжения и без дозаправки топливом не менее времени, требуемом оперативной обстановкой, при условии выполнения жестких ограничений, соответствующих требованиям узла связи к количеству и качеству электроэнергии.

Функционирование АСЭС связано с расходом топлива на выработку полезной энергии для аппаратуры

связи и системы жизнеобеспечения, на тепловые потери энергии. Результат функционирования узла связи напрямую связан с непрерывной работой АСЭС. Формализовано время автономной работы системы электроснабжения должно соответствовать требуемому режиму работы, при выполнении ограничений на вероятность бесперебойного электроснабжения, массогабаритные показатели, потребляемую мощность, показатели качества электроэнергетики.

$$t_{\text{зп}} = \frac{M_{\text{ТЗ}}}{m_{\text{Т}}} = \frac{M_{\text{СТР}} - M_{\text{С}}}{m_{\text{Т}}} = \frac{\gamma_{\text{Т}} \cdot (V_{\text{СТР}} - V_{\text{С}})}{m_{\text{Т}}} \geq t_{\text{ТР}}$$

где: МТЗ — запас топлива, размещаемый на узле связи;

МТ — часовой расход топлива;

V<sub>СТР</sub>, МС.ТР — требуемые значения объема, массы для размещения элементов АСЭС на узле связи;

V<sub>С</sub>, МС — расчетные значения объема, массы, предлагаемой АСЭС;

γ<sub>Т</sub> — перерасчетный коэффициент массы топлива в объем, занимаемый топливом.

Для оценки и выбора структуры системы электроснабжения предлагается использовать часовой расход топлива, который зависит от потребляемой мощности, КПД элементов системы электроснабжения.

$$m_{\text{Т}} = \frac{P_{\text{АС}}}{\eta_{\text{ДВС}} \cdot K_{\text{ПСТ}} \cdot P'_{\text{ЭТ}}}$$

где: P<sub>АС</sub> — мощность потребления аппаратуры связи и технических средств обеспечения обитаемости;

η<sub>ДВС</sub> — КПД двигателя внутреннего сгорания;

K<sub>ПСТ</sub> — общий коэффициент преобразования тепловой энергии;

P'ЭТ — эквивалентная удельная энергия 1 килограмма топлива [кВт·ч/кг].

$$K_{\text{ПСТ}} = \prod_{i=1}^n \eta_i$$

где: η<sub>i</sub> — КПД i-го элемента системы электроснабжения.

Исследования, проведенные автором в [2], показали, что общий коэффициент преобразования тепловой энергии (K<sub>ПСТ</sub>) зависит от совокупности параметров, которые характеризуют поток электрической энергии, при этом исследовался функционал вида:

$$K_{\text{ПСТ}} = F\{U_{\text{С}}, U_{\text{ни}}, P_{\text{iAC}}, P_{\text{AC}}, \varepsilon_{\text{ВХ}}, \varepsilon_2, U_{\text{нфи}}\}$$

где: U<sub>С</sub> — напряжение на выходе источника электропитания;

$U_{pi}$  — напряжение  $i$  — й цепи электропитания в аппаратуре связи;

$P_{iас}$  — мощность  $i$  — й цепи электропитания в аппаратуре связи;

$P_{ас}$  — мощность потребляемая аппаратурой связи;

$\epsilon_{вх}$  — коэффициент кратности изменения напряжения в электрической сети;

$\epsilon_2$  — коэффициент кратности изменения напряжения на выходе источника электроэнергии, или стабилизированных вторичных источников электропитания;

$U_{пфи}$  — напряжение пульсаций на выходе сглаживающего фильтра выпрямителя.

Обобщенный критерий  $\tau_{ар}$  объединяет экономический и технические показатели АСЭС и в дальнейшем может трактоваться как обобщенный технико-экономический критерий, на основании которого можно проводить оценку эффективности АСЭС и решать поставленную научную задачу.

Выбранный обобщенный критерий имеет простую форму и содержит глубокий физический смысл. Данный критерий позволяет оценить экономический и технический уровень элементов системы электроснабжения, сопоставить их с функциональными возможностями объектов связи и определить их целесообразный предел совершенствования. Эти обстоятельства позволяют говорить о правильном выборе обобщенного критерия оценки эффективности.

Кроме того параллельно необходимо решить ряд оптимизационных задач.

Первая задача — обеспечение требуемого качества электроэнергии всем потребителям узла связи, которая решается «методом разделения» по функциональному назначению потребителей и по уровню требований к качеству электроэнергии. Система электроснабжения является квазиоптимальной, если каждый потребитель получает необходимое ему качество электроэнергии.

Вторая задача — обеспечение бесперебойного электроснабжения с вероятностью не менее 0,999 в любой момент функционирования узла связи, которая решается «методом избыточной рационально-распределенной устойчивости». Данный метод предполагает наличие на узле связи автономной системы электроснабжения полноценной по всем характеристикам в рамках времени, определенном оперативной обстановкой и установление важности элементов в цепи формирования, хранения, получения и передачи информации на узле связи. Вероятность обеспечения электроэнергией за время работы АСЭС, полученная на основе многократного резервирования определяется по формуле

$$P_{бэс} = 1 - (1 - P_k)^k$$

где  $P_{бэс}$  — вероятность бесперебойного электроснабжения;

$P_k$  — вероятность безотказной работы  $k$ -го первичного источника;

$k$  — количество первичных источников электроэнергии.

Третья задача — обеспечение устойчивости функционирования системы электроснабжения, оцениваемой надежностью и помехозащищенностью первичных и вторичных источников электропитания. Достигается «методом объединения технической и технико-эксплуатационной надежности с помехоустойчивостью первичных и вторичных источников электропитания». Данный метод предполагает применение первичных и вторичных источников электропитания, обладающих высокими показателями наработки на отказ, отличающихся простотой эксплуатации, исключающих возможность внешних воздействий на свои элементы.

Четвертая задача — обеспечение максимума экономической эффективности. Решается «методом адекватности производства электроэнергии потреблению узлом связи». Первичные и вторичные источники выбираются по критерию минимизации потерь при производстве, передаче, коммутации, распределении и преобразовании энергии, то есть повышении КПД с целью увеличения времени автономной работы.

Пятая задача — обеспечение соответствия требуемой производимой мощности массогабаритным показателям элементов системы электроснабжения, ограниченным объемом технического здания. В существующих АСЭС запас топлива определяется емкостью топливного резервуара, в котором это топливо находится. Практика проектирования АСЭС показывает, что компоновка запасов ГСМ в стационарных объектах связи всегда связана с ограниченными возможностями в отношении их размещения.

Предложенная модель отличается простотой при достаточном уровне детализации, как функциональной структуры, так и ее топологической и технической составляющей.

Модель всесторонне учитывает факторы, влияющие на структуру системы электроснабжения стационарного узла специальной связи, что позволяет использовать модель при определении ее функциональной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы исследования операций / Г. Вагнер — М.: Мир, 1973, 336 с.
2. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: учебник для вузов / В. Г. Костиков, Е. М. Парфенов. — 2-е изд. — М.: Горячая линия — Телеком, 2001, 334 с.

© Гудиков Александр Львович ( gal-cheh2@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

# НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ АНАЛИЗА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ВЕЛИЧИН, ВОЗНИКАЮЩИХ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

## SOME WAYS TO ANALYZE THE RELIABILITY OF PREDICTED VALUES ARISING IN THE ACTIVITIES OF SOCIAL SYSTEMS

*A. Lebedev*

*Summary.* The article deals with some issues related to the accuracy of the predictions of statistical values, as well as methods of analysis the reliability of predicted values. The values over, got as a result of prognostication of statistical indexes of frames of society and some banal estimations of their rightness, are brought. Criteria are discussed for judgement about quality of temporal rows of prognoses, for example, of point of turn. It is shown that a criterion of quality of prognosis is not invariant in relation to replacement of variables, that it is especially important at forming of some new variables. Integral criterion prediction accuracy is proposed and designed.

*Keywords:* data of social systems, forecast, forecast accuracy.

*Лебедев Алексей Викторович*

*Д.т.н., к.ф.-м.н., профессор, Тверской филиал  
Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте  
Российской Федерации  
lebedevavic@rambler.ru*

*Аннотация.* В статье рассмотрены некоторые вопросы, касающиеся точности проведенных прогнозов статистических величин, а также способы анализа достоверности прогнозируемых величин. Приведены значения, полученные в результате прогнозирования статистических показателей социальных систем и некоторые тривиальные оценки их правильности. Обсуждены критерии для суждения о качестве временных рядов прогнозов, например, точки поворота. Показано, что критерий качества прогноза не является инвариантными по отношению к замене переменных, что особенно важно при формировании некоторых новых переменных. Предложен и рассчитан интегральный критерий точности прогноза.

*Ключевые слова:* данные социальной системы, прогноз, точность прогноза.

**П**ри составлении прогнозов величин, возникающих в деятельности социальных систем, часто возникает проблема проверки точности данных, подготовленных в процессе прогнозирования деятельности социальной системы. Она заключается в ответе на вопрос: оправдывается ли полученное значение прогноза?

Для ответа на этот вопрос, видимо следует поставить и следующие сопутствующие вопросы:

- ◆ охватывает ли полученный интервальный прогноз действительное значение;
- ◆ равна ли самом деле средняя ошибка прогноза нулю или, иными словами, действительно ли отклонения реальных данных от прогнозов вверх и вниз происходят с одинаковой частотой?

Анализ погрешности прогноза всегда связан с ошибками прогноза, т.е. с разницей между прогнозным значением и реализацией его на практике. Причем часто бывает так, что значение прогноза зависит от прогнозов еще и других величин, которые называют прогнозами «высшего порядка» по отношению к первым.

Кроме того, необходимо помнить и о допущении об инерционности рассматриваемой системы. Т.е. если

прогноз составляется на основе некоторой системы уравнений, полученной по данным более ранних периодов, то прогнозируемый показатель является некоторой функцией (или рекуррентным соотношением) совокупности коэффициентов данной системы. Нет необходимости говорить, что любое изменение связей установленных в указанной системе уравнений затрагивает и итоговое прогнозное значение [1].

Особым образом хотелось бы оговорить и вопрос ошибок наблюдения в рассматриваемых величинах. Назовем величины  $A$ ,  $A+e_m$  и  $A+e_f$  соответственно истинной величиной, наблюдаемой величиной и предсказываемой величиной. Отсюда  $e_m$  — ошибка измерения и  $e_f$  — ошибка прогноза.

Вообще очень часто можно слышать утверждение, что система построения статистических учетов не предусматривает ошибки измерения, иными словами каждое значение находится с абсолютной точностью. С точки зрения автора подобное утверждение абсурдно.

Наблюдаемой ошибкой прогноза является

$$A+e_f - (A+e_m) = e_f - e_m \quad (1)$$



Таблица 1

Прогнозное значение	Доверительный интервал	Доверительный интервал (%)	1/2 доверительного интервала (%)	Наблюдаемое значение	Попадание в доверительный интервал	Тенденция	Отклонение от предсказанного значения	Отклонение от предсказанного значения (%)
881,8	100	11,34	5,67	880,9	да	да	-0,9	-0,10
29	10	34,48	17,24	31	да	Да Точка поворота	2	6,90
1230	160	13,01	6,50	1255	да	Да Точка поворота	25	2,03
203	80	39,41	19,70	194	да	Да Точка поворота	-9	-4,43
279	100	35,84	17,92	297	да	да Точка поворота	18	6,45
27	8	29,63	14,81	28	да	Да Точка поворота	1	3,70
38	12	31,58	15,79	42	да	Да Точка поворота	4	10,53
312	60	19,23	9,62	255	нет	нет	-57	-18,27
3600	564	15,67	7,83	3582,5	да	Да Точка поворота	-17,5	-0,49
1280	400	31,25	15,63	1317,6	да	Да Точка поворота	37,6	2,94

Таким образом, становится ясным, что анализу величины погрешности прогноза мешают ошибки измерения. Предположим, что указанный анализ основан на дисперсии ряда наблюдаемых ошибок прогноза, т.е. на уравнении вида

$$\begin{aligned} \text{var}(e_f - e_m) &= \text{var}(e_f) - \text{var}(e_m) - 2\text{cov}(e_f, e_m) = \\ &= s_f^2 + s_m^2 - 2rs_f s_m \end{aligned} \quad (2)$$

где  $s_f$  и  $s_m$  являются стандартными отклонениями ошибок прогноза и ошибок наблюдения, а  $r$  — коэффициент их корреляции.

Из выше сказанного вытекает, что если ошибки не коррелируют между собой, то дисперсия наблюдаемых ошибок прогноза превысит дисперсию истинных ошибок прогноза.

Попробуем оценить указанное влияние, для чего рассмотрим величину относительной разности указанных дисперсий, которая будет равна  $x^2 - 2rx$ , где  $x$  — есть отношение дисперсий,  $x = s_m / s_f$ .

Если  $r < 0$ , то оба члена указанной разности будут иметь противоположные знаки, следовательно, итоговое значение будет не слишком велико. Однако мы видим, что в случае  $s_m > s_f$  ошибка наблюдения приводит к переоценке ошибки прогноза, что говорит об определяющей роли качества данных при подготовке прогноза.

В таблице 1 приведены значения, полученные в результате прогнозирования статистических показателей социальных систем и некоторые тривиальные оценки их правильности.

Таблица 2

Прогнозное значение	Наблюдаемое значение	Доверительный интервал	1 четверть доверительного интервала	2 четверть доверительного интервала	3 четверть доверительного интервала	4 четверть доверительного интервала	Тенденция	Точка поворота	Интегральная оценка
881,8	880,9	100	+	-	-	-	да	нет	4,2
29	31	10	-	+	-	-	Да	Да	4
1230	1255	160	-	+	-	-	Да	да	4
203	194	80	-	+	-	-	да	Да	4
279	297	100	-	+	-	-	Да	да	4
27	28	8	+	-	-	-	да	Да	5
38	42	12	-	-	+	-	Да	да	3
312	255	60	-	-	-	+	Нет	Нет	1
3600	3582,5	564	+	-	-	-	да	Да	5
1280	1317,6	400	-	+	-	-	да	Да	4

Очевидно, что в ряде случаев попадание в доверительный интервал оказывается возможным только в следствие того, что он был выбран достаточно широким.

Кроме того, существует определенное условие, связанное с множественными прогнозами. Его можно назвать «внутренней согласованностью». Оно затрагивает следующую проблему: должны ли взаимосвязи между прогнозами удовлетворять тем же уравнениям и неравенствам, которым подчиняются действительные данные.

Предположим, что три показателя связаны между собой соотношением  $PQ = V$

Также предположим, что сделан точечный прогноз этих трех переменных  $P, Q$  и  $V$ . Встает вопрос: сохранится ли указанное выше соотношение между прогнозными значениями? Или же другими словами, должно ли предсказание подчиняться ограничению  $P_f Q_f = V_f$

Предположим, что  $P_f, Q_f$  и  $V_f$  являются не смещенными точечными прогнозами для которых математическое ожидание  $E\hat{\epsilon}_P = 0, E\hat{\epsilon}_Q = 0$  и  $E\hat{\epsilon}_V = 0$ . Тогда допуская, что осуществление событий имеет стохастический характер, а прогноз не стохастический, имеем  $E(P_f Q_f - PQ) = -cov(\hat{\epsilon}_P, \hat{\epsilon}_Q)$

Но в то же время  $E(P_f Q_f - PQ) = E(V_f - V) = 0$

Из вышеизложенного следует противоречие, которое не может быть объяснено в случае, если ошибки  $(\hat{\epsilon}_P, \hat{\epsilon}_Q)$  коррелируют, иными словами  $cov(\hat{\epsilon}_P, \hat{\epsilon}_Q) \neq 0$ . Поэтому либо наше условие не выполнено, либо по крайней мере одна из трех оценок не должна быть не смещенной.

Особенно интересно применение этого условия «внутренней согласованности» к интервальным аддитивным множественным прогнозам. В случае нашей таблицы ряд показателей аддитивен и ошибка прогноза могла быть видимо устранена еще на стадии прогнозирования в случае существенного сужения доверительных интервалов.

В любом случае, в случае множественных прогнозов условие «внутренней согласованности» прогнозов должно находить свое отражение в интегральной оценке качества прогноза.

Перейдем теперь, к хорошо известному критерию для суждения о качестве временных рядов прогнозов — точкам поворота.

Если существует значительная положительная серийная корреляция большинства временных рядов, то сравнительно легко предсказать продолжение роста и спада прогнозируемой величины [2]. Реальный успех достигается в том случае, если верно предсказано развитие такого показателя. Т.е. прогноз фиксирует наличие локального (глобального) максимума (минимума) и он

реализуется в действительности. Промахом является обратная ситуация, в случае сохранения тенденции развития, точки поворота не рассматриваются.

В указанных 10 прогнозах в 8 случаях была предсказана точка поворота, в одном случае был допущен промах.

Количественной мерой для описания предсказаний точек поворота может являться величина, представляющая собой количество исходов с не угаданной точкой поворота к общему количеству прогнозов, где такая точка наблюдалась.

Малое значение данной величины свидетельствует об успешности прогноза точки поворота. В нашем случае мы имеем  $1/9=0,11$ .

Отметим, что хотя анализ точек поворота может носить глубокий характер, однако его значение не следует переоценивать. Во-первых, этот анализ не является инвариантным по отношению к замене переменных, что особенно важно при формировании некоторых новых переменных при моделировании процессов и проведение дальнейшего прогнозирования с использованием механизма предикторов.

Еще одной характеристикой качества прогнозов по нашему мнению может служить не просто попадание предсказываемой величины в доверительный интервал, а попадание в ту или же иную его часть [3]. Таким образом, доверительный интервал, может быть разбит на 4 части. В этом случае наша оценка может видоизменена следующим образом (см. таблицу 2).

Интегральную оценку прогноза будем находить следующим образом:

- ◆ если прогнозное значение попало в первую четверть то оцениваем прогноз в 4 балла по 5 балльной шкале, во 2 — в 3 балла, в 3–2, в 4–1;
- ◆ за угаданную тенденцию даем 0,2 балла;
- ◆ за угаданную точку поворота 0,8 балла.

Таким образом, итоговое значение средней интегральной оценки для 10 прогнозов составит 3,72 балла.

Указанная оценка достаточно не совершенна [4] и может быть улучшена в первую очередь для случая составления долгосрочных прогнозов, когда в качестве измерителя качества прогноза, может быть использован коэффициент корреляции между рядами прогнозов и действительными результатами.

Возможно предложить некоторый альтернативный измеритель качества прогноза

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_i - A_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum P_i^2 + \frac{1}{n} \sum A_i^2}} \quad (3)$$

где  $P$  — результаты прогнозов, а  $A$  — соответствующие действительные (наблюдаемые) результаты.

Очевидно, что нахождение такого измерителя актуально только для долгосрочных прогнозов, когда количество прогнозируемых периодов составляет не менее 3.

Подкоренное выражение числителя может быть представлено в виде

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum (P_i - A_i)^2 &= \\ &= (\bar{P} - \bar{A})^2 + (s_P - s_A)^2 + 2(1-r)s_P s_A \end{aligned} \quad (4)$$

где  $P, A, S_P, S_A$  являются средними арифметическими и стандартными отклонениями рядов прогнозируемых и наблюдаемых значений, а  $r$  — коэффициентом корреляции этих рядов.

Приняв следующее выражение для  $D$

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum P_i^2 + \frac{1}{n} \sum A_i^2} \quad (5)$$

будем иметь, что

$$U_M = \frac{(\bar{P} - \bar{A})}{D}$$

$$U_S = \frac{s_P - s_A}{D}$$

$$U_C = \frac{\sqrt{2(1-r)s_P s_A}}{D}$$

Полученные коэффициенты можно назвать частными коэффициентами расхождения для центральной тенденции, дисперсии и ковариации, поскольку они будут демонстрировать доли расхождения, определяемые тремя различными источниками.

Нахождение указанных частных коэффициентов представляет несомненный интерес [5]. Сравнение величин вышеуказанных измерителей может дать дополнительную информацию о качестве прогноза и помочь установить слабые стороны модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. В. Информационная поддержка процесса принятия решения во ФСИН России // Вестник Владимирского юридического института ФСИН России. — 2011. — № 3(20). — С. 38–45.
2. Лебедев А. В. Математическая модель преступности в условиях реального управления // Вестник Владимирского юридического института ФСИН России. — 2011. — № 4. (21). — С. 92–99.
3. Лебедев А. В., Горшко И. В. Особенности криминологического прогнозирования с использованием информации, содержащейся в едином банке данных учета осужденных, подозреваемых и обвиняемых // Вестник Вологодского института права и экономики ФСИН России. — 2011. — № 4 (16). — С. 4–8.
4. Гинис Л. А. Обзор методов научного прогнозирования // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2009. № 3, С. 28–36.
5. Рудакова Р. П. Методологические основы социально-экономического прогнозирования // Вестник ЛГУ им. А. С. Пушкина. — 2010. № 2, С. 85–91.

---

© Лебедев Алексей Викторович (lebedevavic@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ОТКАЗА СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

## METHODOLOGY OF ESTIMATION OF RISKS OF FAILURE OF POWER ELEMENTS OF ELECTRIC EQUIPMENT IN DESIGNS OF GROUND ROBOTIC ENGINEERING COMPLEXES

**A. Mozhaev**

*Summary.* The paper shows the aspects of the formation of the reliability of ground robotic complexes when used in the construction of power electric motors. It is determined that the task is reduced to ensuring the stability of equipment failure and the stability of situational modeling during the operation of the main system nodes of the robotic complex. The authors presented the technical specification and carried out mathematical modeling of the main elements that make it possible to realize the task set to ensure the quality and the possibility of identifying parameters for improving the operational properties of mobile robotic complexes.

*Keywords:* ensuring stability, robotic complexes, innovative parameters, prevention of consequences, modeling of methodology.

**Можаяев Александр Григорьевич**

Подполковник внутренней службы, Дальневосточная пожарно-спасательная академия — филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России)  
ogrn46@yandex.ru

*Аннотация.* В работе показаны аспекты формирования обеспечения надежности наземных робототехнических комплексов при применении в конструкциях силовых электродвигателей. Определено, что задача сводится к обеспечению устойчивости отказа оборудования и стабильности ситуативного моделирования при работе основных системных узлов робототехнического комплекса. Авторами представлена техническая спецификация и проведено математическое моделирование основных элементов, которые позволяют реализовать поставленную задачу для обеспечения качества и возможности выявления параметров повышения эксплуатационных свойств мобильных робототехнических комплексов.

*Ключевые слова:* обеспечение устойчивости, робототехнические комплексы, инновационные параметры, предотвращение последствий, моделирование методики.

**В** настоящее время при работе робототехнических комплексов существует противоречие между управлением режимами работы подсистем системы курсовой стабилизации, основанной на работе электроэнергетической системы (СКС) и реальным техническим состоянием (ТС) оборудования: в большинстве случаев режимы устанавливаются без учета фактической работоспособности оборудования, что может привести к недостоверности оценки надежности функционирования подсистем СКС [6, с. 512]. Принятие достоверных решений для обеспечения надежности подсистем СКС требует комплексного подхода, который бы учитывал следующее [5, с. 160]:

- ◆ случайность отказов элементов подсистемы СКС;
- ◆ стохастический характер режима подсистемы СКС;
- ◆ возможный сценарий развития аварийной ситуации;
- ◆ неполноту и нечеткость входной информации;
- ◆ экономические, материальные, экологические и др. последствия.

В этих объективно существующих условиях принятия достоверных решений по повышению надежности функ-

ционирования подсистемы СКС может быть достигнуто путем классификации элементов подсистемы по уровню влияния на надежность при решении следующих задач [1, с. 72]:

- ◆ планирование технического обслуживания и ремонтов при ограниченном финансировании с учетом принадлежности электрооборудования к определенным классам, которые определены по признакам важности для эксплуатационной надежности и безопасности;
- ◆ ведение режима работы оборудования подсистем с учетом акцентированного распределения внимания в зависимости от принадлежности к определенным классам по признакам важности для обеспечения надежности режима.

Целью кластеризации объектов подсистемы СКС является разбиение выборки на группы схожих объектов по уровню влияния на надежность электроснабжения и выявления слабых объектов. При этом возникает задача оценки наиболее информативных признаков, характеризующих эксплуатационную и режимную надежность отдельных объектов, таких как риск отказа объекта на интервале времени. В данной работе предложен

подход к оценке риска отказа объекта на примере асинхронного двигателя (АД) [4, с. 122].

Риск отказа объекта в подсистеме СКС включает в себя вероятность отказа объекта и ее последствия. По детерминированному подходу к оценке риска отказа объекта вероятность его отказа в условно принимается равным единице. При этом в качестве расчетного выбирается наиболее неблагоприятный сценарий развития аварии [7, с. 72]. К достоинствам детерминированного подхода следует отнести относительную простоту его применения и высокий уровень завершенности решения задач оценивания риска отказа объекта. К недостаткам относятся: неучет эффекта вероятности отказа объекта, и определение событий и условий отказа объекта. Как следствие, решения, основанные на детерминированном подходе, могут определить существенно заниженную или завышенную величину риска, что приведет к принятию необоснованных решений [3, с. 212].

В отличие от детерминированного подхода, вероятностный подход позволяет учитывать вероятности отказа оборудования, а также дает возможность количественно описывать аварийную ситуацию благодаря определению соответствующих показателей последствий аварий, что обеспечивает более глубокий подход к оценке надежности подсистемы СКС с динамической нагрузкой [2, с. 112].

Вероятностный подход к оценке риска отказа АД в подсистеме СКС на интервале времени в значительной степени зависит от достоверности определения вероятности отказа каждой единицы электрооборудования, которое входит в состав робототехнического комплекса. Для определения риска нарушения технологического процесса из-за отказа АД надо знать вероятность его отказа на интервале времени. В качестве отказов АД рассматриваются следующие события [9, с. 204]:

- ◆ выход из строя из-за повреждения одного или нескольких узлов (отказ из-за ухудшения ТС);
- ◆ отказ из-за возникновения аварийного режима в подсистеме СКС (нарушение статической или динамической устойчивости, аварийное отключение выключателя, работа устройств релейной защиты (РЗ)).

Для оценки вероятности отказа объекта, в том числе АД, на интервале времени из-за его повреждения необходимо учитывать его ТС. Определение ТС АД представляет собой сложную задачу, которая решается в условиях ограниченного количества диагностических параметров, которые можно измерять или наблюдать без вывода АД в ремонт и отсутствия математического связи между ними. Исходя из этих условий, предложено

использование нечетких методов и моделей для оценки состояния объектов подсистемы СКС [8, с. 185].

Вероятность отказа двигателя на интервале времени с учетом его ТС  $p(H_1/B)$  определяется по теореме Байеса по разработанному методу оценки вероятности отказа электрооборудования. Использование экспертных оценок, нечетких моделей и композиционного правила Заде для определения вероятности отказа двигателя на интервале времени обусловлено отсутствием адекватных математических моделей оценивания состояния электрооборудования, в частности АД.

Для определения вероятности отказа АД на интервале времени из-за ухудшения его ТС  $p(H_1/B)$  необходимо знать функцию распределения вероятности отказа конкретного двигателя с учетом его индивидуальных характеристик. Для формирования этой функции используются:

- ◆ статистическая интегральная функция распределения вероятности отказа АД  $F(t)$ , построенная по статистическим данным об отказах АД данного типа;
- ◆ нечеткая модель для оценки общего ТС АД  $S$  по данным о состоянии локальных узлов, которые можно получить без отключения АД;
- ◆ матрицы нечетких соотношений между ТС АД  $S$  и условными вероятностями  $p(B/H_1)$  (подтверждение гипотезы «отказ в интервале времени» наличием ТС  $S$ ) и  $p(B/H_2)$  (подтверждение гипотезы «безотказная работа на интервале времени» наличием ТС  $S$ ).

При определении вероятности режимного отказа АД целесообразно применить вероятностно-статистическое моделирование (ИСМ). При этом вероятность отказа двигателя из-за возникновения аварийного режима определяется как:

$$p\left(\frac{H_1}{D}\right) = \frac{n}{N} \quad (1)$$

где  $D$  — событие которое означает возникновение аварийного режима в подсистеме СКС;  $N$  — общее количество реализаций схемы ИСМ;  $n$  — количество реализаций схемы ИСМ в которых произошел отказ двигателя при том что имело место событие  $D$ .

Полученные вероятности  $p(H_1/B)$  и  $p(H_1/D)$  являются условными вероятностями отказа АД на интервале времени с учетом его технического состояния и режима подсистемы СКС соответственно. События  $B$  и  $D$  являются независимыми и совместимыми при таком их определении. Таким образом, вероятность отказа АД на интервале времени с учетом его ТС и режима подсистемы СКС определится по теореме сложения вероятностей совместных событий:

Таблица 1. База правил принятия решений

W	I <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			
		R <sub>ISO</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	R <sub>ISO</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
D <sub>1</sub>	R <sub>POD</sub>	VS	S	B	R <sub>POD</sub>	M	M	VB
	B <sub>1</sub>	S	M	B	B <sub>1</sub>	M	B	VB
	B <sub>2</sub>	B	B	VB	B <sub>2</sub>	VB	VB	VB
	B <sub>3</sub>				B <sub>3</sub>			
D <sub>2</sub>	R <sub>ISO</sub>	S	M	VB	R <sub>ISO</sub>	B	B	VB
	B <sub>1</sub>	M	M	VB	B <sub>1</sub>	B	VB	VB
	B <sub>2</sub>	VB	VB	VB	B <sub>2</sub>	VB	VB	VB
	B <sub>3</sub>				B <sub>3</sub>			

$$p\left(\frac{H_1}{B,D}\right) = p\left(\frac{H_1}{B}\right) + p\left(\frac{H_1}{D}\right) - p\left(\frac{H_1}{B}\right) * p\left(\frac{H_1}{D}\right) \quad (2)$$

Формирование нечеткой модели для оценивания ТС АД осуществляется по общим подходам к построению нечетких моделей электрооборудования, представленным в [1].

Основными узлами АД, которые, согласно статистическим данным, наиболее часто повреждаются являются: подшипники, изоляция обмотки статора, стержни обмотки ротора, вал.

Техническое состояние каждого из перечисленных узлов можно определить по следующим параметрам и информативными признаками, которые можно измерить или наблюдать без отключения двигателя:

- ◆ температура обмотки статора (ОС) — позволяет выполнить оценку остаточного ресурса изоляции ОС;
- ◆ температура подшипников — позволяет определить остаточный ресурс подшипников;
- ◆ фазные токи АД — наличие несимметрии токов статора АД является одним из признаков несимметрии магнитного поля, вызванная обрывом стержней ротора или повреждениями изоляции ОС;
- ◆ шумы и вибрации во время работы двигателя — повышенная вибрация и наличие посторонних шумов при работе двигателя очень часто является следствием некачественной центровки вала АД или дефектов подшипников и позволяют сделать вывод о состоянии вращающихся частей АД.

В нечеткую модель для оценки общего ТС АД введены следующие входные лингвистические переменные:

- ◆ A = «Сработанный ресурс изоляции ОС» с терминами A<sub>1</sub> = «При рабочем режиме», A<sub>2</sub> = «Допустимый», A<sub>3</sub> = «Отработанный»;
- ◆ B = «Сработанный ресурс подшипников» с терминами B<sub>1</sub> = «При рабочем режиме», B<sub>2</sub> = «Допустимый», B<sub>3</sub> = «Отработанный»;
- ◆ C = «Несимметрия фазных токов» с терминами C<sub>1</sub> = «Низкая», C<sub>2</sub> = «Высокая»;
- ◆ D = «Уровень шума и вибрации» с терминами D<sub>1</sub> = «Низкий», D<sub>2</sub> = «Высокий».

Количественные значения сработанных ресурсов изоляции ОС и подшипников АД определяются по [8], коэффициенту несимметрии токов АД — по [3], уровня шума и вибрации — по шкале Харрингтона. Функции принадлежности нечетких термов входных переменных строятся на основе экспертных оценок, обработанных по методу парных сравнений Саати.

В качестве выходной лингвистической переменной нечеткой модели принято величину S = «Общий сработанный ресурс АД» с терминами VB = «Очень большой», B = «Большой», M = «Средний», S = «Малый», VS = «Очень малый». Функции принадлежности нечетких термов выходной переменной строятся на интервалах стандартной шкалы Харрингтона.

База правил принятия решений нечеткой модели состоит из качественных правил типа «ЕСЛИ-ТО» и формируется экспертом. Исходя из такого способа построения базы правил, нечеткий вывод организуется по алгоритму Мамдани. База правил приведена в табл. 1.

Таблица 2. Матрица нечетких соотношений  $R_p$

$R_p$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$Y_{F1}$	0,86	0,093	0,004	0,004	0,005
$Y_{F2}$	0,082	0,837	0,064	0,036	0,018
$Y_{F3}$	0,04	0,06	0,815	0,078	0,044
$Y_{F4}$	0,022	0,014	0,106	0,802	0,109
$Y_{F5}$	0,006	0,007	0,012	0,08	0,825

Таблица 3. Матрица нечетких соотношений  $R_Q$

$R_Q$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$Y_{F1}$	0,005	0,004	0,004	0,116	0,836
$Y_{F2}$	0,02	0,031	0,07	0,811	0,103
$Y_{F3}$	0,048	0,091	0,815	0,064	0,037
$Y_{F4}$	0,106	0,808	0,097	0,014	0,02
$Y_{F5}$	0,82	0,076	0,014	0,06	0,006

Для определения условных вероятностей  $p(B/H_1)$  и  $p(B/H_2)$  по данным о ТС АД  $S$ , который определен по нечеткой модели  $b$ , сформированы матрицы нечетких соотношений  $R_p$  и  $R_Q$ . Для построения матриц применен метод Саати с использованием полной (100-балльной) шкалы относительного преимущества Харрингтона. Полученные матрицы  $R_p$  и  $R_Q$  приведены в табл. 2, 3.

Вероятность режимного отказа АД в подсистеме СКС определяется по следующему алгоритму [4, с. 122].

- 1) Формируется множество  $M$ , элементами которого являются события, которые означают режимная отказ рассматриваемого АД (нарушение статической или динамической устойчивости, отказ выключателя АД, работа устройств РЗ, прочее).
- 2) Формируется класс элементов подсистемы СКС (выключатели, трансформаторы, ЛЭП)  $N$  из которого выделяется подкласс элементов  $N_1$ , отказ которых может привести к возникновению события из множества  $M$ .
- 3) Определяется множество значений общих ТС объектов  $S_1$  из подкласса  $N_1$  с помощью нечетких моделей оценки ТС оборудования.
- 4) Интегральными функциями распределения вероятности отказа оборудования соответствующего типа  $F(t)$  определяются вероятности отказа и безотказной работы элементов из подкласса  $N_1$  в момент времени  $t_1$ .

5) С помощью матриц нечетких отношений  $R$  между ТС объектов  $S_1$  и условными вероятностями их отказа и безотказной работы  $P_i$  максимальной композицией определяются условные вероятности  $p_i(B/H_1)$  и  $p_i(B/H_2)$ ,  $i = 1, \dots, n_1$ .

6) По формуле Байеса определяется множество вероятностей отказов отдельных единиц электрооборудования на интервале времени  $\Delta t$  с учетом их фактических ТС.

7) Выполняется уточнение интегральных функций распределения вероятности отказа для каждой единицы оборудования из подкласса  $N_1$  на интервале времени  $\Delta t$  с учетом индивидуальных характеристик:

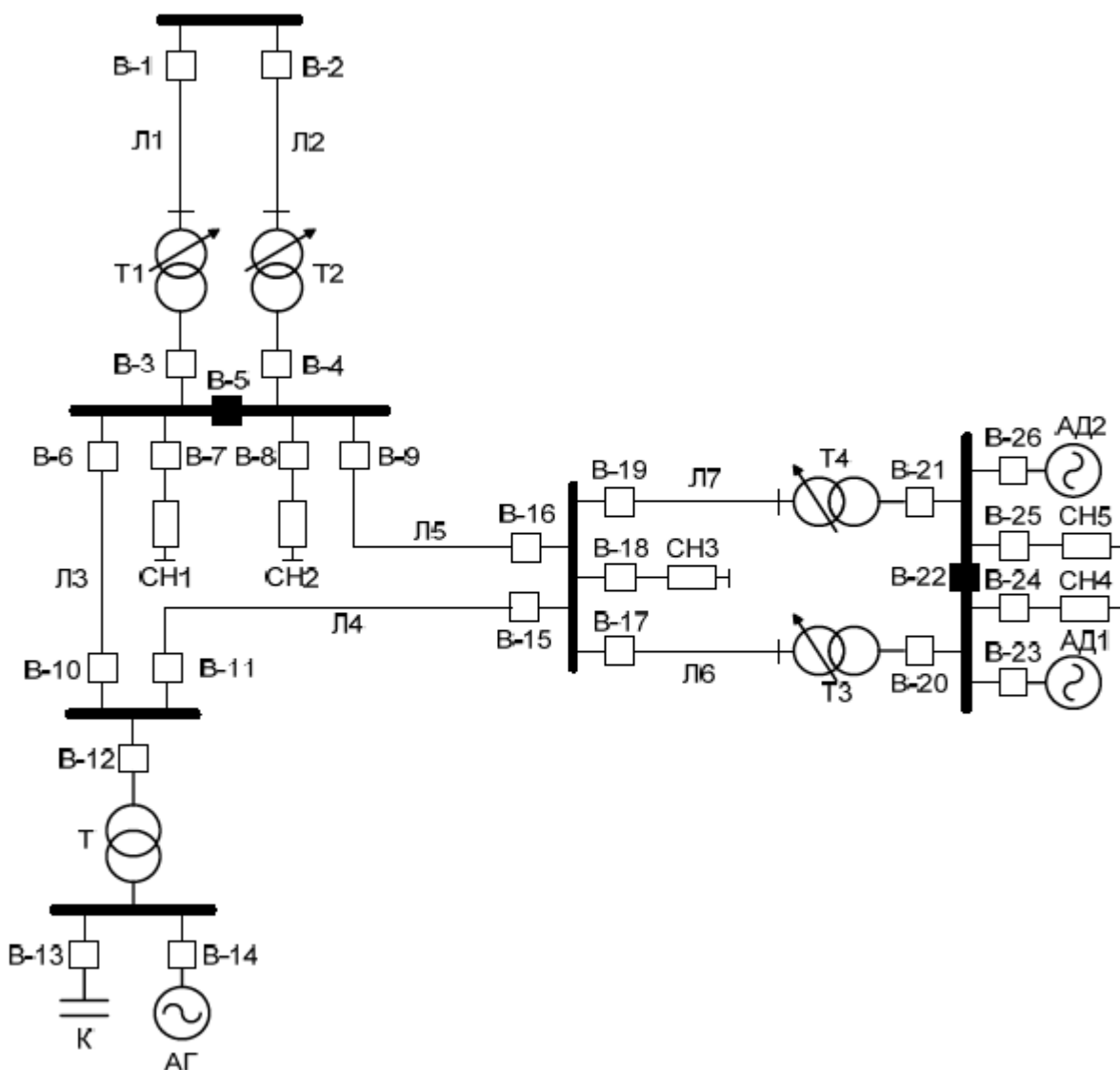
$$F_{Y_i}(t_2) = F_i(t_1) + p_i(\Delta t), i = 1, \dots, n_1 \quad (3)$$

8) С помощью генератора случайных чисел (ГСЧ) выбирается элемент, который, с учетом собственных индивидуальных характеристик, откажет первым на интервале  $[t_1; t_2]$ .

9) Рассматривается соответствующая резервная схема питания узла нагрузки с ответственным двигателем в зависимости от того, какой из элементов подкласса  $N_1$  отказал первым на интервале  $[t_1; t_2]$ .

10) Из известного из статистических данных распределения значений напряжения в узле присоеди-





нения рассматриваемой подсистемы в СКС с помощью ГСЧ определяется значение напряжения в узле присоединения подсистемы в момент наблюдения как вероятность появления величины напряжения в зависимости от ее продолжительности:

$$p(U_i) = \text{Random}[0; 1] \rightarrow U_i; i = 1, \dots, k \quad (4)$$

11) Рассчитываются переходный и установившийся режимы подсистемы СКС при определенных условиях и проводится анализ полученных результатов относительно возникновения события из множества М (АД).

12) Пункты 8–11 алгоритма оценки вероятности режимного отказа двигателя реализуются  $k$  раз.

13) Из полученного множества  $K$  режимов узла нагрузки с ответственным двигателем выделяется подмножество режимов  $K_1$  в которых наблюдалось событие из множества  $M$ .

14) Определяется вероятность отказа двигателя из-за нарушения устойчивости (то есть режимный отказ  $p(H_1/D)$ ) как соотношение количества режимов  $k_1$ , при которых наблюдалось то или иное событие из множества  $M$  к общему количеству рассчитанных режимов:

$$p\left(\frac{H_1}{D}\right) = k_1/k \quad (5)$$

Пример. По разработанному методу, определить вероятность отказа на интервале времени  $\Delta t = 3$  мес двигателя АД1 в подсистеме СКС, представленной на рис. 1. При периодическом осмотре без отключения от сети определены следующие значения диагностических при-

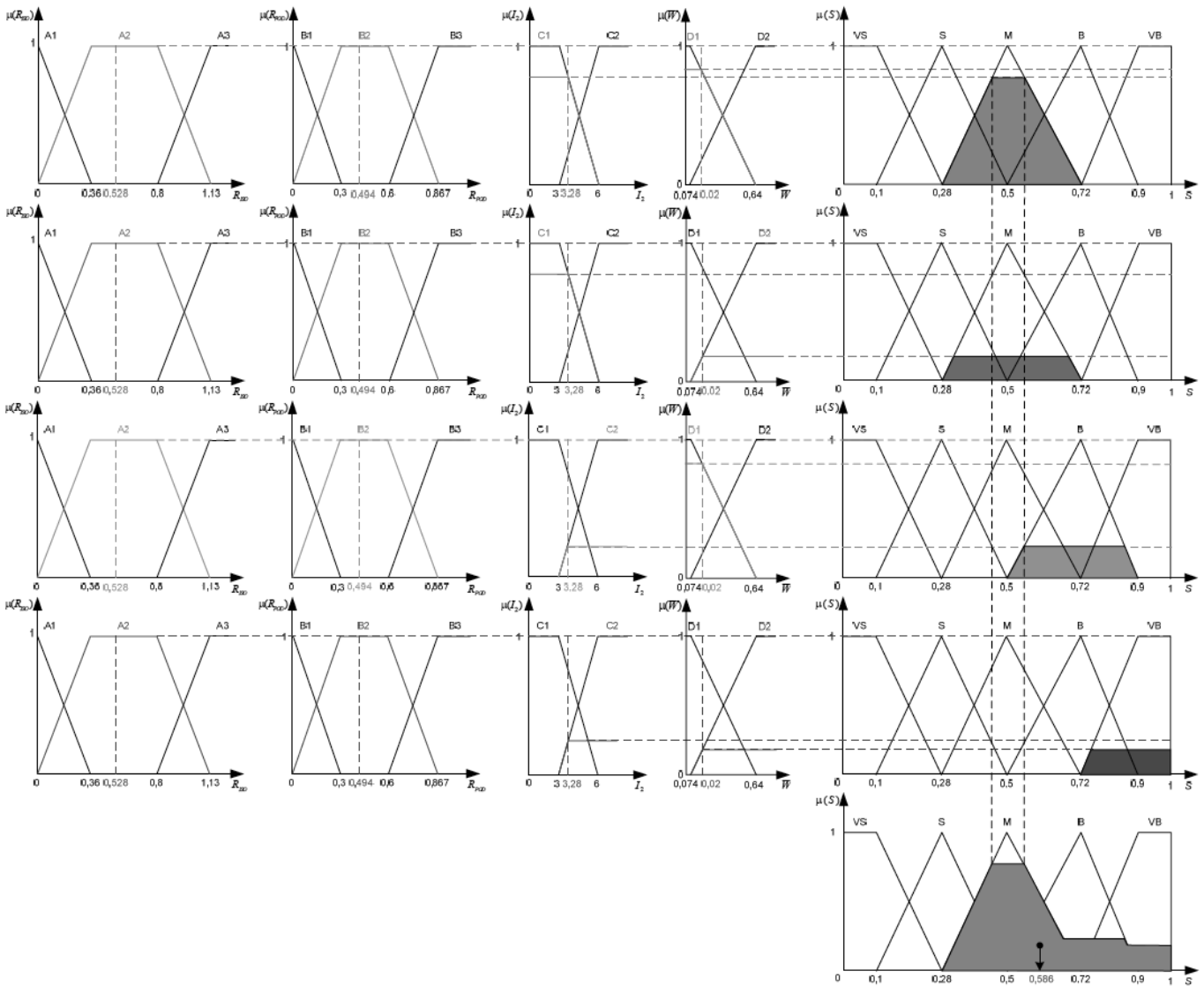


Рис 2. Оценка ТС АД1 по алгоритму Мамдани

знаков: количество отработанных моточасов  $T = 11260$  ч; рабочая температура изоляции ОС  $\theta_{OC} = 129^{\circ}C$ ; рабочая температура изоляции подшипников  $\theta_{П} = 98^{\circ}C$ ; фазные токи статора  $I_A = 251$  А,  $I_B = 224$  А,  $I_C = 235$  А; уровень шума и вибрации  $W = 0,2$  в.а. (по шкале Харрингтона).

Значение сработанного ресурса изоляции ОС и подшипников определяется по  $\Delta\theta$  — градусным правилом [8]:

выработанный ресурс изоляции ОС:

$$R_{ISO} = \frac{T}{T_0} e^{\frac{\theta_{OC} - \theta_{OC}^0}{\Delta\theta}} = \frac{11260}{20000} e^{\frac{129 - 130}{15,385}} = 0,528 \quad (6)$$

выработанный ресурс подшипников

$$R_{POD} = \frac{T}{T_0} e^{\frac{\theta_{П} - \theta_{П}^0}{\Delta\theta}} = \frac{11260}{20000} e^{\frac{98 - 130}{15,385}} = 0,494 \quad (7)$$

Уровень несимметрии фазных токов определяется по методу симметричных составляющих:

$$I_{2,\%} = \frac{I_2}{I_1} \times 100 = \frac{7,8}{237,7} \times 100 = 3,28\% \quad (8)$$

По построенной нечеткой модели определяется общий выработанный ресурс двигателя АД1 (рис. 2):

$$S_{\text{АД1}} = \varphi(R_{\text{ISOАД1}}, R_{\text{ПОДАД1}}, I_{2\text{АД1}}, W_{\text{АД1}}) = \\ = \varphi(0,528; 0,494; 3,28; 0,2) = 0,586 \quad (9)$$

АД1 находится в эксплуатации 15 мес. Со статистической функции  $F(t)$  [4] определяются значения  $F(t_1)$  и  $F(t_2)$  для обоих двигателей ( $t_2 = t_1 + \Delta t = t_1 + 3$ ):

$$F(t_1) = F(15) = 0,48, F(t_2) = \\ = F(18) = 0,563 \quad (10)$$

Двигатель на момент времени  $t_1$  находился в работоспособном состоянии, таким образом вероятности  $p(H_1)$  и  $p(H_2)$  определяются по [1]:

$$p(H_1) = \frac{F(t_2) - F(t_1)}{1 - F(t_1)} = \frac{0,563 - 0,48}{1 - 0,48} = 0,16; \\ p(H_2) = 1 - p(H_1) = 1 - 0,16 = 0,84 \quad (11)$$

Условные вероятности  $p(B/H_1)$  и  $p(B/H_2)$  определяются на интервалах шкалы Харрингтона с использованием композиционного правила Заде:

$$p\left(\frac{B}{H_1}\right) = 0,543; p\left(\frac{B}{H_2}\right) = 0,406 \quad (12)$$

По формуле Байеса определяются вероятности отказа двигателей АД1 на интервале времени  $\Delta t = 3$  мес.:

$$p\left(\frac{H_1}{B}\right) = \frac{p(H_1) * p(B/H_1)}{p(H_1) * p(B/H_1) + p(H_2) * p(B/H_2)} = \\ = \frac{0,16 * 0,543}{0,16 * 0,543 + 0,84 * 0,406} = 0,203 \quad (13)$$

Для определения вероятности режимного отказа двигателя АД1  $p(H_1/D)$  по предложенному выше алгоритму, выполнено 250 реализаций схемы ИСМ подсистемы СКС двигателем АД1. Подкласс элементов  $N_1$ , отказ которых может привести к режимному отказу двигателей составили:

- ◆ выключатели В1-В4, В6, В9-В11, В15, В16, В17, В19, В20, В21, В23, В26;
- ◆ трансформаторы Т1-Т4;
- ◆ линии Л1-Л7.

При отказе этих элементов возможны следующие сценарии развития аварии в подсистеме, из-за которых нарушается работа АД1 (события из множества М):

- ◆ нарушение статической устойчивости АД1;

- ◆ нарушение динамической устойчивости АД1;
- ◆ отключение АД1 от сети (при отказе В23).

По результатам ИСМ выявлено 13 режимов в которых наблюдалась отказ АД1. Таким образом вероятность режимного отказа двигателя на интервале времени  $\Delta t = 3$  мес составляет:

$$p\left(\frac{H_1}{D}\right) = \frac{13}{250} = 0,052 \quad (14)$$

Вероятность отказа двигателя АД1 на интервале времени  $\Delta t = 3$  мес с учетом ТС и режима подсистемы определяется по формуле сложения вероятностей независимых событий:

$$p\left(\frac{H_1}{B, D}\right) = \\ = p\left(\frac{H_1}{B}\right) + p\left(\frac{H_1}{D}\right) - p\left(\frac{H_1}{B}\right) * p\left(\frac{H_1}{D}\right) = \\ = 0,203 + 0,052 - 0,203 * 0,052 = \\ = 0,244 \quad (15)$$

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

- 1) разработан нечетко-статистический подход к оценке эксплуатационной и режимной надежности электрооборудования, который реализован на примере АД. Определение вероятности отказа АД на интервале времени выполняется с учетом его ТС и режима подсистемы СКС, который позволяет определить вероятности отказа АД в условиях многих неопределенностей, таких как случайность отказов оборудования, стохастический характер режима подсистемы СКС, сценарий развития аварии и ее последствия, ограниченность входящей информации;
- 2) в условиях отсутствия адекватного математического описания процессов, происходящих в АД, для оценки его ТС разработана нечеткая модель, которая позволяет выполнить экспресс-оценку состояния двигателя с использованием его параметров и характеристик, которые можно получить без отключения двигателя от сети;
- 3) для получения более полной оценки вероятности режимного отказа АД на интервале времени целесообразно расширить множество сценариев развития аварии при которых происходит отказ АД. Расширение этого множества можно достигнуть учетом отключений АД из-за отказа кабеля,

действия устройств РЗ и перегрузок при дефектах механической части объекта;

4) дальнейшее развитие данной работы заключается в обобщении разработанного подхода к оценке

режимной надежности объектов подсистем СКС, разработке методов кластеризации объектов подсистемы СКС по уровню влияния на надежность электроснабжения и в разработке методов обнаружения слабых объектов подсистемы СКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колтыгин Д.С., Седельников И. А. Классификация систем управления робототехническими комплексами // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2016. № 1.
2. Кругликов С.В., Кругликов А. С. Формализация задач управления гетерогенным робототехническим комплексом // В сборнике: VIII Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2016) Труды. Рецензенты: Ю. А. Флёров, А. А. Васин, 2016.
3. Парфенов В.Г., Кулаков Ф. М., Охтилев М. Ю., Соколов Б. В. Проактивные технологии управления многофункциональными робототехническими комплексами // В сборнике: Информационные технологии в управлении (ИТУ-2016) Материалы 9-й конференции по проблемам управления. Председатель президиума мультikonференции В. Г. Пешехонов, 2016.
4. Петров В.Ф., Терентьев А. И., Симонов С. Б., Корольков Д. Н., Комченков В. И., Архипкин А. В. Задачи группового управления роботами в робототехническом комплексе пожаротушения // Труды СПИИРАН, 2016. № 2 (45).
5. Пехтерев В. И. Возможности предварительной ориентации деталей в робототехнических комплексах // Молодой ученый, 2016. № 28 (132).
6. Савин М.В., Литвин П. М. Наземные робототехнические комплексы для охраны лесов от пожаров: опыт применения // В книге: XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России Материалы конференции. В 2-х частях, 2017.
7. Скляр С.В., Тикменев В. Н. Формирование комплекта средств автоматизации управления многофункциональными мобильными робототехническими комплексами // Электронные информационные системы, 2016. № 4 (11).
8. Харечкин П. В. Исследование угроз информационной безопасности робототехническим комплексам // В сборнике: Проблемы информационной безопасности. Материалы VI Всероссийской научной конференции, 2016.
9. Цариченко С.Г., Еремина Т.Ю., Еремин Ю. С., Скачков В. Н. Мобильно-позиционированные робототехнические комплексы пожаротушения // Пожарная безопасность, 2016. № 4.

© Можаяев Александр Григорьевич ( ogpn46@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ МОДИФИКАЦИЙ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА РОЯ ЧАСТИЦ

## ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF SOME MODIFICATIONS OF THE CLASSICAL PARTICLE SWARM

*P. Tkachenko*

*Summary.* There is the algorithms analysis of the swarm of particles used in search problems carried out. Modern methods of computer technology and robotics allow remote control and collection of information from a swarm of mechanical particles-robots. A distinctive feature of the method is teaching without a teacher, information exchange between particles, adaptive behavior of the swarm particles.

*Keywords:* Particle swarm organization, search, bioinspired methods, control algorithms, artificial intelligence, industrial safety, oil pipelines, robotics.

**Ткаченко Павел Григорьевич.**

*К.п.н., ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»  
expertnovo@gmail.com*

*Аннотация.* Проведён анализ алгоритмов управления роем частиц, используемых в поисковых задачах. Современные методы вычислительной техники и робототехники позволяют осуществлять удаленное управление и сбор информации от роя механических частиц-роботов. Отличительной особенностью метода являются обучение без учителя, обмен информацией между частицами, адаптивное поведение частиц роя.

*Ключевые слова:* управление роем частиц, поиск, биоинспирированные методы, управляющие алгоритмы, искусственный интеллект промышленная безопасность нефтепроводов, робототехника.

### Введение

Особое место среди стохастических методов оптимизации принадлежит биоинспирированным эвристическим методам, основанным на имитации естественных процессов, заимствованных у живой природы, и реализующим адаптивный случайный поиск, среди которых различают эволюционные и поведенческие методы оптимизации.

Наибольшую известность среди эволюционных метаэвристических методов оптимизации получили генетические алгоритмы, применение которых широко освещено в обширной специальной литературе и описание которых не является целью представленной статьи. В свою очередь поведенческие методы основаны на моделировании коллективного поведения самоорганизующихся систем, состоящих из взаимодействующих элементов.

Таким образом, поведенческие метаэвристические методы оптимизации моделируют не эволюцию, а коллективный разум. В основе поведенческих метаэвристических методов оптимизации заложена бионическая идея коллективной адаптации, т.е., механизм распространения информации в «стае», «рое», «косяке», что обусловлено превосходством группового интеллекта над умственными способностями одного отдельного индивидуума.

В настоящее время известным для является целый ряд бионических популяционных метаэвристических

поведенческих алгоритмов, среди которых муравьиный, пчелиный, кукушки, светлячков, обезьяний, бактерий и другие.

Особое место среди них принадлежит алгоритму оптимизации роем частиц (Particle Swarm Optimization — PSO), что обусловлено возможностью его применения для эффективного решения широкого круга задач оптимизации, в том числе непрерывной, дискретной, комбинаторной и многокритериальной.

Описание классического метода PSO достаточно широко освещено в специальной литературе, в связи с чем в данной работе не приводится.

В методе оптимизации роем частиц всегда есть вероятность, особенно при большом количестве связей в рое, что полученное решение может оказаться локальным оптимумом. С целью повышения глобальных поисковых свойств метода, а также увеличения скорости его сходимости, разработано множество различных модификаций классического метода PSO.

Учитывая развитие современной вычислительной и робототехники, описанные ниже методы управления роем роботизированных частиц могут быть использованы для обеспечения промышленной безопасности магистральных нефтепроводов, так как являются одним из наиболее эффективных способов для обнаружения утечек нефти при авариях или несанкционированном отборе.

Рассмотрим некоторые из них.

Метод полностью информированного роя (FIPS –fully informed PSO)

В FIPS [1, 2] сделана попытка учитывать при поиске оптимума не только информацию, предоставляемую лучшим соседом, но использовать прошлый опыт всех соседей. В методе FIPS степень влияния каждого  $k$ -го соседа при обновлении  $j$ -й компоненты скорости  $i$ -й частицы задается с применением весовых коэффициентов  $\varphi_{kj}^{(i)}$ :

$$v'_{ij} = wv_{ij} + c_1r_1(p_{ij} - x_{ij}) + c_2r_2 \frac{\sum_k \varphi_{kj}^{(i)}(p_{kj} - x_{ij})}{\sum_k \varphi_{kj}^{(i)}}.$$

При соответствующем выборе весов, такая модификация позволяет усилить влияние тех соседних частиц, которые имеют лучшие значения целевой функции. В качестве веса  $\varphi_{kj}^{(i)}$  можно использовать, например, величину, обратную значению целевой функции от наилучшего решения, найденному  $k$ -м соседом  $i$ -й частицы или величине, обратной расстоянию между лучшими решениями, найденными  $k$ -й и  $i$ -й частицами.

При использовании таких весов в некоторых случаях весовые коэффициенты могут принимать какое угодно большое положительное значение. Поэтому удобнее применять нормированные значения  $\varphi_k \in [0,1]$ :

$$\varphi_k = \frac{f_{\max} - f(\mathbf{p}_k)}{f_{\max} - f_{\min}},$$

$$\varphi_{kj}^{(i)} = 1 - \frac{|p_{kj} - p_{ij}|}{x_{\max j} - x_{\min j}}.$$

где  $f_{\max}, f_{\min}$  — соответственно максимальное и минимальное значение целевой функции, найденное за все предыдущие итерации.

Избежать возможных трудностей также позволяет разновидность метода полностью информированного роя с рангами (ranked FIPS) [3].

Ранжированный метод FIPS обеспечивает меньшее влияние на данную частицу топологии соседства частиц, так что увеличение количества информаторов в рое не приводит к явлению преждевременной сходимости (из-за убывания рангов со скоростью геометрической прогрессии).

Метод роя частиц, основанный на отношении «значение-расстояние» (FDR PSO – fitness-distance ratio based PSO)

Данный метод предложен в работе [4] и отличается от канонического PSO добавлением еще одного слагаемого в формулу обновления частиц роя. В FDR PSO для каждой  $j$ -й частицы рассчитываются значения

$$FDR(\mathbf{p}_j, \mathbf{p}_i) = \frac{f(\mathbf{p}_j) - f(\mathbf{p}_i)}{\|\mathbf{p}_j - \mathbf{p}_i\|}, \quad i = \overline{1, s} \quad (1)$$

и определяется какая из них по отношению к  $i$ -й имеет наименьшую величину критерия «значение-расстояние»:

$$\text{для всех } j = \overline{1, s}, k_i \text{ соответствует } \min_{j \neq i} FDR(\mathbf{p}_j, \mathbf{p}_i).$$

После этого скорости частиц обновляются по правилу:

$$v'_{ij} = wv_{ij} + c_1r_1(p_{ij} - x_{ij}) + c_2r_2(g_{ij} - x_{ij}) + c_3r_3(p_{k_i j} - x_{ij}),$$

где  $p_{k_i j}$  — наилучшее решение, найденное  $k_i$ -м соседом  $i$ -й частицы, с минимальным значением, вычисляемым по формуле (1).

Как и в случае канонического PSO, если найденная  $k_i$ -я частица является одновременно наилучшим соседом во всем рое, то необходимость в третьем слагаемом отпадает.

Величина FDR с точностью до знака представляет собой приближенное значение градиента в точке  $i$ , что в ряде случаев позволяет улучшить локальный поиск в ее окрестности. В тоже время, введение нового параметра  $c_3$  требует дополнительного времени на «настройку» алгоритма.

Метод роя частиц с дополнением графа соседних частиц (DS PSO – dynamic sociometry PSO)

Алгоритм DS PSO предложен в работах [5, 6]. Идея метода состоит в том, чтобы на ранних этапах поиска во избежание преждевременной сходимости к одному из локальных оптимумов использовать меньшее количество связей в рое. На заключительных же этапах количество соседей нужно увеличить, что может повысить скорость сходимости к глобальному оптимуму.

В методе DS PSO на первых итерациях оптимизации используется сильно разреженный граф соседства частиц, который обеспечивает широкий обзор поискового пространства (диверсификацию). Через фиксированное количество итераций в этот граф по некоторому правилу добавляется новое ребро.

Таким образом, на ранних стадиях поиска в DS PSO реализуется стратегия глобального исследования (обзор), а на заключительных — производится уточнение полученного решения (поиск).

Если в начале поиска каждая из  $s$  частиц роя вообще не имеет соседей (информирует только себя), а по истечению  $I$  итераций требуется получить топологию «звезда» (полностью связанный граф), то потребуется установить  $s(s - 1)$  связей. Для этой цели новую связь нужно устанавливать каждые  $k = I/s(s - 1)$  итераций. Для перехода от топологии «кольцо» к полносвязной топологии нужно соответственно генерировать новую связь через  $k = I/s(s - 3)$  итераций. Также возможен вариант установки связи  $L_{ij}$  случайным образом: добавлением в  $i$ -ю строку  $j$ -го столбца матрицы инцидентности значения «1».

При этом нет гарантии, что по истечении  $k$  итераций граф станет полносвязным (из-за возможности повторного назначения одной и той же связи), но в любом случае он будет иметь больше ребер, чем в начале.

Основной сложностью метода DS PSO является неопределенность в выборе параметра  $I$ , так как неизвестно, сколько ориентировочно нужно итераций для окончания процесса оптимизации.

### Адаптивный PSO (APSO)

В алгоритме оптимизации роем частиц есть ряд параметров (величины коэффициентов  $w, c_1, c_2$ ; размер роя  $s$ , тип используемой топологии связей), оптимальные значения которых для разных решаемых задач могут быть разными. Вектор значений свободных параметров алгоритма называется его стратегией. Стратегия алгоритма оптимизации в значительной степени определяет его эффективность. Поэтому возникает задача поиска оптимальной стратегии этого алгоритма, которая называется задачей метаоптимизации. Ее решают численными методами, которые можно разделить на две группы — методы управления параметрами и методы настройки параметров [7].

Метод *однократной настройки* параметров является классическим методом метаоптимизации. Его идея состоит в том, что базовый алгоритм оптимизации многократно выполняется при различных стратегиях на большом числе задач, принадлежащих рассматрива-

емому одному классу. Основной проблемой данного метода является экспоненциальный рост вычислительных затрат при увеличении числа параметров в стратегии базового алгоритма.

В методах *управления параметрами* задача метаоптимизации решается в процессе решения исходной задачи оптимизации.

При *адаптивном управлении* алгоритм метаоптимизации надстраивается над базовым алгоритмом оптимизации и использует информацию, получаемую в процессе функционирования последнего. Для проведения адаптации, как правило, применяется какое-либо эвристическое правило.

В методах *самоадаптивного управления* параметры стратегии включаются в вектор варьируемых параметров исходной задачи, расширяя тем самым пространство поиска. В результате базовый алгоритм начинает выполнять функции метаоптимизации.

Вариант адаптации величины коэффициента  $w$ , предложенный в методе PSO-IIWSS (Individual Parameter SelectionStrategy) [8] основывается на следующей идее: если значение целевой функции у одной из частиц лучше, чем у другой, то вероятность того, что глобальный оптимум находится в ее окрестности выше. И наоборот, если частица находится в неперспективной области пространства, то имеет смысл покинуть ее как можно быстрее. Описанного результата можно добиться, регулируя величину инерционного коэффициента  $w$  каждой частицы. Его уменьшение приводит к более быстрому уменьшению скорости частицы, что может быть полезно для локального поиска. Более высокие значения параметра  $w$  приводят к более медленному уменьшению скорости и возможности посещать более отдаленные участки пространства поиска. Для этой цели, текущее значение инерционного коэффициента  $i$ -й частицы роя проще всего определять по формуле:

$$w_i = w_{\min} + (w_{\max} - w_{\min}) \cdot \left( \frac{f(\mathbf{x}_i) - f(\mathbf{x}_{best})}{f(\mathbf{x}_{worst}) - f(\mathbf{x}_{best})} \right),$$

где  $w_{\min}, w_{\max}$  — верхняя и нижняя допустимые границы изменения инерционного коэффициента;  $x_{best}, x_{worst}$  — соответственно лучшее и худшее положения частиц в рое в текущий момент времени.

Таким образом, каждая частица обладает своим значением инерционного коэффициента  $w_i$ , и его величина меняется в зависимости от текущей позиции частицы и общего состояния роя.

Таблица 1. Результаты расчета

f	RankedFIPS	FDRPSO	DSPSO	PSO-IIWSS	IA-PSO
f <sub>1</sub>	38,8	36,6	0	113,2	0
f <sub>2</sub>	6·10 <sup>5</sup>	8·10 <sup>5</sup>	0	1,5·10 <sup>6</sup>	0
f <sub>3</sub>	183,4	183,3	1·10 <sup>-13</sup>	171,6	0
f <sub>4</sub>	3,5·10 <sup>3</sup>	7·10 <sup>3</sup>	3,8	1,2·10 <sup>4</sup>	32,1
f <sub>5</sub>	118,3	206,8	116,9	146,7	83,2

Чтобы уменьшить вероятность преждевременной сходимости алгоритма в работе [9] предложен метод IA-PSO, являющийся модификацией классического алгоритма оптимизации роем частиц. В нем для вычисления инерционных коэффициентов, значение которых индивидуально для каждой частицы, применяется формула:

$$w_i = w_0 \cdot (1 - dist_i / max\_dist),$$

где  $w_0 = rand(0.5,1)$ ;  $dist_i$  — текущее евклидово расстояние от  $i$ -й частицы до глобального решения роа, определяемое как

$$dist_i = \sqrt{\sum_{j=1}^d (g_j - x_{ij})^2},$$

а  $max\_dist$  — наибольшее расстояние от частиц до глобального решения, найденного роем на текущей итерации алгоритма, то есть:

$$max\_dist = \arg \max_i (dist_i).$$

Благодаря предложенной коррекции инерционного коэффициента, при значительном удалении частицы от глобального решения роа  $g$  притяжение к нему усиливается, так как в этом случае параметр  $w$  уменьшается, скорость частицы уменьшается и, как следствие, она перестает отдаляться от этого решения. Чтобы избежать преждевременной сходимости, нужно быть уверенным, что частицы обладают достаточной мобильностью на последних этапах оптимизации. Для достижения этой цели уравнения обновления положений частиц модифицируется в соответствии с зависимостью:

$$x'_{ij} = (1 - \rho) x_{ij} + v_{ij},$$

где  $\rho$  — случайное число с равномерным законом распределения на интервале  $[-0,25; 0,25]$ . Для когнитивного и социального параметров в [9] рекомендуется использовать значения  $c_1 = c_2 = 2$ .

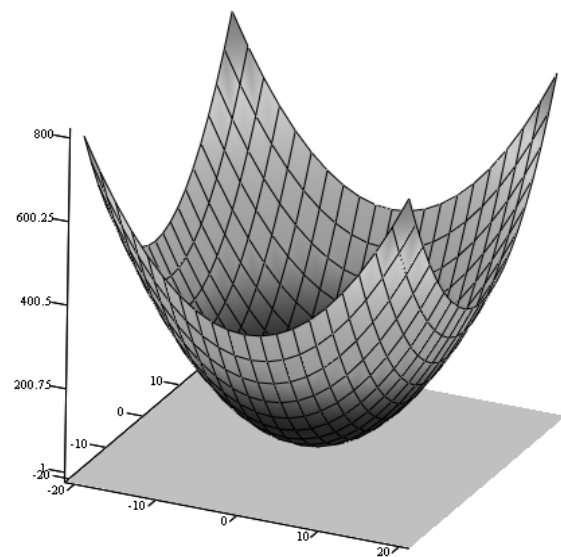


Рис. 1. Графическое представление сферической функции

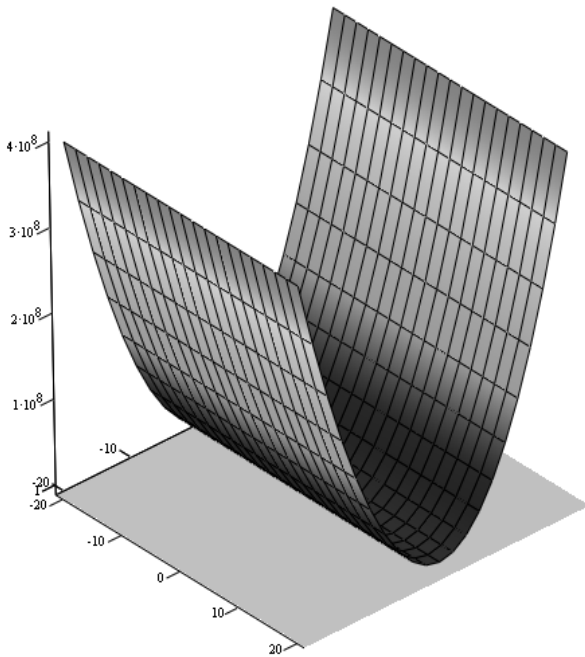
Верификация алгоритмов оптимизации роем частиц

Одним из основных способов проверки поисковых возможностей оптимизационных алгоритмов является их верификация с использованием тестовых функций. При этом желательно, чтобы применяемые функции обладали различными типами топографии и допускали свое расширение на произвольную размерность пространства поиска.

В представленной работе в качестве тестовых функций использовались следующие:

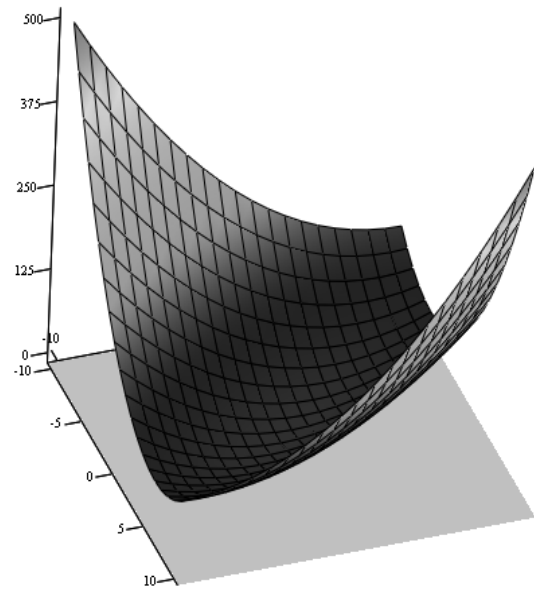
сферическая:  $f_1 = \sum_{i=1}^d x_i^2$ ;





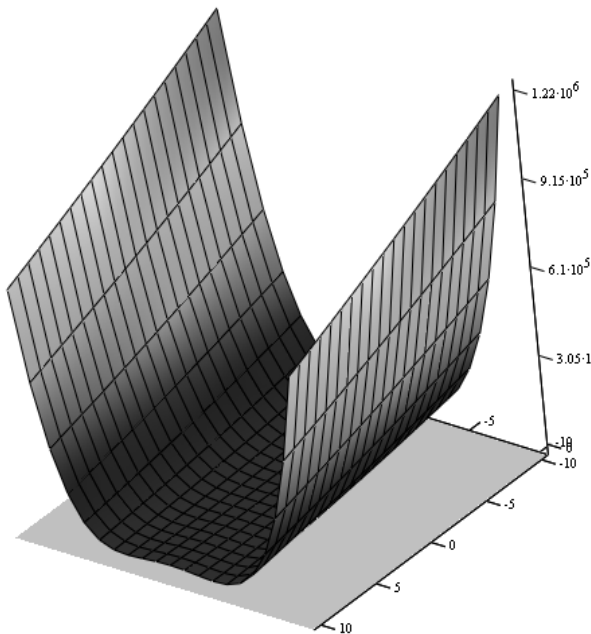
$f_2$

Рис. 2. Графическое представление эллиптической функции



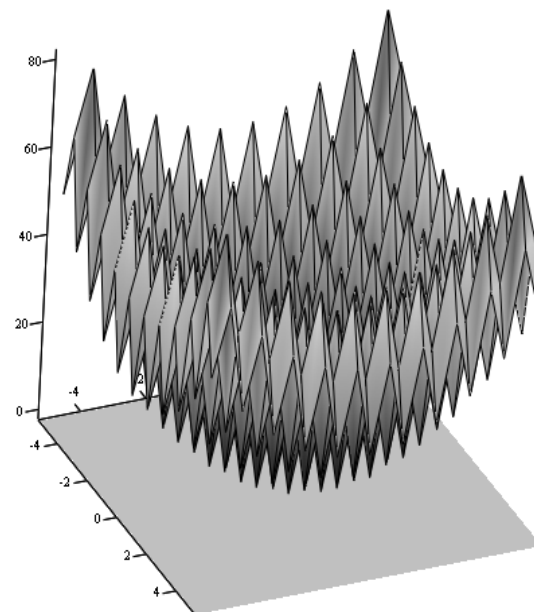
$f_3$

Рис. 3. Графическое представление функции Швифела 1.2



$f_4$

Рис. 4. Графическое представление функции Розенброка



$f_5$

Рис. 5. Графическое представление функции Растригина

эллиптическая:

$$f_2 = \sum_{i=1}^d (10^6)^{\frac{i-1}{d-1}} x_i^2;$$

функция Швифела 1.2:

$$f_3 = \sum_{i=1}^d \left( \sum_{j=1}^i x_j \right)^2;$$

функция Розенброка:

$$f_4 = \sum_{i=1}^{d-1} \left( 100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (1 - x_i)^2 \right);$$

функция Растригина:

$$f_5 = \sum_{i=1}^d (x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10).$$

Графическое представление данных функций при условии  $d = 2$  продемонстрировано на рисунках 1–5.

## Результаты сравнения различных модификаций PSO

Дадим сравнительную оценку эффективности рассмотренных выше модификаций метода оптимизации роем частиц для значения  $d$ , равного 40.

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

## Выводы

1. С целью повышения глобальных поисковых свойств PSO, а также увеличения скорости его сходимости, разработано множество различных модификаций классического метода PSO, которые рассмотрены в данной статье.
2. В представленной статье в качестве тестовых функций использовались сферическая и эллиптическая функции, а также функции Швифела 1.2, Розенброка и Растригина.
3. На основании полученных выше данных можно сделать вывод, что наилучшие поисковые качества имеют алгоритмы DS PSO и IA-PSO.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mendes R. The fully informed particle swarm: Simpler, maybe better / R. Mendes, J. Kennedy, J. Neves // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. — 2004.
2. Mendes R. Watch thy neighbor or how the swarm can learn from its environment / R. Mendes, J. Kennedy, J. Neves // Proceedings of the Swarm Intelligence Symposium 2003. — IEEE, 2003.
3. Карпенко А. П. Обзор методов роя частиц для задачи глобальной оптимизации / А. П. Карпенко, Е. Ю. Селиверстов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. — 2009. — № 3.
4. Veeramachaneni K. Optimization Using Particle Swarm with Near Neighbor Interactions / K. Veeramachaneni, Th. Peram, Ch. Mohan, L. A. Osadciw // Lecture Notes Computer Science. — Springer Verlag, 2003.
5. Richards M. Dynamic Sociometry in Particle Swarm Optimization / M. Richards, D. Ventura // Proceedings of the Joint Conference of Information Sciences. — 2003.
6. Mohais A. S. Neighborhood Re-structuring in Particle Swarm Optimization / A. S. Mohais, R. Mendes, Ch. Posthoff // Proceedings of the Australian Conference of Artificial Intelligence. — 2005.
7. Карпенко А. П. Метод метаоптимизации поисковых алгоритмов оптимизации / А. П. Карпенко, З. О. Свианадзе // Электронное научно-техническое издание. — 2011.
8. Cai X. Individual Parameter Selection Strategy for Particle Swarm Optimization / X. Cai, Z. Cui, J. Zeng, Y. Tan // Tech Education and publishing, 2009.
9. Suresh K. Inertia-Adaptive Particle Swarm Optimizer for Improved Global Search / K. Suresh, S. Ghosh, D. Kundu, A. Sen [et. al.] // Intelligent Systems Design and Applications. — 2008.

© Ткаченко Павел Григорьевич (expertnovo@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## СКРИНИНГ СИНДРОМА БОЛЕВОЙ ДИСФУНКЦИИ ВНЧС ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

### SCREENING OF SYNDROME OF PAIN DYSFUNCTION TMJ WHEN CARRYING OUT DENTAL IMPLANTATION

**A. Arkhipov**  
**V. Arkhipov**  
**V. Arkhipov**  
**S. Maruk**

*Summary.* the Main cause of TMJ disorder from 172 patients who applied for treatment of pathology of the TMJ was dental procedures (n = 106, 61,7%). These patients constituted the control group

When examined 265 patients who applied for carrying out a dental implantation and subsequent prosthetics at 204 (77.1 percent) showed signs of BS of TMJ dysfunction. 112 (54.9 percent) of patients diagnosed with dysfunction of mild severity. Provides diagnosis and peculiarities of implantation at this stage of the disease.

*Keywords:* dysfunction of the temporomandibular joint, presledovanie supercontact, temporomandibular disorder.

**Архипов Алексей Вячеславович**

Д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Архипов Вячеслав Дмитриевич**

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Архипов Вячеслав Яковлевич**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Марук Станислав Иванович**

Врач-стоматолог, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

arhipov0163@mail.ru

*Аннотация.* Основной причиной возникновения дисфункции ВНЧС у 172 пациентов обратившихся для лечения патологии ВНЧС являлись стоматологические манипуляции (n = 106, 61,7%). Эти пациенты составили контрольную группу.

При обследовании 265 пациентов обратившихся для проведения дентальной имплантации и последующего протезирования у 204 (77,1%) выявлены признаки БС дисфункции ВНЧС. У 112 (54,9%) пациентов диагностирована дисфункция лёгкой степени тяжести. Приводится диагностика и особенности проведения имплантации на этой стадии заболевания.

*Ключевые слова:* скрининг дисфункция височно-нижнечелюстного сустава, пришлифовывание суперконтактов, temporomandibular disorder.

**В** настоящее время публикуется значительное количество работ, посвящённых патологии височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). В западной медицине это называется temporomandibular disorder [9]. На русский язык этот диагноз можно перевести «Височно-нижнечелюстное нарушение». В отечественной литературе чаще используется термин синдром болевой дисфункции ВНЧС, который являются наиболее распространённым неodontогенным болевым синдромом в челюстно — лицевой области.

Синдром болевой дисфункции ВНЧС — нарушение координированной функции жевательных мышц и взаимного расположения элементов ВНЧС, что приводит к пространственным нарушениям [7]. Изменения окклюзии могут являться причиной возникновения дисфункции или её проявлением [6].

В отечественной и иностранной литературе почти не рассматривается диагностика и тактика врача при начальных проявлениях патологии со стороны жевательных мышц и ВНЧС. При проведении скринингового исследования авторы в основном анализируют жалобы пациентов с выраженными проявлениями болевой дисфункции [2, 3]. Ранние проявления заболевания рассматривают единичные авторы [5]. Между тем вторичная профилактика заболеваний необходима для выявления и лечения заболеваний на ранних стадиях для своевременного устранения факторов риска, что позволяет устранить причины данной патологии и предупредить прогрессирование данного патологического процесса [5].

#### Цель исследования

Разработка методов активного выявления лиц, обратившихся за оказанием стоматологической помощи,

с начальными проявлениями дисфункции ВНЧС и разработка рекомендаций для проведения лечебно-диагностических мероприятий у пациентов в зависимости от тяжести заболевания.

## Материал и методы исследования

Проанализированы причины возникновения дисфункции ВНЧС у 172 пациентов обратившихся в клинику для лечения патологии ВНЧС [1]. Эти пациенты составили контрольную группу.

С целью выявления патологии ВНЧС обследовано 265 пациентов обратившихся для проведения дентальной имплантации и последующего протезирования (основная группа). Основными жалобами у этих пациентов было отсутствие зубов, диагноз дисфункции устанавливался после изучения анамнеза и обследования.

У 61 пациента (22,9%) из 265 при открывании рта нижняя челюсть смещалась плавно, отсутствовали боковые смещения нижней челюсти, боли в суставе и жевательных мышцах. Отсутствие у них и других симптомов поражения ВНЧС и жевательных мышц позволило исключить у них патологию ВНЧС и жевательных мышц

У 204 (77,1%) из 265 пациентов выявлены признаки БС дисфункции ВНЧС.

У 112 (54,9%) из 204 пациентов с **дисфункцией лёгкой степени тяжести** заболевание характеризовались отсутствием плавности при открывании рта, смещением нижней челюсти в стороны при открывании рта, не физиологическим положением нижней челюсти в состоянии покоя.

Зубы верхней и нижней челюсти должны находится в контакте только при жевании, глотании и при откусывании пищи фронтальными зубами. В остальных ситуациях (читаем, смотрим телевизор, ходим и др.) расстояние между зубами 2–4 мм [1]. Это правило для нормального функционирования зубочелюстной системы было нарушено.

Эти пациенты не предъявляли жалоб и не испытывали дискомфорта в области мышц и суставов. При внутритротоковой пальпации определялась болезненность в области латеральных крыловидных мышц и сухожилия височных мышц на уровне венечного отростка и переднего края ветви нижней челюсти с одной или двух сторон.

Нами установлено, что на стороне преждевременно окклюзионного контакта зубов поражаются латеральная крыловидная мышца, а на противоположной стороне — височная.

**Пациентам с дисфункцией лёгкой степени тяжести** в течении 3–5 недель проводили аутотренинг, уменьшали речевую нагрузку, рекомендовали двустороннее пережевывание пищи, исключали физические нагрузки и рекомендовали нормализовать сон. Ограничивали объём открывания рта до пределов, когда не возникает смещения челюсти в сторону. Пациентам рекомендовали избавиться от скользящих движений нижней челюсти вперёд и в стороны, освоить шарнирные движения нижней челюсти вверх и вниз, пищу не откусывать, а вводить её в полость рта в объёме комфортном для жевания. Это упрощает функцию жевательных мышц сводя её до периода первых дней жизни новорождённого.

Рекомендовали пищу мягкой консистенции (кефир, картофельное пюре, творог, супы, омлеты, рыбу, каши, вареные фрукты, овощи). Продукты перед употреблением нарезают небольшими кусочками, чтобы уменьшить необходимость в пережевывании и широко открывать рот. Исключают твердые продукты (булочки с твердой коркой, сушки, сырую морковь), продукты, требующие длительного жевания (карамель, ириски), а также крупные куски пищи и фрукты, откусываемые широко открытым ртом.

Во время приёма пищи пациент не отвлекается: не читает, не смотрит телевизор, а концентрирует всё своё внимание на жевании.

После устранения симптомов дисфункции пациент ежедневно 4–6 раз в сутки по 5–6 минут выполняет перед зеркалом комплекс шарнирных, боковых и передних движений нижней челюсти, которые не должны сопровождаться болевыми ощущениями.

При санации полости рта исключалось длительное нахождение пациента в кресле с широко открытым ртом.

Избирательное шлифование зубов по данным выявленным при помощи копировальной бумаги проводили только там, где располагались искусственные пломбы или зубные протезы (96 пациентов, 85,7%).

Сошлифовывание твердых тканей коренных зубов — необратимый процесс, он может вызвать компрессию в суставе, дистальное смещение суставных головок. Шлифовывание суперконтактов на уровне бугров зуба при грубой патологии окклюзии (9 пациентов, 8%) проводили согласно результатам сканирования аппаратом T-Scan III. У 7 пациентов (6,3%) шлифовывание не проводилось.

На период между I и II этапами имплантации всем пациентам изготавливали временные лечебные съёмные

или несъемные зубные протезы. В процессе лечения постоянно контролировали контакты между зубами, состояние ВНЧС и жевательных мышц.

Постоянные протезы фиксировали после устранения симптомов дисфункции ВНЧС.

**Пациенты с дисфункцией средней степени тяжести** (87 больных, 42,6% из 204 обследованных) предъявляли жалобы на щёлканье в ВНЧС, боли в области ВНЧС.

Имелись и другие симптомы описанные в 1934 году американским врачом-отоларингологом J. V. Costen [8]. Этим пациентам проводилось комплексное индивидуальное лечение: аутогенная тренировка, лечебная гимнастика, медикаментозная терапия, физиотерапия, ортопедическое устранение окклюзионных нарушений.

**Жалобы пациентов с дисфункцией тяжелой степени тяжести** (5 пациентов, 2,5%) были аналогичны жалобам пациентов с дисфункцией средней степени тяжести. Однако у них при анализе конусно-лучевых томограмм были выявлены значительные изменения окклюзии, ВНЧС или в суставном отростке. При лечении этих пациентов использовали хондропротекторы и принципы нейромышечной стоматологии, что позволяло восстановить правильные функциональные отношения между челюстями.

## Результаты и обсуждение

Анализ анамнестических данных показал, что развитию синдрома дисфункции ВНЧС предшествовали: травматическое удаление зубов, воспалительные заболевания челюстно-лицевой области, общее и местное переохлаждение, стоматологическое ортопедическое лечение, бруксизм, ортодонтическое лечение, направленное на восстановление зубных рядов, длительное существование вторичной адентии, длительное пребывание с открытым ртом на стоматологическом приёме.

При анализе причин возникновения дисфункции ВНЧС у 172 пациентов контрольной группы обратившихся в клинику для лечения патологии ВНЧС, мы установили, что у большинства пациентов ( $n = 106$ , 61,7%) в период от 2 до 18 месяцев до клинических проявлений дисфункции были проведены стоматологические манипуляции. Следующей по частоте причиной была стрессовая ситуация — 36 (20,9%) человек. С переохлаждением и простудой дисфункцию связывали 16 (9,3%) обследуемых, у остальных 14 (8,1%) больных симптоматика развивалась без видимых причин. У ряда больных отмечалось сочетание нескольких провоцирующих факторов в возникновении заболевания

У 101 (90,2%) из 112 пациентов с **дисфункцией лёгкой степени тяжести**, обратившихся для проведения дентальной имплантации, на момент фиксации ортопедической конструкции (основная группа) отсутствовали симптомы патологии ВНЧС. Пациентам ( $n = 11$ , 9,8%), у которых сохранялись симптомы дисфункции, дополнительно проведена медикаментозная терапия с использованием элементов нейромышечной стоматологии.

При повторном осмотре 112 пациентов через 1 год после лечения в основной группе выявлен рецидив заболевания у 7 человек (6,2%), который был устранён после проведения диагностики и комплексного лечения.

Таким образом, перед проведением стоматологических манипуляций, даже при отсутствии жалоб, необходимо проанализировать состояние окклюзии, провести пальпацию височных и наружных крыловидных мышц. Проведение стоматологических манипуляций, при наличии начальных симптомов дисфункции, часто приводит к утяжелению болевого синдрома дисфункции ВНЧС. Диагностика и лечение пациентов с дисфункцией лёгкой степени тяжести при проведении предоперационной санации полости рта, имплантации и протезирования создаёт благоприятные условия для длительного функционирования ортопедического протеза фиксированного на дентальных имплантатах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аболмасов Н. Н. Избирательная шлифовка зубов. Смоленск 2004. — 92 с.
2. Арушанян А. Р. Оценка распространенности симптомов мышечно-суставной дисфункции у лиц, обращающихся в стоматологическую поликлинику / А. Р. Арушанян, [и др.] — Бюллетень медицинских Интернет-конференций, Vol. 5, Issue 12, 2016, pp. 1755–1756.
3. Гелетин П. Н. Способ диагностики синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / П. Н. Гелетин [и др.] // Российский стоматологический журнал. — (Москва). — 2016. — Том: 20. — № 2. — С. 82–84.
4. Лечение височно-нижнечелюстных расстройств / В. Д. Архипов [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. Успехи современной науки и образования. № 9, Том 3, 2016. — С 148–151.
5. Мишутин Е. А. Результаты оценки индивидуально-типологических особенностей психологического статуса больных с внутренними нарушениями височно-нижнечелюстного сустава и пациентов группы сравнения / Е. А. 6. Мишутин // Смоленский медицинский альманах. — 2016, № 1. — С. 152–155
6. Поспелов А. Н. Окклюзионные нарушения в зубных рядах при повышенной стираемости твердых тканей зубов / А. Н. Поспелов, В. В. Коннов, А. А. Бизяев, А. Г. Прошин // Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2012. 88 с.

7. Семенов Р. Р. Этиологические и патогенетические механизмы формирования дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / Р. Р. Семенов, [и др.] // Международный журнал экспериментального образования. Издательство: Издательский Дом «Академия Естествознания» (Пенза). — 2013. — № 11–1. — С. 46–51.
8. Costen J. B. Neuroglia and ear symptoms associated with distributed function of temporomandibular joint // Am Med Assoc J. 1934. № 107. P. 252–255.
9. Jung A, Shin BC, Lee MS, Sim H, Ernst E (May 2011). «Acupuncture for treating temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis of randomized, sham-controlled trials». Journal of Dentistry. 39 (5): 341–50.

© Архипов Алексей Вячеславович, Архипов Вячеслав Дмитриевич,  
Архипов Вячеслав Яковлевич, Марук Станислав Иванович ( arhipov0163@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ЭНДОМЕТРИТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПАЦИЕНТОК К ПРОГРАММАМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РЕПРОДУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## ENDOMETRITIS IN PREPARATION OF PATIENTS TO PROGRAMS OF SUBSIDIARY REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES

**V. Gurieva  
E. Kurguskina**

*Summary.* The article presents clinical data of the effectiveness of therapy of patients with chronic endometritis in preparation for IVF programs with the help of low-dose ozone therapy and photodynamic therapy using radachlorophyll-containing drugs. The study included 127 patients with tubal peritoneal infertility and chronic endometritis, confirmed morphologically. A more pronounced effectiveness of pregravid preparation in patients with a combination of low-dose ozone and photodynamic therapy was established.

*Keywords:* morphostructure of endometrium, failure of IVF, ozonotherapy, radachlorophyll, laser illumination, luminescent spectroscopy.

**Гурьева Валентина Андреевна**

*Д.м.н., профессор, ГБОУ ВО «Алтайский  
государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации,  
Барнаул, Россия  
vgurjeva@yandex.ru*

**Кургускина Екатерина Александровна**

*Аспирант, ГБОУ ВО «Алтайский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Барнаул, Россия  
kat-kurguskina@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье представлены клинические данные эффективности терапии пациенток с хроническим эндометритом при подготовке к программам ЭКО с помощью низкодозированной озонотерапии и фотодинамической с применением радахлорофиллсодержащих препаратов. В исследование вошли 127 пациенток с трубно-перитонеальным бесплодием и хроническим эндометритом, подтвержденным морфологически. Установлена более выраженная эффективность прегравидарной подготовки у пациенток при сочетании низкодозированного озона и фотодинамической терапии.

*Ключевые слова:* морфоструктура эндометрия, неудачи ЭКО, озонотерапия, радохлорофилл, лазерное облучение, люминесцентная спектроскопия.

### Актуальность

**В**спомогательные репродуктивные технологии (ВРТ) стали рутинной процедурой в борьбе с бесплодием. Их эффективность зависит от многих факторов, но ведущими являются — состояние эндометрия и качество эмбрионов. Неудачи в программах ВРТ заставляют ученых во всем мире искать все новые способы их преодоления. Хронический эндометрит (ХЭ) в структуре внутриматочной патологии среди пациенток с бесплодием занимает лидирующее место — от 60–70% [2,11]. Стандартные протоколы ведения данных женщин, по многим исследованиям [5,10] не дают высокой эффективности в восстановлении структурно-функционального состояния эндометрия. В последние годы всё чаще применяются немедикаментозные методы лечения благодаря их возможности целенаправленно воздействовать на патологический очаг, дозирование физико-химического воздействия, повышение адаптационных возможностей при минимальном риске развития побочных реакций.

Применение системной низко дозированной озонотерапии при ХЭ оправдано прежде всего многофакторным воздействием озона на организм, включая активацию саногенетических факторов, способствующих

восстановлению морфоструктуры эндометрия [4,8,12]. Фотодинамическая терапия новый метод лечения ХЭ, однако уже успел хорошо зарекомендовать себя. Терапевтический эффект основан на воздействии светом на патологический очаг после введения в организм фотосенсибилизатора (Фотостима). Синглетный кислород, образующийся в процессе облучения оказывает цитостатический эффект, блокирующий интерлейкиновый каскад, продуктивное воспаление, что в последующем приводит к восстановлению структуры и функции эндометрия. [3,6]

### Цель исследования

Оценка эффективности прегравидарной подготовки с помощью сочетания озона и «Радохлорофилла-С» активированного лазерным облучением у женщин с хроническим эндометритом в программах ЭКО.

### Материалы и методы

В исследование вошли 127 пациенток, обратившихся с диагнозом — трубно-перитонеальное бесплодие за помощью в период с 2016 по 2017 год в Барнаулский центр репродуктивной медицины сети «Мать и дитя». У всех пациенток групп сравнения с трубно-пе-

Таблица 1. Результативность терапии в группах клинических наблюдений по результатам УЗИ, доплерометрии и ЦДК.

сравнение с контролем (после лечения)	1 группа	2 группа	3 группа	P (<0,05) критерий дос-ти		
				1гр/2 гр	1гр/3 гр	2 гр/3 гр
М-эхо (мм)	7,87±0,2	8,0±0,2	8,41±0,5	0,989	0,176	0,398
ИР в маточной артерии на 19–21 день м.ц.	0,83±0,2	0,84±0,2	0,83±0,2	0,457	1,000	0,519
МАС (см/с) маточной артерии на 19–21 день м.ц.	50,7 ±0,2	50,1 ±0,2	51,0±0,2	0,823	0,714	0,031

ритонеальным бесплодием был диагностирован хронический эндометрит, подтвержденный морфологически. Пациентки были разделены на 4 группы в зависимости от проведенного лечения: 1-я группа женщин (n=20) в качестве прегравидарной подготовки получали курс системной низкодозированной озонотерапии № 7. У женщин 2-й группы (n=20) прегравидарную подготовку проводили с помощью фотодинамической терапии (ФДТ) путем приема энтерально природного фотосенсибилизатора «Радохлорофилла-С» (Фотостим). Разовые и суммарные дозы облучения выбирали индивидуально по совокупности исходных клинико-морфологических данных и результатов лазерной спектроскопии. В качестве базовой лечебно-диагностической установки использовали лазерный терапевтический излучатель с длиной волны 0,63 мкм и выходной мощностью 5–15 мВт — спектрометр Ин Спектр — М. У женщин 3-й (n=47) — группы прегравидарную подготовку проводили путем сочетанного применения озонотерапии и фотодинамической. Одновременно с внутриматочной активацией «Радахлорофилла С». Четвертую группу сравнения (n=40) составили женщины, которые не получали прегравидарную подготовку по разным причинам (не желание использовать процедуры или невозможность проведения в результате отдаленного места проживания).

Контроль эффективности терапии в группах сравнения осуществляли с помощью гемостазиологического исследования по критериям сосудисто — тромбоцитарного и фибринолитического звеньев системы гемостаза, показателям доплерометрии маточных артерий с помощью индекса резистентности (ИР) и максимальной артериальной скорости (МАС) и состояния микроциркуляции, для определения которой использовали экспресс-диагностику — люминисцентную лазерную спектроскопию (спектрометр ИнСпектр — М.), оценка состояния эндометрия также проводилась по динамике М — Эхо на фоне проводимой терапии. Оценочные критерии исследовали при первом посещении (перед началом терапии) и через 2 недели после последней процедуры.

### Результаты исследования и обсуждение

Средний возраст пациенток составил 35,6± 7 лет, все пациентки имели в анамнезе неудачные попытки ЭКО и ПЭ (от 2 до 9 процедур ЭКО). В результате обследования выявлено, что у большинства пациенток в группах клинических наблюдений по данным спектроскопии отмечались низкие показатели метаболизма и структурно-функционального состояния эндометрия различной степени. Показатели интенсивности флюоресценции (пролиферации) при первичном обследовании не структурированы, не соответствовали дню менструального цикла, показатели аэробности (ведущий показатель, отражающий характеристику метаболизма) так же были снижены — 0,95±0,8 отн.ед и их конверсия отсутствовала (в норме индекс аэробности у женщин в интактной коже, как объекте сравнения, всегда выше 1,1 отн.ед, а при внутриматочном измерении всегда превышает таковой на 5–20% и более). Нормированный индекс микроциркуляции у пациенток так же был далеко от нормы и варьировал в диапазоне от 0,25–0,312 (в норме 0,6–0,7 отн.ед.). По данным ультразвукового исследования на 19–21 день м.ц. М-ЭХО в группах клинических наблюдений до лечения, в среднем, составили 6,1 мм, МАС — 49,5±0,3 см/с и ИР в маточной артерии находился в пределах 0,87 ±0,2.

Проведенная сравнительная оценка результатов эффективности в группах клинических наблюдений показала статистически более значимые улучшения в третьей группе с сочетанием двух методик. Так, при анализе данных микроциркуляции при проведении экспресс люминисцентной спектроскопии в первой группе выявлено улучшение процессов микроциркуляции с достоверной значимостью (0,250 до 0,450 отн.ед.), тогда как фотодинамическая терапия улучшила этот показатель до 0,420 отн.ед, в третьей группе этот показатель составил 0,495 отн.ед., что является нормой. Эти данные подтверждают и показатели ИР и МАС в маточной артерии по данным доплерометрии на 19–21 день м.ц.: озонотерапия улучшила эти показатели до 0,83±0,2 и 50,7 ±0,2 см/с соответственно, при ЦДК так же преобладали светлые оттен-



Таблица 2. Результативность терапии по критериям экспресс люминесцентной спектроскопии в группах клинических наблюдений.

Индекс азробности (оксигенация)	до лечения	после лечения	Группа сравнения (n = 40)	критерий достоверности P	
				до/ после	после лечения/ гр.сравнения
1 группа (n = 20)	0,98	1,14	1,07	0,000	0,001
2 группа (n = 20)	1,03	1,11		0,009	0,457
3 группа (n = 47)	1,01	1,21		0,000	0,000
<b>Индекс пролиферации</b>					
1 группа (n = 20)	1,04	1,13	1,02	0,000	0,004
2 группа (n = 20)	1,01	1,23		0,000	0,000
3 группа (n = 47)	1,03	1,25		0,000	0,000
<b>Индекс микроциркуляции</b>					
1 группа (n = 20)	0,254	0,446	0,269	0,000	0,000
2 группа (n = 20)	0,262	0,421		0,000	0,000
3 группа (n = 47)	0,274	0,495		0,000	0,000
<b>Структурированность эндометрия (%)</b>					
1 группа (n = 20)	10	35	10	0,059	0,168
2 группа (n = 20)	10	75		0,000	0,000
3 группа (n = 47)	10,6	76,6		0,000	0,000
<b>Метаболизм (%)</b>					
1 группа (n = 20)	10	35	10	0,059	0,168
2 группа (n = 20)	10	75		0,000	0,000
3 группа (n = 47)	10,6	76,6		0,000	0,000

ки, что говорит об улучшении кровотока матки, тонуса сосудистой стенки и их морфологического состояния, на фоне фотодинамической терапии ИР  $0,84 \pm 0,2$ , и МАС  $50,1 \pm 0,2$  см/с при ЦДК значительных улучшений не выявлено, тогда как сочетанное лечение нормализовало оба этих показателя —  $0,83 \pm 0,2$  и  $51,0 \pm 0,2$  см/с. При ЦДК преобладали светлые оттенки, что говорит об улучшении кровотока матки, тонуса сосудистой стенки и их морфологического состояния. Результативность терапии в группах клинических наблюдений по результатам УЗИ, доплерометрии и ЦДК представлена в таблице 1.

Данные результаты подтверждают многофакторное воздействие низкодозированной озотерапии на все звенья многоступенчатого процесса гемостаза, оптимизацию ультраструктурных характеристик микроциркуляторного русла [4], «мягкого» антикоагулянтного эффекта. Фотодинамическая терапия не оказывает прямого воздействия на состояние микроциркуляции, незначительные улучшения этого показателя связаны, по нашему мнению, улучшением состояния стенок сосудов и морфофункционального состояния эндометрия.

Морфофункциональное состояние эндометрия оценивалось экспресс люминесцентной лазерной спектроскопией, которая позволяет оценить его состояние не инвазивным способом. Так, показатели интенсивности флюоресценции (пролиферации) под действием фотоди-

намической терапии нормализовались до нижней границы нормы, пролиферативная активность улучшилась на 38%, метаболизм и структурированность эндометрия пришли в норму у 45% женщин и, в целом, соответствовали дню цикла. Однако, процессы оксигенации повышались в среднем с 1,03 до 1,1 отн.ед, что является нижней границей нормы. Показатели пролиферации по данным спектральной диагностики в первой группе, в среднем, составили 1,13 (на 15%), структурированность и метаболизм эндометрия восстановились у 35% женщин, однако без достоверных различий. Наблюдалась положительная динамика оксигенации до 1,14 отн.ед. Пролиферативная активность в третьей группе после курса лечения по данным спектральной диагностики составила норму и увеличилась до 1,25 (на 53%) При этом наблюдалась положительная динамика оксигенации до 1,21 отн.ед., структурированность и метаболизм эндометрия восстановились у 75% женщин и соответствуют дню цикла на всем протяжении. Эти данные подтверждают и показатели М-ЭХО по УЗИ на 19–21 день менструального цикла. Так, при исходно низких показателях м-эхо во II фазу цикла в третьей группе до лечения —  $6,1 \pm 0,2$  мм, (P 0,000) прирост м-эхо у пациенток данной группы был максимальным и составил 2,3 см, структура эндометрия у всех пациенток приобрела однородность, выявлено появление «трехслойности» в перивульварное окно, что говорит о нормализации процессов пролиферации и микроциркуляции эндометрия. При анализе результатов ультразвукового исследования

у женщин первой группы (системная низкодозированная озонотерапия) выявлено увеличение толщины эндометрия на 19–21 день менструального цикла до  $7,87 \pm 0,2$  мм. ( $P < 0,000$ ) Улучшение морфофункционального состояния эндометрия в виде однородности экоструктуры эндометрия, наличие «трехслойности» в перивуляторное окно зафиксировано у 35% женщин, тогда как влияние озонотерапии на состояние микроциркуляторного русла было более значимым. После фотодинамической терапии с использованием природного фотосенсибилизатора «Рдахлорофилла С» по данным УЗИ имело место достоверное улучшение М-ЭХО с 6,3 мм до 8,0 мм ( $P < 0,000$ ), улучшилось морфофункциональное состояние эндометрия в виде однородности экоструктуры эндометрия, наличие «трехслойности» в перивуляторное окно зафиксировано у 56% женщин. Результативность проведенной прегравидарной подготовки по критериям экспресс люминесцентной спектроскопии в группах клинических наблюдений представлены в таблице 2.

После проведенной прегравидарной подготовки пациентки всех групп клинических наблюдений прошли лечение бесплодия с помощью экстракорпорального оплодотворения и переноса эмбрионов. В группах с монотерапией результативность программ ЭКО и ПЭ одинаковая — 35% (7) женщин имели положительный результат. После сочетанного лечения ХЭ 46,8% (22) пациенток забеременели. В контрольной группе этот показатель был самым низким — 25% (10). Результативность лечения оценивалась после срока беременности в 8–9 недель, беременности прекратившие свое развитие раньше этого срока нами не учитывались. Следует отметить, что все эти пациентки в анамнезе имели от 2 до 9 неудачных попыток ЭКО и ПЭ.

Проведенная сравнительная оценка результатов эффективности в группах клинических наблюдений показала статистически более значимые улучшения в третьей группе. Более выраженная эффективность на этапе прегравидарной подготовки с помощью сочетания методик озонотерапии и фотодинамической терапии с лазерным облучением эндометрия, вероятно, обусловлена вследствие прежде всего доказанного потенцирующего влияния низких доз озона на все этапы окислительного метаболизма, способствующего нивелированию энергетического дефицита [2,4], что было подтверждено в нашем исследовании. Также его мембраностабилизирующим эффектом,

высокой антиоксидантной активностью [7], оптимизацией ультраструктурных характеристик микроциркуляторного русла [4], «мягкого» антикоагулянтного эффекта, затрагивающего практически все звенья многоступенчатого процесса гемостаза [1,3]. Важен также иммуномодулирующий эффект воздействия озона [6]. Кроме этого озон, как кислородсодержащий препарат, интракорпорально активирует хлорофиллсодержащий препарат (фотостим) особенно в присутствии лазерного облучения.

Активированный путем лазерного облучения «Рдахлорофилл-С» комплексно оказывает иммуномоделирующее действие, имеет выраженный антимикробный эффект и при этом способствует активации клеточной пролиферации, активации и, в целом, структурированности метаболических и морфофункциональных процессов в эндометрии. Необходимо отметить, что в настоящее время получены успешные экспериментальные данные [9], показывающие эффект увеличения зоны подавления роста микроорганизмов, соизмеримое с использованием антибиотика (цефепима 30 мг/мл) и, что не наблюдалось при применении не активированного препарата в различных концентрациях, в связи с чем эффект во второй группе можно объяснить дополнительным антимикробным эффектом «Фотостима», что не характерно для низкой концентрации озона, которую использовали в комплексной терапии пациенток второй группы, в связи с чем сочетание двух методик удачно дополняют друг друга, обеспечивая патогенетическую направленность терапии. [5,6]

Таким образом, сочетание низкодозированной озонотерапии с выраженными метаболическим, иммуномодулирующим воздействием и антимикробным эффектом активированного хлорофилла является патогенетическим методом у пациенток с хроническим эндометритом, на этапе прегравидарной подготовки к программам ЭКО. Использование люминесцентной спектроскопии (ЛЛД) в качестве мониторинга терапии оправдано в силу практической неинвазивности метода и широкой возможности оценки метаболического и структурно-функционального состояния эндометрия по критериям состояния аэробности, пролиферации, метаболизма и микроциркуляции. Диагностика относится к экспресс — методу, достаточно проста в использовании и интерпритации, может воспроизводиться многократно, отражая динамику течения реабилитационного процесса и условия планирования беременности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абубакирова А.М., Федорова Т. А., Фотеева Т. С. и др, «Применение медицинского озона в клинике акушерства и гинекологии» Акушерство и гинекологов, 2002 — Ст 6. — С- 5457
2. Вартанян Э.В., Мартышкина Е. Ю., Цатурова К. А. «Роль сочетанной патологии в неудачных протоколах ЭКО.» Акушерство, гинекология и репродукция. 2011; N4: с.40–43

3. Гурьева В.А., Дударева Ю. А. «Сравнительная характеристика исходов и осложнений беременности при лечении медицинским озоном на этапе прегравидарной подготовки. В сборнике: Немедикаментозные методы лечения и актуальные вопросы в акушерско-гинекологической практике Межрегиональная научно-практическая конференция. 2006. С. 25–26.
4. Гречканев Г.О. «Научное обоснование использования медицинского озона в комплексном лечении некоторых акушерских осложнений и гинекологических заболеваний». Дисс. докт. мед. наук. — Москва, 2003.
5. В.М. Зуев, Е. А. Калинина, М. Т. Александров, Ю. И. Пиманчева «Несостоятельный эндометрий в программах ЭКО: патогенез, диагностика и реабилитация» XXV Юбилейная международная конференция РАРЧ «Репродуктивные технологии сегодня и завтра» с 51–52
6. Зуев В.М. и др. Внутриматочная озонолазерная терапия хронических эндометритов. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Озон и методы эфферентной терапии в медицине», 2001, с. 108.
7. Козлов Д. В. Дозозависимый эффект озона на структурно-функциональные свойства мембран эритроцитов / Д. В. Козлов, К. Н. Конторщикова // Озон и методы эфферентной терапии в медицине: тез. докл. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. — Н. Новгород, 1998. — С. 14.
8. Конторщикова К.Н. // Озон в биологии и медицине. — Н. Новгород 1995 г.с.-8.
9. Хомерики Т.А., Бабынина Е. М., Кукушкин В. И., Кургушкина Е. А. Хронический эндометрит и его роль в женском бесплодии//Сборник конкурсных работ международного интеллектуального конкурса студентов и аспирантов, Москва, 25 апреля 2016 г. С 236–266
10. Bocii V., Luzzi E., Cjradeschi F. et al. // J. Biol. Regul. Homeost. Agents. —1993 Vol. 7 № 4.Р. 133–138.
11. Doroszkewicz W., Sikorska I., Jankowski S.// Actamikrobiol. Pol.-1993.-Vol.42,№ 3–4. Р. 315–319.
12. Viebahn R. The use of ozone in medicine. 2nded.Heidelberg: Karl F. Haug Publishers,1994, I-178.

© Гурьева Валентина Андреевна (vgurjeva@yandex.ru), Кургушкина Екатерина Александровна (kat-kurguskina@yandex.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Алтайский государственный медицинский университет

## ВЛИЯНИЕ ГИПОТЕРМИИ НА АКТИВНОСТЬ Na, K-АТФАЗЫ СИНАПТИЧЕСКИХ МЕМБРАН МОЗГА КРЫС

### THE EFFECT OF HYPOTHERMIA ON THE ACTIVITY OF Na, K-ATPASE OF SYNAPTIC MEMBRANES OF RAT BRAIN

G. Guseynov

*Summary.* The effect of moderate (30 °C) and deep (20 °C) short-term hypothermia and reduced glutathione on the activity of Na, K-ATPase of the synaptic membranes from rat brain has been investigated. The content of SH-groups and the S-S-bonds in synaptosomal membrane proteins under hypothermia has also been studied. Hypothermia reduces the activity of synaptosomal membrane Na, K-ATPase. Inhibition of the enzyme depends on the depth of hypothermia. In the in vitro condition the incubation of the suspension of synaptosomes with the reduced glutathione does not affect on the activity of Na, K-ATPase in control, but increases the activity of the enzyme under hypothermia. At hypothermia the oxidation of the thiol groups of synaptosomal membrane proteins occurs, which correlates with the degree of inhibition of Na, K-ATPase. Possible mechanisms of inhibition of the enzyme at hypothermia are discussed.

*Keywords:* hypothermia; rats; proteins of the brain.

Гусейнов Герман Омарович

Доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
germ.67@mail.ru

*Аннотация.* Изучено воздействие умеренной (30°C) и глубокой (20°C) кратковременной гипотермии и восстановленного глутатиона на активность Na, K-АТФазы синаптических мембран из мозга крыс. Определено ещё и содержание SH-групп и S-S-связей в белках мембран синапсом во время гипотермии. Гипотермия уменьшает активность Na, K-АТФазы мембран синапсом. Уровень ингибирования фермента находится в зависимости от глубины гипотермии. В условиях in vitro инкубирование суспензии синапсом с восстановленным глутатионом не воздействует на активность Na, K-АТФазы в контроле, но повышает активность фермента во время гипотермии. В условиях гипотермии осуществляется окисление тиоловых групп белков мембран синапсом, что коррелирует со степенью ингибирования Na, K-АТФазы. Обсуждаются вероятные механизмы ингибирования фермента во время гипотермии.

*Ключевые слова:* гипотермия; крысы; белки мозга.

**Na,** K-АТФаза — встроенный в плазматическую мембрану натриевый насос, функционирующий против градиентов с целью поддержания асимметричного распределения калия и натрия [1]. Градиенты ионов калия и натрия, создаваемые Na, K-АТФазой, выступают физической базой электрической активности нейронов, обеспечивают осмотический баланс в системе нейрон — экстраклеточный компартмент, используются для транспортировки аминокислот, нейромедиаторов [2, 3]. В связи с частыми возмущениями ионного гомеостаза в ходе постоянной активности нейронов нагрузка Na, K-АТФазы настолько значительна, что она потребляет практически половину АТФ в головном мозге [4]. Na, K-АТФаза выступает гетеродимером, составленным из двух субъединиц: каталитической  $\alpha$ -субъединицы, обладающей АТФазной активностью, и  $\beta$ -субъединицы, нужной для ферментативной активности Na, K-АТФазы [5]. Сейчас у позвоночных выявлены изоформы  $\alpha$ -субъединицы ( $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\alpha 3$  и  $\alpha 4$ ) и 3 изоформы  $\beta$ -субъединицы ( $\beta 1$ ,  $\beta 2$  и  $\beta 3$ ) Na, K-АТФазы [6], кодируемые различными генами. В мозге экспрессируются  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\alpha 3$  изоформы. При этом  $\alpha 3$  изоформа (отличается более значительным сродством к АТФ) находится в нейронах, а  $\alpha 2$  изоформа — в глиальных клетках [7, 8].  $\alpha$ -Изоформы имеют в своем составе довольно

значительное число цистеиновых остатков, многие из которых оказываются доступными для окислителей. В связи с этим Na, K-АТФаза выступает мишенью для активных форм кислорода, которые, за счёт осуществления обратимого окисления тиоловых групп, призваны обеспечить редокс-зависимую регуляцию активности фермента [9].

Мы изучили воздействие глубокой гипотермии (20°C) на различные кинетические характеристики Na, K-АТФазы синаптических мембран из коры головного мозга крыс [3]. Было выявлено, что гипотермия сокращает  $K_m$  и  $V_m$  и повышает сродство фермента к строфантину К. Предположили, что изменения в кинетических свойствах Na, K-АТФазы частично связываются с окислительной модификацией непосредственного фермента или его липидного микроокружения, т.к. было определено, что на начальных этапах гипотермия способна стимулировать свободнорадикальные процессы в мозге [5]. Мы изучили вероятное участие свободнорадикальных процессов в ингибировании Na, K-АТФазы мембран синапсом из коры головного мозга крыс во время гипотермии.

Опыты были проведены на белых беспородных крысах-самцах, имеющих массу 180–200 г. Гипотер-

Содержание SH-групп и S-S-связей (нмоль/мг белка) и их соотношение в белках мембран синапсом коры головного мозга крыс в случае гипотермии ( $M \pm m$ ;  $n = 8$ )

Группа животных	SH-группы	S-S-связи	Окислительный индекс (S-S/SH)
Контроль	145.9±2.6	35.23±2.76	0.24
Гипотермия 30 °С	106.6±3.8 $p < 0.001$	51.21± 0.79 $p < 0.02$	0.48
Гипотермия 20 °С	113.1±2.5 $p < 0.001$	61.30± 2.99 $p < 0.01$	0.54

Примечание:  $p$  — достоверность различий относительно контроля

мию вызывали в холодových камерах. Температуру тела животных снижали до 30°C (считается умеренной гипотермией) и 20°C (считается глубокой гипотермией) со скоростью 0.28°C/мин равномерно. Из коры больших полушарий с помощью метода низкоскоростного центрифугирования [4] выделяли синапсомы. При этом мембраны синапсомы выделяли после гипоосмотического шока, оставляли на хранение в морозильнике при -20°C и использовали на очередные сутки. Активность Na, K-АТФазы определяли в виде разности между общей и Mg 2+-зависимой АТФазной активностью. Среда для выяснения общей АТФазы содержала (в мМ/л): NaCl — 130, KCl — 20, MgCl<sub>2</sub>-3, АТФ — 3, трис-HCl буфер (pH 7.4) — 30. Содержание мембранного белка в пробе — 40 мкг. Во время определения активности Mg 2+-АТФазы среда инкубации помимо указанных элементов содержала также ингибитор Na, K-АТФазы — убаин в концентрации 1 мМ. Об активности фермента можно было судить по величине прироста количества неорганического фосфора (P<sub>n</sub>) [1] и выражали в мкмоль P<sub>n</sub> на 1 мг белка за 1 час.

При изучении воздействия глутатиона на активность Na, K-АТФазы к 0.2 мл суспензии мембран синапсом (с содержанием белка 1.5 мг/мл) добавляли дополнительно 0.2 мл 0.2 мМ раствора, восстановленного глутатиона (конечная концентрация 100 мкмоль), сделанного на 50 мМтрис-HCl буфере (pH 7.4). В контрольную пробу добавили 0.2 мл 50 мМтрис-HCl буфера. Суспензии инкубировали на протяжении 10 минут при 4°C, затем смесь разбавляли 22 раза средой, в которой осуществляли измерение активности выбранного фермента (NaCl 130 мМ, KCl 20 мМ, MgATФ 3 мМ, трис-HCl 50 мМ, pH 7.4 при 37°C).

Содержание восстановленных тиоловых групп в белках мембран синапсом выясняли с помощью методики амперометрического титрования с применением азотнокислого серебра [5], а дисульфидных связей — методом обратного титрования [6]. Содержание белка выясняли по методу Лоури с сотр. [7]. В каждой серии экспериментов использовали 5–8 животных. Сведения подвергали статистической обработке, достоверность различий средних выясняли с использованием критерия Стьюдента [8].

Уменьшение температуры тела крыс ведёт к ингибированию фермента. Активность фермента уменьшается при умеренной гипотермии на 19%, а при глубокой гипотермии — на 50% относительно контроля. Итак, степень торможения Na, K-АТФазы находится в зависимости от глубины гипотермии.

Каковы же причины уменьшения активности Na, K-АТФазы мозга во время гипотермии? На активность Na-насоса способны воздействовать разные факторы, в том числе химический состав липидного окружения, взаимодействие с остальными мембранными белками и цитоскелетом, химическая модификация [9]. Определено, что в условиях окислительного стресса, который бывает на начальных стадиях гипотермии [2], осуществляется ингибирование Na, K-АТФазы и разобщение гидролиза АТФ с активным транспортом ионов [2]. В то же время реакция фермента на окислительный стресс находится в зависимости от вида свободного радикала (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, OH, GS или ONOO) и состава изоформ  $\alpha$ -субъединицы [1]. Сопоставление чувствительности к окислению Na, K-АТФазы из почек, содержащей лишь  $\alpha$ 1-субъединицу, и из мозга, содержащей ещё и  $\alpha$ 2- и  $\alpha$ 3-субъединицы, продемонстрировало, что  $\alpha$ 1-изоформа является более устойчивой к окислительной модификации, при этом  $\alpha$ 2 и  $\alpha$ 3 значительно легче теряют собственную активность во время окисления [2]. Из-за того, что различные изоформы Na, K-АТФазы несущественно различаются по количеству остатков цистеина, включённых в их состав (23 в  $\alpha$ 1, 24  $\alpha$ 2 и 24–25 в  $\alpha$ 3), более значительную чувствительность фермента из мозга к окислению в сравнении с ферментом из почек можно связать с разницей не только в их числе, но и в местоположении (экспонированности) [2].

О вероятности окислительной модификации мембранных белков синапсом, в том числе и Na, K-АТФазы, мы рассуждали на основе количества SH-групп и S-S-связей в них, которые определяют амперометрическим титрованием. Как можно увидеть из таблицы, при умеренной гипотермии в белках синаптических мембран на 26.9% уменьшается количество титруемых SH-групп. Число тиоловых групп в мембранных белках остаётся уменьшенным и в случае глубокой гипотермии. При

этом число дисульфидных связей в белках синаптических мембран увеличивается параллельно уменьшению температуры тела. В соответствии с этим в два раза увеличивается соотношение S-S/SH, обозначаемое в виде окислительного индекса, считающегося одним из критериев окислительной (в основном под влиянием свободных радикалов) модификации мембранных белков [3].

Считается, что модификация SH-групп мембранных белков ведёт к значительному росту ионной проницаемости мембран [4]. Это, в то же время, нарушает осмотическое равновесие, что в рамках гипотермии ведёт к отеку клеток мозга [5]. Помимо этого, окисление SH-групп в активном центре ионных насосов (кальциевого и натриевого) инактивирует данные белки и нарушает ионный гомеостаз клетки, что способно усилить клеточный отек.

Необходимо отметить, что в случае гипотермии между активностью Na, K-АТФазы и содержанием дисульфидных связей в мембранных белках и их окислительным индексом есть линейная зависимость. Это говорит о том, что ингибирование Na, K-АТФазы в случае гипотермии в некоторой мере связывается с окислительной модификацией тиоловых групп фермента под влиянием оксидантов.

Для того чтобы определить связь между уменьшением активности Na, K-АТФазы и окислительной модификацией важных тиоловых групп фермента, мы инкубировали суспензию мембран синапсом с восстановленным глутатионом — ключевым клеточным антиоксидантом. До этого было продемонстрировано, что добавление

в среду с Na, K-АТФазой аскорбата, дитиотреитола или цистеина после окислительной модификации ведёт к восстановлению и начального числа SH-групп, и активности фермента [6]. Добавление глутатиона (100 мкМ) к суспензии мембран из мозга контрольных животных не воздействует на проявление активности со стороны фермента. При этом у животных с температурой тела 20°C под влиянием глутатиона достоверно увеличивается активность Na, K-АТФазы. Увеличение активности фермента в данной ситуации составляет 26% по отношению к пробе без глутатиона. Соответственно, уменьшение активности Na, K-АТФазы мембран синапсом при глубокой гипотермии обусловлено окислительной модификацией тиоловых групп фермента.

Необходимо отметить, что во время гипотермии глутатион целиком не восстанавливает активность фермента. Это говорит о том, что ингибирование активности Na, K-АТФазы в случае гипотермии обусловлено не только окислительной модификацией тиоловых групп фермента. Есть вероятность, что ингибирование активности фермента в случае гипотермии осуществляется не только под влиянием АФК, но ещё и в ходе окислительной модификации его липидного микроокружения и накопления продуктов их деградации, динамики редокс-состояния окружения, фосфорилирования субъединиц [7].

Итак, полученные нами сведения говорят о том, что гипотермия помогает ингибированию Na, K-АТФазы мембран синапсом из коры головного мозга крыс. Одной из возможных причин ингибирования фермента считается окисление тиоловых групп молекулы белка под влиянием оксидантов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rai, N. K. Exposure to As, Cd and Pb mixture impairs myelin and axon development in rat brain, optic nerve and retina / N. K. Rai, A. Ashok, A. Rai et. al. // *J. Toxicol. Appl. Pharmacol.* — 2013. — V. 273(2). — P. 242–58.
2. Gerspacher, C. The effect of cadmium on brain cells in culture / C. Gerspacher, U. Scheuber, G. Schiera et. al. // *Int. J. Mol. Med.* — 2009. — V. 24(3). — P. 311–318.
3. Sarchielli, E. Cadmium induces alterations in the human spinal cord morphogenesis / E. Sarchielli, S. Pacini, G. Morucci et. al. // *Biomaterials.* — 2012. — V. 25(1). — P. 63–74.
4. Unno, K. Acute enhancement of nonrapid eye movement sleep in rats after drinking water contaminated with cadmiumchloride / K. Unno, K. Yamoto, K. Takeuchi et. al. // *J. Appl. Toxicol.* — 2014. — V. 34(2). — P. 205–213.
5. Sofroniew, M. V. Molecular dissection of reactive astrogliosis and glial scar formation / M. V. Sofroniew // *Trends. Neurosci.* — 2009. — V. 32(12). — P. 638–647.
6. Yang, C. S. Inhibition of cadmium-induced oxidative injury in rat primary astrocytes by the addition of antioxidants and the reduction of intracellular calcium / C. S. Yang, B. C. Tzou, Y. P. Liu et. al. // *J. Cell. Biochem.* — 2008. — V. 103(3). — P. 825–34.
7. Rai, A. Down-regulated GFAP: a major player in heavy metal induced astrocyte damage / A. Rai, S. K. Maurya, R. Sharma et. al. // *Toxicol. Mech. Methods.* — 2013. — V. 23(2). — P. 99–107.
8. Влияние низких доз ионов Pb<sup>2+</sup> на состояние цитоскелета астроцитов мозга крыс в раннем постнатальном периоде / Е. В. Сухаренко, И. В. Прищеп, В. С. Недзвецкий, В. И. Максимов // *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные* — 2015. — № 2. — С. 10–13.
9. Notarachille, G. Heavy metals toxicity: effect of cadmium ions on amyloid beta protein 1–42. Possible implications for Alzheimer's disease / G. Notarachille, F. Arnesano, V. Calo et. al. // *Biomaterials.* — 2014. — V. 27(2). — P. 371–388.

## ОСОБЕННОСТИ КОКСАРТРОЗА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

FEATURES OF COXARTHROSIS  
IN SCHOOL AGE CHILDREN

D. Eremin

*Summary.* Child with pain in the hip joint and deformity of the lower limbs, manifested in the functional features of various amplitude and nature of the motor action, is a diagnostic challenge that requires careful analysis of the symptoms occurring. The pain is caused by pathological changes in the hip joint can be caused by a complex of genetic factors of development, injuries, diseases, character of motor activity and living conditions. It can be a precursor to serious disease that is increasingly affecting children of school age — coxarthrosis. The main prognostic factors in this case are the age of the child at the time of the development of the disease, the degree of limitation of range of motion and involvement of the femoral epiphysis, and any additional radiological signs of the risk of damage to the hip joint. Depending on the severity of the disease treatment options range from observation and therapeutic activities, including gentle treatment of motor activity, to surgical reconstruction of the hip. The goal of all methods of prevention and treatment is to prevent predeformation and subsequent premature development of osteoarthritis. This objective best suits the principle of containment, i.e. diverse procedures to maintain or restore joint congruence, whereas biological plasticity is still present. A more detailed description of the features of the development of coxarthrosis in children of school age and recommended preventive and therapeutic interventions presented by the author of this article.

*Keywords:* coxarthrosis, school age, pathology of the hip joint, a set of motor constraints, diagnostics, preventive and therapeutic interventions.

Еремин Даниил Николаевич

Аспирант, Российский Государственный Университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма  
eremin@fsk-akvant.ru

*Аннотация.* Ребенок с болью в области тазобедренного сустава и деформацией нижних конечностей, проявляемой в функциональных особенностях выполнения разнообразных по амплитуде и характеру двигательных действий, представляет собой диагностический вызов, требующий тщательного анализа симптоматики происходящего. Боль, обусловленная патологическими изменениями в области тазобедренного сустава, может быть вызвана целым комплексом факторов генетического развития, полученных травм, перенесенных заболеваний, характером двигательной активности и условиями жизнедеятельности. Она может быть предшественником достаточно серьезного заболевания, которое все чаще поражает детей школьного возраста — коксартроза. Основными прогностическими факторами в этом случае выступают возраст ребенка в момент развития заболевания, степень ограничения диапазона движений и вовлеченности бедренного эпифиза, а также любые дополнительные рентгенологические признаки риска повреждения тазобедренного сустава. В зависимости от тяжести заболевания варианты лечения варьируются от наблюдения и проведения терапевтических мероприятий, включающих в себя щадящий режим двигательной активности, до хирургической реконструкции бедра. Цель всех методов профилактики и лечения заключается в предотвращении предартрогенной деформации и последующего преждевременного развития коксартроза. Этой цели лучше всего соответствует соблюдение принципа сдерживания, т.е. разнохарактерные процедуры, направленные на поддержание или восстановление совместной конгруэнтности, в то время как биологическая пластичность все еще присутствует. Более подробное описание особенностей развития коксартроза у детей школьного возраста и рекомендуемых профилактических и терапевтических мероприятий представлено автором данной статьи.

*Ключевые слова:* коксартроз, школьный возраст, патология тазобедренного сустава, совокупность двигательных ограничений, диагностика, профилактические и терапевтические мероприятия.

## Введение

**Б**оль в области тазобедренного сустава у ребенка младшего школьного возраста может быть вызвана рядом факторов, возникновение которых обусловлено особыми генетическими условиями развития (стремительное развитие костей малого таза, врожденные повреждения костей и суставов) и организацией жизнедеятельности ребенка [4, с. 107]. Стоит отметить, что боль в области тазобедренного сустава также может быть обусловлена патологией развития нижней части спины, что немаловажно учитывать при диагностировании общей картины заболевания. Для корректной оценки и дальнейшего адекватного лечения, направленного на устранение симптомов заболевания необходима тща-

тельная диагностика развития заболевания, просматриваемая в динамике.

Теоретический обзор  
проблемы исследования

У детей, страдающих патологией тазобедренного сустава, могут присутствовать различные неспецифические симптомы, среди которых мы бы отметили: прогрессирующие боли в бедре или паху, хромота, обусловленная неспособностью оптимального переноса собственного веса маленьким пациентом, потеря двигательных функций тазобедренного сустава и общая раздражительность. Причины разнообразных патологий тазобедренного сустава достаточно часто связаны

со скелетной незрелостью и чаще всего специфичны для каждого возраста ребенка [5, с. 31].

Таким образом, для правильной диагностики, клиническая история должна включать подробное описание: 1) характеристик боли (местоположение, характер, время начала, продолжительность, изменение активности, отягчающие и смягчающие факторы, наличие или отсутствие ночной боли); 2) травмы (острая макротравма, повторяющиеся микротравмы, время получения травмы); 3) механические симптомы (щелчки или хруст в области тазобедренного сустава, ухудшение состояния во время или после двигательной активности); 4) системные симптомы (лихорадка, раздражительность); 5) воспалительные симптомы (утренняя скованность в движениях); 6) неврологические симптомы (общая слабость, измененное ощущение); 7) походка (степень выраженности хромоты); 8) остаточные эффекты предыдущих методов лечения (включая антибиотики, анальгетики, противовоспалительные средства, физиотерапию); 9) текущий уровень двигательных функций ребенка [3, с. 15].

Также оценки подлежат факторы генетических предрасположенностей, такие как чрезмерная жесткость и слабость суставов и / или увеличение / уменьшение мышечного тонуса [8, с. 158]. Функциональную биомеханику следует производить посредством оценки походки и характера выполнения разнообразных двигательных действий, таких как приседаний, прыжков на одной ноге, выпадов и зигзагообразного бега. В большинстве случаев боли в области тазобедренного сустава являются односторонними, что позволяет сравнивать их с незатронутой заболеванием стороной. В ходе диагностики необходимо проверять состояние поясничного отдела позвоночника, так как, увеличенный поясничный лордоз, вызванный слабыми мышцами брюшной полости способен вызвать контракцию при сгибании бедра. Длину нижних конечностей можно оценить в положении лежа на спине или сидя. Следует отметить, что при нормальной ходьбе 60% времени отводится фазе вертикального положения (двухопорное положение) при этом порядка 20% — устойчивой позиции и 40% фазе колебания [10, с. 1123]. Во время походки таз и туловище обычно слегка сдвигаются к стороне несущей нагрузку. Если при этом имеется слабость ягодичной мышцы, то в этом случае ребенок будет выталкивать свою грудную клетку назад. Измененная походка может быть вызвана неправильной коррекцией голени или нижних конечностей, слабостью мышц нижних конечностей, нестабильностью суставов, ограничением диапазона движения и / или болью [11, с. 54].

В ходе выполнения активных движений большинство детей способны привести колено до касания им груди (120–135°), совершить отведение тазобедренного

сустава до 30°, абдукцию — 45–50°, а аддукцию — 20–30°. В случае пассивного выполнения движения общее внутреннее и внешнее вращение должно составлять порядка 90°, внутреннее вращение в большей степени с бедренной антеверсией, а внешнее вращение с преобладанием к регрессии бедренной кости. Бедренная антеверсия обладает тенденцией к уменьшению амплитуды с возрастом (от 30° до 15°) [9, с. 463]. Если диапазон движения бедра нормальный в одиночных плоскостях, а комбинированное движение в бедре (сгибание, приведение, внутреннее вращение, т.е. такие движения, которые способны вызвать уменьшение внутрикапсулярного объема) вызывает боль у маленького пациента, то чаще всего в этом случае можно говорить о внутрисуставной патологии, среди которых все чаще диагностируется коксартроз — патологическое заболевание тазобедренных суставов, характеризующееся их дегенерацией, поражением суставного хряща и деформацией суставных костей [6, с. 92–93].

Ученые рассматривают данное заболевание как в первичной форме, характеризующейся одинаково негативным воздействием на оба сустава, так и во вторичной форме, чаще всего рассматриваемой как поражение суставов с одной стороны. Коксартроз проходит три стадии развития. Коксартроз первой степени характеризуется болевыми ощущениями, сопровождаемой хромотой при длительных физических нагрузках. При этом возникшие симптомы, после незначительного отдыха пропадают, суставные изменения не создают ограничений для нормальной жизнедеятельности, сустав остается подвижным. Для коксартроза второй степени характерно некоторое функциональное ограничение подвижности в тазобедренном суставе, хромота при пеших прогулках становится более выраженной. Боль, пульсирующая, и достаточно часто отдается в паховую зону и бедро. Как правило, человек не способен разгибать и сводить ноги. Лечение третьей стадии коксартроза осуществляется исключительно в условиях стационара и направлено оно на разгрузку и снятие болевого синдрома. Разрастание кости тазобедренного сустава препятствует движению поврежденной конечности, что вызывает необходимость использования дополнительной опоры во время передвижения. Процедуры гидрокинезотерапии способны значительно улучшить состояние хряща, повысить стабильность тазобедренного сустава и оказать положительное воздействие на повышение тонуса и выносливость мышц вокруг пораженной области [1, с. 13].

#### Теоретическое обоснование решения исследуемой проблемы

Следует отметить, что молодой возраст пациента при коксартрозе является прогностически благоприятным



из-за более высокого потенциала ремоделирования. Многие исследования показывают, что суставной хрящ механико-адаптивный, т.е. биосинтетическая активность хондроцитов реагирует на механические раздражители и может изменять морфологию и состав хряща в положительную сторону [12, с. 1062]. Из сказанного следует, что хрящ подвергается атрофии при отсутствии механической стимуляции.

Другие исследования показывают, что чрезмерная механическая сила может оказывать пагубное влияние, отражаемое ростом скорости развития симптомов коксартроза [15, с. 71]. Из-за плюрипотентных эффектов механической нагрузки на суставной хрящ физическая активность может играть важную роль, как в причинности возникновения, так и в защите / профилактике коксартроза. Длительная иммобилизация способна привести к уменьшению толщины суставного хряща, что не всегда является причиной возникновения заболевания, однако может выступать прогрессирующим фактором её развития [14, с. 195]. Измерение внутрисуставного давления показали, что иммобилизация при коксартрозе способна фактически повысить внутрисуставное давление. Кроме того, долгосрочная иммобилизация имеет существенные негативные последствия, включая атрофию мышц, контрактуру, увеличение веса и социальную изоляцию. Таким образом, в ходе ряда исследований было определено, что функциональные физиотерапевтические мероприятия способны оказать положительное влияние в ходе терапевтических мероприятий, направленных на снижение синдромов заболевания и приостановки его развития, а в случаях тяжелой прогрессии адекватной мерой может быть лишь оперативная терапия.

Стоит отметить, что опрос, проведенный рядом ученых [7], с целью оценки текущего состояния подростков с заболеванием коксартроз, показал, что использование ортезов для облегчения веса заметно снизило симптоматику проявления заболевания.

Целью всех форм лечения является предотвращение деформации головки бедренной кости и прогрессирующее поражение тазобедренного сустава. Для достижения этой цели всё лечение выстраивается на принципе сдерживания, т.е. на поддержании или восстановлении центрального положения головки бедренной кости. Тип лечения определяется на основе радиологической тяжести заболевания, наличия или отсутствия признаков риска обострения, степени ограничения подвижности тазобедренного сустава и возраста.

В ряде исследований разнообразная как по объему, характеру и интенсивности физическая активность оказывала различное воздействие на состояние суставного

хряща [13]. Так, в результате исследования, проведенного группой ученых, были изучены 92 ребенка в возрасте от 7 до 9 лет до и после серии занятий организованной двигательной активностью с целью определения толщины хряща посредством магниторезонансной томографии (МРТ). Результаты исследований показали, что активность, сообщаемая самим пациентом до МР-обследования, была связана с объемом суставного хряща и что действие физической активности опосредовано, в частности, её отношением к мышечной силе.

Преимущества рекреационных упражнений при коксартрозе не отличаются от тех, которые предписаны в рамках терапевтического вмешательства. Весь комплекс упражнений выстраивается для облегчения потери веса, сохранения совокупности диапазона сложных движений, улучшения прочности суставов, улучшения общих функциональных характеристик, способных значительно снизить симптомы заболевания [2, с. 17]. К физическим нагрузкам, наиболее часто рекомендуемым для пациентов, можно отнести двигательные действия, совершаемые с низким уровнем интенсивности (ходьба, езда на велосипеде, плавание или другие упражнения выполняемые в воде). Водные упражнения предпочтительнее наземных упражнений, так как плавучесть тела значительно ограничивает сжимающую нагрузку, которую должно выдерживать бедро. Сидящий велосипед может также частично разгружать бедро и сохранять его в стабильном положении, пока оно осуществляет движение с достаточно большой амплитудой. Выше-сказанное обусловлено тем, что средние и низкоинтенсивные упражнения позволяют избежать потенциально опасного влияния двигательной деятельности выполняемой в диапазоне высокой интенсивности. Со стороны ученых, занятых решением проблемы предотвращения и лечения коксартроза, нет возражений против легких спортивных состязаний детей, однако следует избегать экстремальных стрессов, например, возникающих в таких видах двигательной активности, которые содержат в себе прыжки и / или физический контакт с соперником [16, с. 46–47].

## Выводы

Боль в области тазобедренного сустава является в настоящее время распространенной жалобой у детей и подростков. Клиническая картина, возраст, пол и габитус тела помогают более точно диагностировать диагноз. В этом случае, очень важно во время распознать причины возникновения боли в тазобедренном суставе, установить правильный диагноз, что в свою очередь предоставит возможность более щадящего и наиболее эффективного лечения посредством правильно организованной двигательной активности включенной в комплекс терапевтических мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова, Е.А. и др. Морфология костных структур тазобедренного сустава в норме и при диспластическом коксартрозе / Е. А. Анисимова, К. С. Юсупов, Д. И. Анисимов // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2014. — Т. 10. — № 3. — С. 12–18.
2. Басков, В.Е. и др. Особенности тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у детей после артропластики деминерализованными костно-хрящевыми аллоколпачками / В. Е. Басков, В. А. Неверов, П. И. Бортулев // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. — 2017. — Т. 5. — Вып.1. — С. 13–20.
3. Котляров, Р.С. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава у подростков: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / Р.С. Котляров — М., 2011. — 28с.
4. Неверов, В.А. и др. Эндопротезирование тазобедренного сустава у детей и подростков / В. А. Неверов, М. М. Камоско, В. Е. Басков В. Е. // Вестник хирургии им. Н. Н. Приорова. — 2011. — Т. 170. — № 6. — С. 107.
5. Поздникин, Ю.И. и др. Профилактика и лечение деформирующего пре- и коксартроза у детей и подростков с врожденной патологией тазобедренного сустава: пособие для врачей / Ю. И. Поздникин, М. М. Камоско, И. Ю. Поздникин.. — СПб., 2005. — С. 31.
6. Попова, Л.А. и др. Коксартроз в структуре заболеваний опорно-двигательной системы: современный взгляд на этиологию, патогенез и методы лечения (аналитический литературный обзор) / Л. А. Попова, Н. В. Сазонова, Е. А. Волокитина // Гений ортопедии. — 2006. — № 4. — С. 91–98.
7. Слизовский Г.В. и др. Хирургическое лечение прогрессирующего диспластического коксартроза у подростка / Г. В. Слизовский, И. И. Кужеливский, Л. А. Ситко // Мать и дитя в Кузбассе. — 2017. — № 2 (69). — С. 51–55.
8. Снетков А.И. и др. К вопросу об эндопротезировании тазобедренного сустава у подростков в детской костной патологии / А. И. Снетков, Р. С. Котляров, А. Р. Франтов // Медицинский альманах. — 2012. — № 2 (21) — С. 256–261.
9. Фищенко, П. Я. Актуальные вопросы детской ортопедии и травматологии / П. Я. Фищенко // Альманах клинической медицины. — 2003. — С. 458–468.
10. Bowman KF, Fox J, Sekiya JK. A Clinically Relevant Review of Hip Biomechanics. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery 2010; 26 (8). P. 1118–1129.
11. Byrne DP, Mulhall KJ, Baker F. Anatomy & Biomechanics of the Hip. The Open Sports Medicine Journal 2010; 4. P. 51–57.
12. Harris-Hayes M, Royer NK. Relationship of Acetabular Dysplasia and Femoroacetabular Impingement to Hip Osteoarthritis: A Focused Review. Journal American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation 2011; 3. P. 1055–1067.
13. Mounasamy V. Acute sciatic neuritis following total hip arthroplasty: a case report. Arch Orthop Trauma Surg 2008; 128. P. 25–28.
14. Ranawat AS, McClincy M, Sekiya JK. Anterior dislocation of the hip after arthroscopy in a patient with capsular laxity of the hip. J Bone Joint Surg Amer 2009; 91 (1). P. 192–197.
15. Safran MR, Zaffagnini S, Lopomo N, et al. The influence of soft tissues on hip joint kinematics: an in vitro computer assisted analysis. Orthopedic Research Society, 55th Annual Meeting, Las Vegas (NV) 2009. P. 64–72.
16. Yang S, Cui Q. Total hip arthroplasty in developmental dysplasia of the hip: review of anatomy, techniques and outcomes. World Journal of orthopedics 2012; 18 (5). P. 42–48.

© Еремин Даниил Николаевич (eremin@fsk-akvant.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский Государственный Университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма

# МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ МУЛЬТИФОКАЛЬНОМ АТРОФИЧЕСКОМ ГАСТРИТЕ В СОПОСТАВЛЕНИИ С НЕИНВАЗИВНЫМИ СЕРОЛОГИЧЕСКИМИ КРИТЕРИЯМИ АТРОФИИ

## MORPHO-FUNCTIONAL CHANGES IN MULTIFOCAL ATROPHIC GASTRITIS IN COMPARISON WITH NON-INVASIVE SEROLOGY ATROPHY CRITERIA

*P. Katchieva  
S. Kotelevets*

*Summary.* The work is aimed at revealing morphofunctional changes in multifocal atrophic gastritis among patients who underwent serological screening and establishing a correlation between the frequency of occurrence of each form of multifocal atrophic gastritis from histological studies and noninvasive serological detection in accordance with the OLGA classification.

*Keywords:* atrophic gastritis; morphological changes; gastric atrophy; OLGA; serological screening.

*Катчиева Палина Халитовна*

*Аспирант, Северо-Кавказская государственная  
гуманитарно-технологическая академия  
polya.ya.91@mail.ru*

*Котелевец Сергей Михайлович*

*Д.м.н., профессор, Северо-Кавказская государственная  
гуманитарно-технологическая академия  
smkotelevets@mail.ru*

*Аннотация.* Работа направлена на выявление морфофункциональных изменений при мультифокальном атрофическом гастрите, среди больных прошедших серологический скрининг, и установление корреляционной связи между частотой встречаемости каждой формы мультифокального атрофического гастрита по данным гистологических исследований и неинвазивного серологического выявления в соответствии с классификацией OLGA.

*Ключевые слова:* атрофический гастрит; морфологические изменения; желудочная атрофия; OLGA; серологический скрининг.

**П**ри подробном изучении методики получения и последующего анализа результатов неинвазивного выявления атрофического гастрита в соответствии с инструкцией производителя [компания Biohit] возникают закономерные вопросы.

На рисунке 1.1. в нижнем правом квадранте отражена продукция гастрина-17 и пепсиногена-1 при мультифокальном атрофическом гастрите, т.е. в том случае когда атрофия поражает слизистую оболочку желудка антрального сегмента и тела желудка одновременно [инструкция производителя]. Повышение [G-17↑] уровня гастрина-17 при мультифокальной атрофии, когда исчезают G-клетки желудочного антрума которые его продуцируют, вызывает большие сомнения. Такое положение явно противоречит законам физиологии, да и здравому смыслу тоже.

Например, каким образом атрофичная слизистая оболочка антрального отдела желудка может продуцировать повышенное количество гастрина-17 [нижний правый квадрант — рис 1.1].

М. Leja с соавторами установили низкую чувствительность маркера атрофии антрального отде-

ла желудка гастрин-17 [36%] используя в качестве критерия уровень меньше 5 пмоль/л. Именно этот критерий предлагает производитель тестовой панели «Гастропанель» для выявления антральной атрофии желудка [1].

Основываясь на выявленной сильной отрицательной корреляционной связи между выраженностью атрофии в антральном отделе и теле желудка и уровнями гастрин-17 и пепсиногена-1 [2,3,4] SM Kotelevets, SA Chekh разработали чувствительные и специфичные серологические критерии для слабой, умеренной и выраженной атрофии слизистой оболочки антрального отдела и тела желудка. Причем они определили грань между атрофией антрального отдела желудка и неатрофическим антральным гастритом уровень гастрин-17 равным 10 пмоль/л. Такой неинвазивный метод своевременного обнаружения тяжелого атрофического гастрита с помощью маркеров атрофии характеризуется тем, что гастрин-17 для желудочного антрума имеет чувствительность[Se] — 89%, специфичность[Sp] — 99% [5].

Выделение выраженной атрофии имеет принципиальное значения как для антрального отдела желудка, так и для тела желудка. В рамках Киотского глобального

		Corpus			
		Normal	Gastritis	Atrophic gastritis	
Antrum	Normal	N		Hp + / - PGI ↓ G-17 ↑	N = stomach mucosa is healthy Hp = H.pylori
	Gastritis	Hp + PGI ↑ G-17 ↑			PGI = plasma pepsinogen I (pepsinogens I/II)
	Atrophic gastritis	Hp + PGI ↑ G-17 ↓		Hp + / - PGI ↓ G-17 ↑	G-17 = plasma gastrin-17 amidated

Рис. 1.1. Уровни гастрина-17 и пепсиногена-1 в зависимости от наличия атрофии в антральном отделе и теле желудка

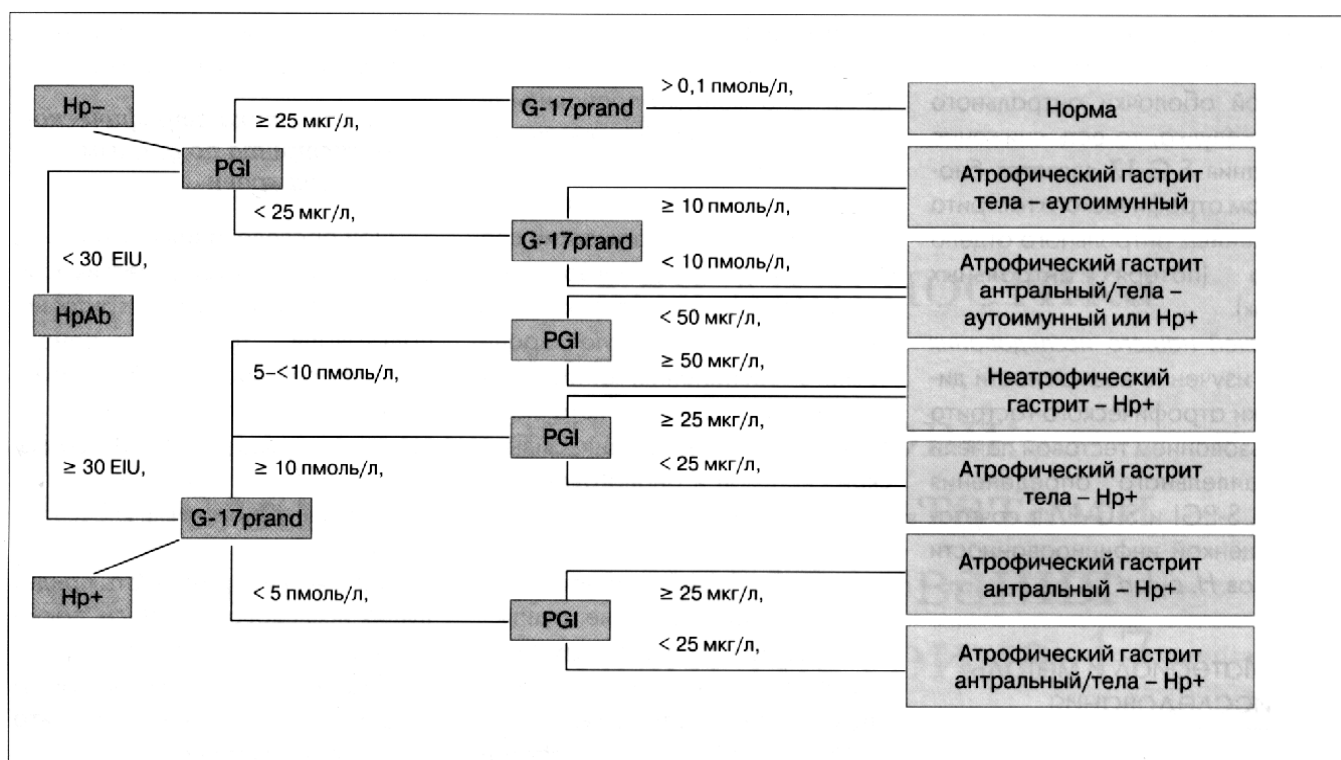


Рис. 1.1. Трактовка полученных маркеров лабораторного исследования с помощью метода BiohitGastroPanel®

Таблица 1. Распределение пациентов по классификации OLGA на основании гистологического исследования

Гистологические критерии	Нет атрофии тела желудка	Легкая корпус-атрофия	Умеренная корпус-атрофия	Выраженная корпус-атрофия
Нет антрум атрофии	0	0	0	0
Легкая антральная атрофия	0	7	2	11
Умеренная антральная атрофия	0	7	27	10
Выраженная антральная атрофия	0	1	6	4

Таблица 2. Распределение пациентов по классификации OLGA на основании неинвазивных серологических критериев атрофии

Серологические критерии	Нет атрофии тела желудка: ПГ-1 > 25 мкг/л	Легкая корпус-атрофия: ПГ-1 = 15–25 мкг/л	Умеренная корпус-атрофия: ПГ-1 = 9–15 мкг/л	Выраженная корпус-атрофия: ПГ-1 = 0–9 мкг/л
Нет антральной атрофии: Г-17 > 10 пмоль/л	0	2	0	5
Легкая антральная атрофия: Г-17 = 7–10 пмоль/л	1	3	10	10
Умеренная антральная атрофия: Г-17 = 4–7 пмоль/л	1	9	15	11
Выраженная антральная атрофия: Г-17 = 0–4 пмоль/л	0	2	3	3

консенсуса сформулировано положение 14А касающееся риска развития рака желудка. В нем говорится, что риск рака желудка коррелирует с тяжестью и степенью атрофического гастрита. Уровень доказательности при этом высокий. Авторы выделили две самостоятельные формы хронического атрофического гастрита:

- Mild to moderate gastric atrophy
- Severe gastric atrophy.

Поэтому своевременная диагностика выраженного атрофического гастрита очень важна для стратификации риска развития рака желудка. В положении 14В Киотского глобального консенсуса обсуждаются гистологические системы, такие как OLGA и OLGIM. Отмечается, что польза для стратификации риска желудочного рака имеет низкий уровень доказательности [6]. В тоже время сывороточные пепсиногены I, II и гастрин показали свою

эффективность в качестве инструментов неинвазивной диагностики желудочной атрофии как у отдельных пациентов, так и в популяционных скринингах [6].

В итоге можно констатировать отсутствие полного системного понимания конкретных алгоритмов проведения доступного неинвазивного выявления атрофического гастрита. Препятствием к этому является недостаточность знаний о взаимоотношении параллельно развивающихся атрофических процессов в антральном сегменте желудка и слизистой оболочки тела желудка. Поэтому назрела необходимость изучения морфо — функциональных изменений при мультифокальном атрофическом гастрите.

### Цель работы

Изучить морфофункциональные изменения при мультифокальном атрофическом гастрите, среди больных прошедших серологический скрининг.

Задачи:

- 1) Провести морфо — функциональные сопоставления при мультифокальном атрофическом гастрите.
- 2) Предложить определенный алгоритм проведения превентивных мероприятий способствующих своевременному выявлению атрофического гастрита с повышенным риском развития злокачественных новообразований желудка.
- 3) Выявить корреляционные связи между степенью выраженности атрофии антрального сегмента, желудочного корпуса и тяжестью дисплазии слизистой оболочки желудка.

### Материалы и методы

Для того чтобы изучить этот процесс, из прошедших серологический скрининг пациентов были отобраны 75 человек с мультифокальным гастритом, т.е. те у которых уровень гастрин-17 был менее 10 пмоль/л и/или пепсиноген-1 менее 25 мкг/л. Атрофия у всех 75 пациентов в желудочном антруме и корпуре была подтверждена при гистологическом исследовании биоптатов. Забор биоптатов у всех пациентов производился в строгом соответствии с Сиднейской системой.

В зависимости от степени тяжести атрофии в антральном сегменте и желудочном корпуре эти 75 пациентов были классифицированы в соответствии с системой OLGА. Причем распределение по этой классификации было осуществлено дважды. На основании гистологического исследования биоптатов по визуальной — аналоговой шкале Сиднейской системы в Хьюстонской модификации. Кроме этого 75 пациентов с мультифокальным атрофическим га-

стритом классифицированы по OLGА на основании серологических критериев степени выраженности атрофии в антральном сегменте и корпуре желудка по S. M. Kotelevets, S.A Chekh.

### Результаты

Гастрин-17 у 67 пациентов с мультифокальным атрофическим гастритом был < 10 пмоль/л, то есть гастрин-17 у 67 пациентов был снижен. У двоих пациентов гастрин-17 был равен 10,5 пмоль/л, еще у троих был равен 11 пмоль/л и еще у двоих пациентов с мультифокальным атрофическим гастритом был равен 11,5 пмоль/л, то есть его сывороточный уровень был близким к пониженному. Только у одного пациента гастрин-17 был равен 19 пмоль/л. Но этот уровень сывороточного гастрин-17 никак нельзя считать повышенным.

В таблицах 1. и 2. приведены результаты распределения пациентов по классификации OLGА на основании гистологического исследования и неинвазивных серологических критериев атрофии.

При проведении регрессионного анализа между частотой встречаемости каждой формы мультифокального атрофического гастрита по данным гистологических исследований и неинвазивного серологического выявления в соответствии с классификацией OLGА обнаружена сильная корреляционная связь [коэффициент корреляции равен 0,812].

Распределение пациентов по стадиям мультифокального атрофического гастрита в соответствии с классификацией OLGА на основании гистологического исследования:

- стадия I — 7 пациентов,
  - стадия II — 9 пациентов,
  - стадия III — 39 пациентов,
  - стадия IV — 20 пациентов.
- Всего — 75 пациентов.

Распределение пациентов по стадиям мультифокального атрофического гастрита в соответствии с классификацией OLGА на основании серологического исследования:

- стадия I — 6 пациентов,
  - стадия II — 25 пациентов,
  - стадия III — 27 пациентов,
  - стадия IV — 17 пациентов.
- Всего — 75 пациентов.

Из 75 пациентов с мультифокальным атрофическим гастритом у 47 при гистологическом исследовании биоптатов была выявлена кишечная метаплазия, что составило 63%. Из них в 22 [29%] случаях это была кишеч-

ная метаплазия легкой степени, 15 [20%] — умеренная и 10 [14%] — тяжелая кишечная метаплазия.

Дисплазии у этих пациентов выявлено меньше. При гистологическом исследовании у 75 больных дисплазия различной степени тяжести была обнаружена среди 39 [52%] пациентов с мультифокальным атрофическим гастритом. В том числе 24 [32%] человека с легкой дисплазией, 13 [17%] с умеренной дисплазией и 2 [3%] с дисплазией тяжелой степени.

Для выявления корреляционных связей между степенью выраженности атрофии антрального сегмента, желудочного корпуса и тяжестью дисплазии слизистой оболочки желудка, был определен коэффициент ранговой корреляции Спирмена между выраженностью атрофии антрального сегмента и степенью тяжести дисплазии. Отдельно рассчитали коэффициент корреляции между уровнем атрофии тела желудка и тяжестью дисплазии. В первом случае коэффициент составил 0,320 [ $n = 75$ ,  $p = 0,005$ ]. Во втором случае коэффициент корреляции равнялся 0,235 [ $n = 75$ ,  $p = 0,042$ ]. Для суммарной оценки тяжести атрофического гастрита, согласно классификации OLGA, мы определили стадии мультифокального атрофического гастрита для каждого пациента. Коэффициент корреляции между стадией мультифокального атрофического гастрита и тяжестью желудочной дисплазии равнялся в этом случае 0,41 [ $n = 75$ ,  $p = 0,000$ ].

## Выводы

- ◆ Результаты нашего исследования полностью опровергают возможность повышения продукции гастрин-17 в ответ на атрофию слизистой тела желудка при наличии одновременной антральной атрофии.
- ◆ При проведении регрессионного анализа между частотой встречаемости каждой формы мультифокального атрофического гастрита по данным гистологических исследований и неинвазивного серологического выявления в соответствии с классификацией OLGA обнаружена сильная корреляционная связь [коэффициент корреляции равен 0,812]. Это позволяет предлагать использование этой классификации не только на основе исследования гистологической картины биоптатов при различных степенях выраженности атрофии и стадиях атрофического гастрита, но также и на основе неинвазивного выявления его по серологическим критериям таких маркеров атрофии антрального сегмента и тела желудка как гастрин-17 и пепсиноген-1.
- ◆ При анализе корреляционной связи между стадией мультифокального атрофического гастрита и тяжестью желудочной дисплазии обнаружена более сильная связь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. The validity of a biomarker method for indirect detection of gastric mucosal atrophy versus standard histopathology / M. Leja, L. Kupcinskis, K. Funka [et al.] // *Dig Dis Sci.* — 2009. — Vol. 54. — P. 2377–2384.
2. Invasive and non-invasive diagnosis of *Helicobacter pylori*-associated atrophic gastritis: a comparative study / V. D. Pasechnikov, S. Z. Chukov, S. M. Kotelevets [et al.] // *Scand J Gastroenterol.* — 2005. — Vol. 40. — P. 297–301.
3. Morpho-functional comparisons in *Helicobacter pylori*-associated chronic atrophic gastritis / VD Pasechnikov, SZ Chukov, SM Kotelevets [et al.] // *Rocz Akad Med Bialymst.* — 2005. — Vol. 50. — P. 183–187.
4. Possibility of non-invasive diagnosis of gastric mucosal precancerous changes / V. D. Pasechnikov, S. Z. Chukov, S. M. Kotelevets [et al.] // *World J Gastroenterol.* — 2004. — Vol. 10. — P. 3146–3150.
5. Kotelevets SM. Serological Criteria for Mild, Moderate and Severe Atrophy in Atrophic Gastritis / SM Kotelevets, SA Chekh // *Biol Med.* — 2015. — Vol. 7. — P. 235.
6. Kyoto global consensus report on *Helicobacter pylori* gastritis / Kentaro Sugano, Jan Tack, Ernst J Kuipers [et al.] // *Gut.* — 2015. — Vol. 64. — P. 1–15.

© Катчиева Палина Халитовна (polya.ya.91@mail.ru), Котелевец Сергей Михайлович (smkotelevets@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ТЕРАПИИ ГИПЕРПИГМЕНТАЦИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### EXISTING METHODS OF TREATMENT OF HYPERPIGMENTATION AND THEIR EFFECTIVENESS

**A. Kuradovets**

*Summary.* pigment disorders of the skin represent a significant medical and social problem. If used for therapy tools used aggressive, much has changed in the therapeutic methods and the range of drugs used in the treatment of hypermelanosis. Melanin synthesis is a complex process of biochemical interactions that occur in the skin, endogenous and exogenous exposure can cause temporary or permanent violations of the process. In the article therapeutic drugs used in modern dermatology and cosmetology. The article focuses on the necessity of taking into account the individual patient and to identify the causes of violations of synthesis and distribution of pigment. Reviewed the latest biotech ingredients used in the treatment of this disease

*Keywords:* hyperpigmentation, etiology, pathogenesis, melanin, treatment, lentigines, etc.

**Курадовец Александр Аркадьевич**

Врач-дерматовенеролог, соискатель, УО Белорусский  
государственный медицинский университет  
m-w07@mail.ru

*Аннотация.* Дисхромии кожи представляют собой значимую медицинскую и социальную проблему. Если раньше для проведения терапии использовались средства агрессивного воздействия, то со временем значительно видоизменились терапевтические методы и спектр препаратов, применяемых в лечении гипермеланозов. Синтез меланина — это сложный процесс биохимического взаимодействия, происходящего в коже, эндогенные и экзогенные воздействия могут привести к временным или постоянным нарушениям данного процесса. В статье систематизированы терапевтические препараты, используемые в современной дерматологии и косметологии. Акцентируется внимание на необходимости учета индивидуальных особенностей пациента и выявлению причин нарушений синтеза и распределения пигмента. Проводится обзор новейших биотехнологических ингредиентов используемых в лечении данной патологии

*Ключевые слова:* гиперпигментация, этиология, патогенез, меланин, терапия, лентиго и т.д.

**Д**исхромии кожи представляют собой значимую медицинскую и социальную проблему ввиду их большой распространенности. Рассматриваемая проблема не несет опасности для здоровья человека, но существенно нарушает качество жизни. Особое социальное значение имеют гипермеланозы открытых участков кожи. Так например, заболеваемость мелазмом варьируется от 1.5% до 33.3% в зависимости от популяции. В современных условиях пациенты все чаще обращаются за помощью, требуя решения данной проблемы.

Природа данного явления провоцируется множеством медицинским факторов: прием лекарственных препаратов, дисгормональные нарушения, механическая, химическая травматизация кожи, биологическое старение, избыточная инсоляция. Различная этиология и патогенез обуславливают применение различных методов терапии.

Биосинтез меланина — чрезвычайно сложный процесс, в котором ключевую роль играет фермент тирозиназа и аминокислоты тирозин или гидрокси-фенилаланин.[1, С. 43] Меланин является определяющим фактором, формирующим цветовые особенности кожного покрова. Последствия проблем с меланином достаточно наглядны у лиц страдающих альбинизмом или витилиго. Важно отметить, что кожа обычно имеет смешанную пигментацию, но меланин является основ-

ным пигментным веществом, определяющим ее цвет. В незначительной степени пигментация может быть обусловлена наличием окисленного и восстановленного гемоглобина или каротина [2, С. 403]. Определяя методики терапии должны брать за основы причинные факторы развития заболевания. В таблице 1 приведены основные оценочные характеристики, позволяющие определить уровень пигментационных нарушений.

Также используется международная шкала оценки тяжести течения мелазмы Melasma Area Severity Index (MASI), которая учитывает площадь поражения, интенсивность и равномерность гиперпигментации выраженная цифровыми значениями. [5]

#### Площадь поражения

- 0 — не вовлечено в процесс;
- 1 — <10% вовлечено;
- 2–10–29% вовлечено;
- 3–30–49% вовлечено;
- 4–50–69% вовлечено;
- 5–70–89% вовлечено;
- 6–90–100% вовлечено.

#### Интенсивность

- 0 — нормальный цвет кожи без признаков гиперпигментации;



Таблица 1. Оценка гиперпигментации

Степень гиперпигментации	Площадь поражения	Тон цвета	Оценка (баллы)
		Светлый	1
Легкая	От 10% до 25%	Умеренный	2
		Темный	3
		Светлый	4
Средняя	От 35% до 50%	Умеренный	5
		Темный	6
		Светлый	7
Сильная	От 60% до 95%	Умеренный	8
		Темный	9

- 1 — едва заметная гиперпигментация;  
 2 — слабая гиперпигментация;  
 3 — умеренная гиперпигментация;  
 4 — сильная гиперпигментация.

#### Равномерность

0 — normal skin color without evidence of hyperpigmentation;

- 1 — точечное поражение;  
 2 — маленькие очаги поражения <1.5 см диаметр;  
 3 — площадь поражения >2 см диаметр;  
 4 — полное поражение всей кожи без чистых участков.

Вычисление по шкале MASI представляет собой сумму коэффициентов интенсивности D (darkness) и равномерности H (homogeneity) умноженную на процент распространенности мелазмы для каждой области лица.

Общий индекс MASI: Лоб0.3 (D+H)A + правая малярная область 0.3 (D+H)A + левая малярная область 0.3 (D+H)A + подбородок 0.1 (D+H)A.

Индекс MASI необходим для оценки первоначального статуса пациентов и объективизации результатов проводимой терапии.

Для решения проблемы гиперпигментации подавляющее большинство косметологов рекомендует своим пациентам применение наружных отбеливающих средств, как в качестве самостоятельной методики, так и в дополнение к соответствующим процедурам (аппаратным, пилингам с отбеливающим действием). Назначая терапию, в первую очередь анализируется состав препарата, процентное содержание активных веществ, постарается оценить эффективность и безопасность его применения.

Устаревшие классические руководства по дерматологии описывали ряд отшелушивающих методик с использованием таких средств, как 2% белая ртутная мазь,

фенол и 20% салициловый спирт. Возможно, врачи и добивались желаемых результатов отбеливания, но опасность этих средств не оправдывает необходимости их применения. В частности, ртуть обладает мощным токсическим влиянием на почки.

Классическим ингредиентом, используемым для отбеливания нежелательной пигментации, являлся гидрохинон. Данное средство определяется, как наиболее безопасное и эффективное для борьбы с гиперпигментациями, включая лентиго, мелазму, веснушки и др. Действие гидрохинона основано на подавлении синтеза меланина за счет блокады окисления тирозина в активных меланоцитах. Однако он также выполняет функцию ингибитора метаболизма, подавляя синтез ДНК и РНК. Это означает, что гидрохинон оказывает цитотоксический эффект не только на меланоциты, но и на все клетки кожи. Еще одно побочное действие — экзогенный орхоз, заболевание, характеризующееся появлением прогрессирующей гиперпигментации и деструкции коллагеновых и эластиновых волокон в местах применения гидрохинона. В косметологии обычно используют концентрацию гидрохинона до 2%, при концентрации выше 5% цитотоксический эффект развивается довольно быстро.

Гидрохинон (ГХ), применяется уже более 50 лет. Доказана клиническая эффективность применения 4% ГХ в лечении мелазмы и других нарушений пигментации как в монотерапии, так и в комбинации с другими препаратами. Гидрохинон ингибирует тирозиназу, связывая медь в активном центре фермента. Однако, как показали клинические наблюдения, при длительном или постоянном его применении возникает обратный эффект — «рикошетная» пигментация, возможно также развитие орхоза.

Исследователи полагают, что в ответ на длительное воздействие ГХ на меланоциты неизбежно возникает резистентность к нему, а это ведет к повышенной выработке меланина. Меланоциты — это эпидермальные

дендритные клетки, содержащие тирозиназу и вырабатывающие меланин. Меланоциты располагаются между базальными кератиноцитами и каждая десятая базальная клетка относится к меланоцитам. Основная функция меланоцитов кожи, заключается в передаче синтезированного в меланосомах меланина к прилегающим кератиноцитам. Каждый меланоцит соединяется с более чем тридцатью кератиноцитами, формируя эпидермальную меланиновую единицу [2].

Еще в 2010 году управление по надзору за продуктами и лекарствами США (FDA) заявило о своих намерениях запретить свободную продажу средств на основе гидрохинона и ограничить его использование препаратами, изготавливаемыми по рецепту. Многие производители стали выпускать альтернативные средства отбеливания кожи, схожие по эффекту с гидрохиноном. Стали популярны такие ингредиенты, как альфа-арбутин, койевая и азелаиновая кислоты, экстракт солодки. При комбинации этих ингредиентов возможно достижение более выраженного отбеливающего эффекта, чем при применении гидрохинона, но без сопутствующих побочных эффектов.[3]

Рассмотрим особенности перечисленных методов терапии. Азелаиновая кислота выделена из пшеницы. Этот ингредиент является блокатором тирозиназы и по эффективности сопоставим с 2%-ным гидрохиноном. Часто применяется для лечения акне и себорейного дерматита в силу своих бактериостатических свойств.

Помимо отбеливающего эффекта, азелаиновая кислота обеспечивает и ряд других, что дает ей определенные преимущества:

- ◆ отшелушивающее действие хорошо дополняет антитирозиназную активность этого компонента, способствует устранению комедонов;
- ◆ возможность длительного применения, так как азелаиновая кислота не вызывает резистентности;
- ◆ противовоспалительные свойства. Однако при регулярном использовании азелаиновая кислота часто является причиной появления дерматита; кроме того, вызывает у пациента покалывание и жжение в местах применения.

В косметических средствах азелаиновая кислота используется в концентрации до 20%, часто в комбинации с гликолевой кислотой.

Койевая кислота — ингредиент, выделенный более 20 лет назад японскими учеными и до сих пор занимающий одну из лидирующих позиций в списке депигментирующих веществ. Койевая кислота — продукт метаболизма плесневых грибов, является ингибитором

тирозины. Кроме того, она обладает отшелушивающим действием, связывает ионы двухвалентного железа и нейтрализует свободные радикалы. Применяется кое в концентрациях от 1 до 4%. По эффективности койевая кислота сравнима с гидрохиноном, стоит рассматривать лишь вопрос о ее безопасности. [4, С. 85]

По данным Научного комитета по потребительским товарам (Европейский контрольно-надзорный орган), проводившим обширные исследования продуктов с содержанием койевой кислоты, данное вещество при наружном применении не обладает канцерогенным действием.

Возможно развитие побочных эффектов: аллергических реакций и контактного дерматита. Следует помнить о нестабильности койевой кислоты: она разрушается на свету, поэтому препараты, содержащие этот ингредиент, применяются на ночь. Используется также и ее более стабильный аналог — дипальмитат койевой кислоты.

Арбутин является гликозилированной формой гидрохинона и в значительном количестве содержится в чернике, листьях толокнянки, клюкве и некоторых других растений. Это вещество не гидролизуется на коже до гидрохинона (так как необходимые для этого ферменты в коже отсутствуют) и не оказывает токсического воздействия на меланоциты и другие клетки.

Арбутин защищает кожу от пагубного воздействия свободных радикалов, блокирует синтез меланина за счет ингибирования активности тирозиназы. Отбеливающие препараты с содержанием арбутина вероятно популярны, так как дополнительно проявляют антибактериальную активность и обеспечивают противовоспалительный эффект. Арбутин применяется для отбеливания в концентрациях до 3%. Данных о его побочных эффектах нет.

Глабридин содержится в корне солодки (лакрицы). Глабридин ингибирует тирозиназу без цитотоксического действия. Обеспечивает выраженный противовоспалительный эффект за счет подавления продукции свободных радикалов и активности циклооксигеназы, что предотвращает УФВ-индуцированную пигментацию. Для оказания отбеливающего действия применяется в невысоких концентрациях — до 1%. К сожалению, на данный момент отсутствуют исследования, посвященные сравнению глабридина с другими депигментирующими веществами, а также данные о побочных эффектах.

Витамин С (Аскорбиновая кислота) окисляет меланин и ингибирует тирозиназу. Ограничение применения витамина С для отбеливания объясняется его невысокой

активностью, а главное, нестабильностью в водных растворах. Однако недавно появились стабильные производные, которые превращаются в коже в аскорбиновую кислоту под действием ферментов. К таким препаратам относится тетрагексилдецил аскорбат (BV-OSC) — стабильная, жирорастворимая форма витамина С.

Тесты *in vitro* показали, что его применение в концентрации 0,1–0,2% снижает меланогенез на 80%. При этом этот ингредиент имеет антиоксидантные свойства (препятствует окислению липидов), стимулирует синтез коллагена. Таким образом, витамин С можно считать идеальным компонентом средств, направленных на отбеливание и омоложение кожи.

Ретиноиды — отбеливающие косметические средства, которые выступают в качестве производного витамина А. Чаще всех применяется третиноин (трансретиноевая кислота) в концентрациях 0,05–0,1%. Действие ретиноидов основано на нарушении процесса передачи меланосом кератиноцитам, ингибировании тирозиназы и ускорении обновления эпидермиса.

Недостатком препаратов с содержанием ретиноидов является ряд противопоказаний и побочных действий: производные витамина А противопоказаны беременным и кормящим женщинам, при регулярном применении вызывают аллергические реакции, эритему и обильное шелушение кожи. В последнее время, появились новые перспективные соединения на основе ретиноидов. Новый ретиноид гибрида ретинил ретиноат, созданный в результате реакции ретинола и ретинойвой кислоты, обладает ярко выраженными терапевтическими свойствами ретиноидов и, вместе с тем, гораздо меньшими побочными эффектами.

Существует широкий спектр депигментирующих ингредиентов нового поколения. Современные отбеливающие средства представляют собой композицию различных отбеливающих ингредиентов, усиливающих действие друг друга. Часто для усиления видимого эффекта в такие препараты вводят АНА, ускоряющие отшелушивание рогового слоя и обновление эпидермиса, что также способствует лучшему проникновению через кожу депигментирующих компонентов. Однако, несмотря на все усилия, мы часто сталкиваемся либо с неэффективностью препаратов, либо с негативными эффектами токсичных компонентов.

Совсем недавно на косметологическом рынке появились новые разработки — вещества, позволяющие без побочных явлений добиться желаемого отбеливающего эффекта. Эти активные ингредиенты применяются также и в сочетании с классическими компонентами, что позволяет использовать последние в меньших концен-

трациях и тем самым свести к минимуму их возможные негативные последствия.

Эмблика — новейший активный ингредиент отбеливающих косметических средств, получаемый путем экстракции из плодов эмблики лекарственной (*Phyllanthus emblica*). Эмблика занимает важное место в аюрведической медицине, однако в западном мире это растение пока мало известно. Экстракт эмблики обладает мощными антиоксидантными и отбеливающими свойствами за счет входящих в его состав низкомолекулярных гидролизированных танинов (эмбликанин А и эмбликанин В).

Эти вещества являются натуральными полифенолами и антиоксидантами, захватывающими свободные формы кислорода. Важно, что эмбликанины являются хелаторами железа и меди, чем и обусловлен их отбеливающий эффект. Клинически доказано, что экстракт эмблики увлажняет кожу, увеличивает продукцию липидов, обладает противовоспалительным действием, стимулирует синтез гликозаминогликанов и ингибирует коллагеназу, что делает этот компонент незаменимым в средствах, предназначенных для отбеливания и омоложения кожи. Стоит отметить, что экстракт эмблики не обладает токсическими свойствами и является высоко стабильным веществом.

В отдельную группу депигментирующих средств можно выделить биомиметические пептиды, которые селективно связываются со специфическими рецепторами клеточных мембран меланоцитов.

Меланостатин-5 (аква-декстран-нонапептид 1) — это отбеливающий кожу олиго-пептид, являющийся антагонистом альфа-мелано-цитостимулирующего гормона (α-MSH) средней доли гипофиза, синтез которого повышается в период беременности и при приеме оральных контрацептивов. α-MSH стимулирует размножение меланоцитов кожи и усиление выработки меланоцитами черного пигмента — Эумеланина.

Меланостатин-5 конкурентно занимает специфический рецептор (MC1-R) меланоцита, что блокирует дальнейшую активацию тирозиназы и синтез меланина.

Таким образом, меланостатин-5 предотвращает развитие гормонозависимой гиперпигментации и отбеливает кожу. По данным производителя пептида, видимый эффект от применения наружных препаратов с содержанием меланостатина-5 отмечается после трех недель ежедневного использования.

Современное депигментирующее средство представляет собой целую композицию отбеливающих ин-

гредентов, помимо которых в его состав вводят вещества с отшелушивающим, противовоспалительным и антиоксидантным действием. Такая сложная формула позволяет нивелировать негативные эффекты токсичных компонентов, снизить риск осложнений, а главное, повысить эффективность препарата и улучшить состояние кожи (выровнять рельеф, разгладить морщины, уменьшить количество высыпаний акне).

Рассматривая особенности терапевтических методов, применяемых при гиперпигментации, нельзя не сказать о лазерном воздействии на пораженные участки кожи. Применение лазера на современном этапе достаточно апробировано. Важно понимать, что существует множество разновидностей лазера, различающихся по степени воздействия. Лазеры классифицируются на 4 класса безопасности. Если первый класс наименее травматичен, то четвертый может стать причиной ожога, даже при использовании рассеянного луча.

Проникающая способность лазерного воздействия зависит от длины волны и индивидуальных особенно-

стей кожи. Следует учитывать толщину кожного покрова, уровень и глубину пигментационного поражения. Одновременное использование нескольких волн различной длины является эффективным методом лазерной коррекции и позволяет эффективно воздействовать на все типы кожи. Следует фокусировать лазерные лучи на нужную глубину, посредством специальных дерматологических линз.

Подводя итоги, следует отметить, что скоро уйдут в прошлое ингредиенты с доказанным цитотоксическим действием (фенол). Основные перспективы связаны с отбеливающими средствами, являющимися комбинацией эффективных, безопасных и усиливающих действие друг друга веществ (азелаиновой, койевой кислот, меланостатина-5) в сочетании с компонентами растительного происхождения (эмбликой, корнем солодки, листьями толокнянки). Все большее значение в терапии приобретают синтезированные биомиметические пептиды работающие на уровне внутриклеточной регуляции, а также, синтетические нефенольные соединения нового поколения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Марголина А. Фотостарение кожи — профилактика и лечение. Косметика и медицина. 2001.
2. Румянцева Е.Е., Губанова Е. И., Колиева М. Х. Малоинвазивные методики в омоложении периорбитальной зоны. — VIII Международный конгресс по эстетической медицине им.Евгения Лапутина. — 11–15 февраля 2009.
3. Nordlund J.J., Boissy R. E., Hearing V. J. et al. The pigmentary system. 2nd ed. Oxford 2006.
4. Parvez S, Malik KA, AhKang S, Kim H-Y. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. J Appl Microbiol. 2006/
5. Kim JE1, Kim B, Kim H, Kim H, Lee JD, Kim HJ, Choi KY, Lee SH. Retinyl retinoate induces hyaluronan production and less irritation than other retinoids. J Dermatol. 2010 May;37(5):448–54. doi: 10.1111/j.1346–8138.2010.00808.x.

© Курадовец Александр Аркадьевич ( m-w07@mail.ru ). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КОМОРБИДНОСТИ У БОЛЬНЫХ С АТЕРОСКЛЕРОЗОМ БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ СОСУДОВ

### APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF COMORBIDITY IN PATIENTS WITH ATHEROSCLEROSIS OF THE BRACHIOCEPHALIC VESSELS

**T. Luzina**  
**I. Urvantseva**  
**L. Efimova**  
**E. Almazova**

Summary. Aim. To study comorbidity in patients with atherosclerosis of the brachiocephalic vessels.

Materials and methods. The study included 100 patients with atherosclerotic lesions of the brachiocephalic vessels and burdened with comorbidity. Among them 45 women and 55 men, aged 37 to 77 years. Assessment of comorbidity was performed with the help of indices of comorbidity and evaluation scales: the System CIRС (Cumulative Illness Rating Scale), the Index, Kaplan–Feinstein Index Charlson. Statistical data processing was carried out using Microsoft Excel. The significance of differences was assessed using student's t-test (all test data is close to normal distribution law).

Results. The average age in the study group was 57.4 years, there weren't any significant differences by gender. In the group number of comorbidities range from 3 to 9. Among all systems of evaluation of comorbidity there is dependence of different strength. During the process of analysis of existing comorbidity the following results were obtained: the most frequent concomitant diseases belong to the group of HVD.

Conclusion. The presence of comorbidity should be considered before the choosing the scheme of treatment of atherosclerosis of the BCA.

**Keywords:** atherosclerosis, brachiocephalic vessels, comorbidity, comorbidity index, evaluation scale.

**Лузина Татьяна Владимировна**

Аспирант, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут  
Luzvladimir@yandex.ru

**Урванцева Ирина Александровна**

К.м.н., БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут; Бюджетное учреждение Окружной кардиологической диспансер «Центр Диагностики и Сердечно-Сосудистой Хирургии»

**Ефимова Лариса Петровна**

К.м.н., доцент, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут

**Алмазова Елена Геннадьевна**

Старший преподаватель, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут

**Аннотация.**

Цель. Изучить коморбидность у больных атеросклерозом брахиоцефальных сосудов.

Материалы и методы. В исследование включены 100 пациентов с атеросклеротическим поражением брахиоцефальных сосудов и отягощенной коморбидностью. Среди них 45 женщин и 55 мужчины в возрасте от 37 до 77 лет. Оценка коморбидности производилась с помощью индексов коморбидности и оценочных шкал: Система CIRС (Cumulative Illness Rating Scale), Индекс Kaplan–Feinstein, Индекс Charlson. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Microsoft Excel. Достоверность различий оценивалась с использованием критерия Стьюдента (все исследуемые данные приближены к нормальному закону распределения).

Результаты. Средний возраст в исследованной группе составил 57,4 года, достоверных отличий по половому признаку нет. В группе количество сопутствующих заболеваний составляет от 3 до 9. Между всеми системами оценки коморбидности существует зависимость разной степени силы. При анализе имеющейся коморбидности получены следующие результаты: наиболее часто встречаемые сопутствующие заболевания относятся к группе ССЗ.

Заключение. Наличие коморбидности следует учитывать при выборе схемы лечения атеросклероза БЦА.

**Ключевые слова:** атеросклероз брахиоцефальных сосудов, коморбидность, индекс коморбидности, оценочные шкалы.

## Актуальность

Среди наиболее актуальных проблем современного здравоохранения выделяется проблема диагностики, терапевтической тактики и медицинского прогноза при коморбидной патологии [1].

Проблема диагностики коморбидной патологии при атеросклерозе брахиоцефальных сосудов существует для терапевтов как в плане предоперационной подготовки к хирургическому лечению, оценке безопасности медикаментозной терапии, так и в плане профилактики прогрессирования коморбидных заболеваний и атеросклероза.

Распространенность коморбидности согласно исследованию M. Fortin [2] составляет 69% у больных молодого возраста, 93% среди лиц среднего возраста и до 98% — у пациентов старшей возрастной группы. При этом число хронических заболеваний варьирует в среднем от 2,8 у молодых пациентов до 6,4 — у пожилых больных [3]. По данным отечественных исследователей [4], основанных на патологоанатомических материалах, частота коморбидности составляет 94,2%. Наиболее часто в работе врача встречаются комбинации из двух и трех нозологий, но в единичных случаях (до 2,7%) у одного пациента сочетаются до 6–8 болезней одновременно [5]. Совершенство диагностики коморбидной патологии при атеросклерозе брахиоцефальных сосудов может способствовать повышению эффективности лечения и профилактики, что определило актуальность исследования.

Целью нашего исследования являлось изучение коморбидности у больных атеросклерозом брахиоцефальных артерий (БЦА).

## Материалы и методы исследования

В исследование включены пациенты БУ Окружной кардиологической диспансер «Центр Диагностики и Сердечно-Сосудистой Хирургии» (БУ ОКД «ЦД и ССХ», г Сургут). Среди 500 пациентов, находящихся на диспансерном ангионеврологическом наблюдении, включено в исследование 100 пациентов с атеросклеротическим поражением брахиоцефальных сосудов, имеющие коморбидные заболевания. Среднее количество сопутствующих заболеваний равно 5. В группе 45 женщин и 55 мужчин в возрасте от 37 до 77 лет.

Рассмотрена структура имеющихся коморбидных заболеваний. Оценка коморбидности производилась с помощью Индекса Коморбидности (ИК) и оценочных шкал: Система CIRS (Cumulative Illness Rating Scale), Индекс Kaplan–Feinstein, Индекс Charlson. Проведен анализ особенностей атеросклеротического поражения: с про-

явлениями мультифокального атеросклероза и с изолированным атеросклеротическим поражением. Проанализирован характер распределения индекса массы тела в зависимости от пола.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Microsoft Excel. Достоверность различий между средними оценивалась с использованием критерия Стьюдента (все исследуемые данные приближены к нормальному закону распределения).

Сосудистая коморбидность присутствует в 100% случаях у пациентов. На первом месте в структуре межнозологической коморбидности занимает гипертоническая болезнь (91%), второе место ИБС (51%), на третьем месте нарушения ритма сердца (26%), на четвертом сахарный диабет (24%), заболевания щитовидной железы (21%), деформирующие заболевания крупных суставов (16%), и менее 5% приходится на ППС, нарушения пуринового обмена и системные заболевания.

У женщин имеется преобладание следующих коморбидных заболеваний – гипертоническая болезнь — 93%, заболевания щитовидной железы — 35%, у мужчин отмечается преобладание ИБС — 56% и сахарный диабет 2 тип — 36%.

Оценка коморбидности производилась с помощью индекса коморбидности и оценочных шкал: Система Cumulative Illness Rating Scale (CIRS) оценивает состояние каждой из систем организма [7, 8]. Эта система суммарно оценивает состояние каждой системы органов, но не учитывает возраст пациентов. В данном исследовании получены высокие показатели CIRS для амбулаторных пациентов  $14,22 \pm 3,85$ , причем значимых различий в группе мужчин и женщин нет.

Индекс Kaplan–Feinstein (K-F) дает суммарную, но менее подробную по сравнению с системой CIRS оценку состояния каждой из систем органов [9], недостаток этого способа оценки коморбидности — обобщённость нозологий. В данном исследовании получены высокие показатели для амбулаторных пациентов  $11,38 \pm 3,42$ , причем значимых различий в группе мужчин и женщин нет.

Индекс Charlson дает возможность оценивать возраст пациента и определять риск смертности больных [1], и оценку отдаленного прогноза у больных. В данном исследовании получены высокие показатели для амбулаторных пациентов  $5,73 \pm 2,46$ , причем значимых различий в группе мужчин и женщин нет.

Индекс коморбидности (ИК) показывает количество существующих хронических заболеваний на одно-

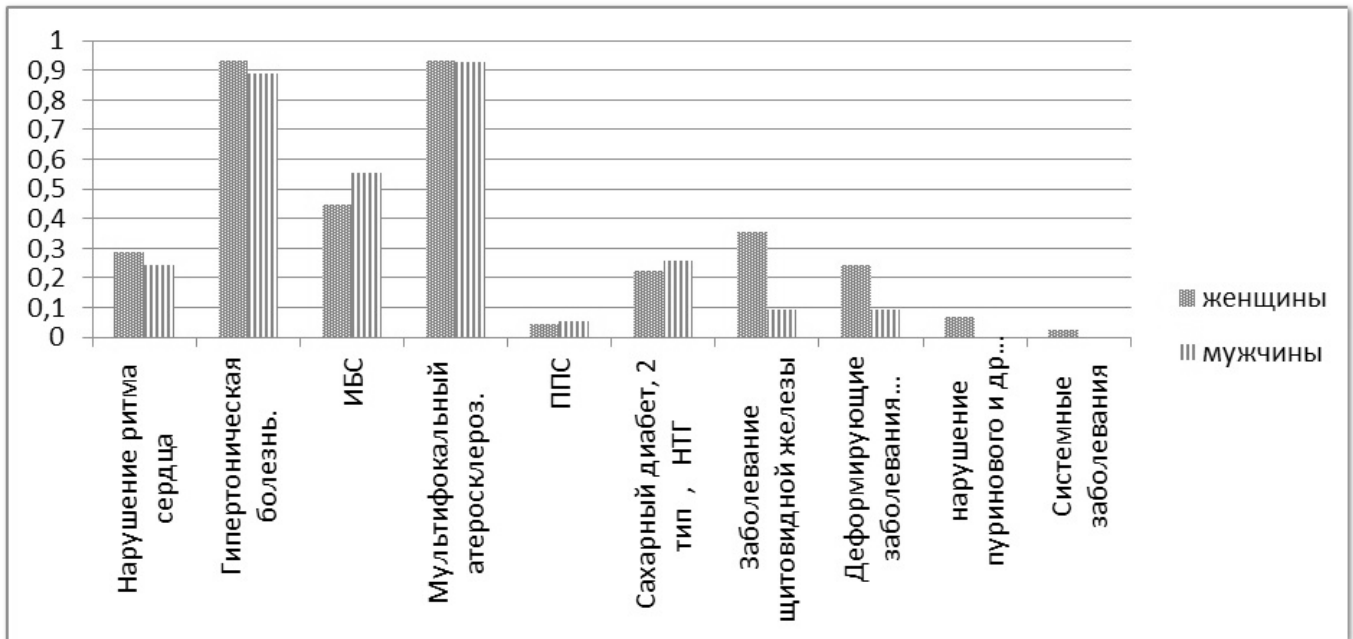


Рис 1. Структура коморбидности при атеросклерозе брахиоцефальных сосудов с учетом пола  
Примечание: ИБС — ишемическая болезнь сердца; ППС — приобретенные пороки сердца; НТГ — нарушение толерантности к глюкозе.

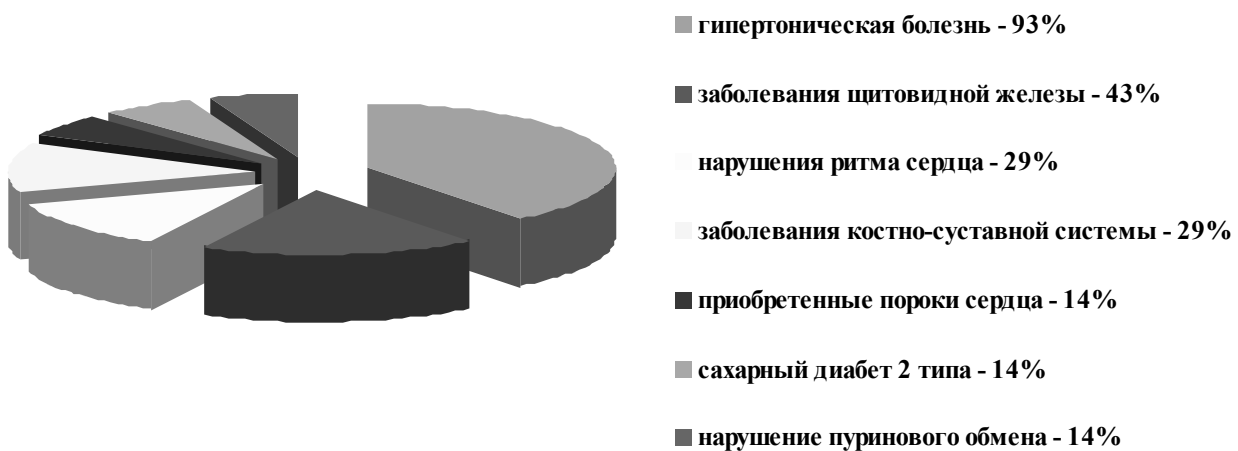


Рис. 2. Особенности пациентов с изолированным атеросклеротическим поражением брахиоцефальных сосудов (n=7)

го больного [1]. Это количественная сторона коморбидности может быть оценена математически с помощью индекса коморбидности (Лазебник, 2000): общее число болезней / один пациент в той или иной возрастной группе. Данный показатель позволяет судить о степени обременённости болезнями, или нозологической отягощённости [1, 9].

Проведен анализ особенностей течения атеросклеротического процесса:

- ◆ с проявлениями мультифокального атеросклероза;
- ◆ с изолированным атеросклеротическим поражением.

У пациентов данной группы в структуре межнозологической коморбидности у 93% пациентов наблюдается гипертоническая болезнь, у 43% пациентов имеется заболевание щитовидной железы, 29% пациентов страдают ИБС и заболеваниями костно-суставной системы,

Таблица 1. Группа пациентов с мультифокальным атеросклерозом (n=93)

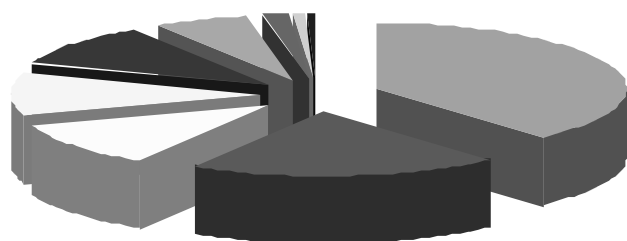
Всего n=93	Система Cumulative Illness Rating Scale (CIRS)	Индекс Kaplan–Feinstein (K-F)	Индекс Charlson	Индекс коморбидности (ИК)	Индекс атерогенности
	14,54	11,70	5,89	1:5	2,92

Примечание: ИК — индекс коморбидности

Таблица 2. Группа пациентов с изолированным атеросклеротическим поражением экстракраниальных сосудов (n=7)

Всего n=7	Система Cumulative Illness Rating Scale (CIRS)	Индекс Kaplan–Feinstein (K-F)	Индекс Charlson	Индекс коморбидности (ИК)	Индекс атерогенности
	9,57	6,71	3,43	1:4	2,29

Примечание: ИК — индекс коморбидности



- гипертоническая болезнь - 91%
- ишемическая болезнь сердца - 48%
- нарушение ритма сердца - 26%
- сахарный диабет 2 типа - 25%
- заболевания щитовидной железы - 19%
- заболевания костно-суставной системы - 15%
- приобретенные пороки сердца - 4%
- нарушения пуринового обмена - 2%
- системные заболевания - 1%

Рис. 3. Особенности пациентов с проявлениями мультифокального атеросклероза (n=93)

по 14% пациентов имеют в анамнезе сахарный диабет, нарушение пуринового обмена и приобретенные пороки сердца.

У 91% пациентов с мультифокальным атеросклерозом наблюдается гипертоническая болезнь, у 48% пациентов — ИБС, 26% страдают нарушением ритма сердца, 25% имеют в анамнезе сахарный диабет 2 типа, заболевания щитовидной железы наблюдаются у 19% пациентов, у 15% пациентов — заболевания костно-суставной системы. Приобретенные пороки сердца, нарушения пуринового обмена и системные заболевания имеют 4%, 2% и 1% соответственно.

У пациентов данной группы имеются более высокие средние показатели индексов коморбидности и оценочных шкал.

Для пациентов данной группы характерно меньшее количество сосуществующих заболеваний, более низкие значения основных оценочных шкал коморбидности.

У 7% пациентов N=7 изолированное поражение экстракраниальных артерий, обусловленное, вероятно, начальной стадией атеросклеротического процесса и комплексом наследственных факторов. Для пациентов данной группы характерно меньшее количество сосуществующих заболеваний, более низкие значения основных оценочных шкал коморбидности.

Особенностью протекания атеросклероза брахиоцефальных сосудов у больных с сосудистой коморбидностью является преобладание мультифокального сосудистого поражения и наличие высоких показателей индексов коморбидности и оценочных шкал.



Таблица 4. Характер распределения индекса массы тела в зависимости от пола

ИМТ	Всего N=100		Мужчины N=55		Женщины N=45		Достоверность различий (м/ж), p
	абс	%	абс	%	абс	%	
норма	7	7	5	9	2	4	0,16
избыточная масса тела	59	59	35	64	24	53	0,3
ожирение 1 ст.	25	25	10	18	15	33	0,04
ожирение 2 ст.	4	4	1	2	3	7	0,09
ожирение 3 ст.	5	5	4	7	1	2	0,09

Согласно представленным данным, ИМТ увеличивается с возрастом у женщин, у мужчин наблюдается обратная тенденция. В проводимом исследовании преобладают пациенты с избыточной массой тела 59%, удельный вес мужчин — 64% и женщин — 53%. Достоверные отличия между мужчинами и женщинами существуют только в группе ожирение 1 степени.

В многочисленных статьях, аналитических работах изложены наиболее распространенные методы измерения коморбидности, проведен их сравнительный анализ.

В настоящее время наблюдается увеличение числа больных с несколькими хроническими заболеваниями (коморбидность, мультиморбидность, полипатии и др.). Так, количество больных с пятью и более коморбидными болезнями увеличилось с 42% в 1988–1994 гг. до 58% в 2003–2008 гг. [12]. Исследование СТЕРХ показало, что более чем у 70% пациентов, обращающихся к кардиологу, имеется сочетание 2 и более сердечно-сосудистых заболеваний. Сочетание ишемической болезни сердца (ИБС) и артериальной гипертензии (АГ) зарегистрировано у 35,3%, сочетание ИБС, АГ и любой другой нозологической формы из класса болезней системы кровообращения (БСК) — 23,3% пациентов. Наиболее частыми сопутствующими БСК заболеваниями являются сахарный диабет (19,1% случаев) и хроническая обструктивная болезнь легких (10,4%) [4, 5].

На сегодняшний день существует узкая специализация существующих методик, затрудняющей их использование на практике, и необходимости создания единого общедоступного инструмента оценки коморбидной патологии. Имеющиеся рекомендации по профилактике ССЗ в основном фокусируются на выраженности модифицируемых факторов риска: дислипидемия, гипертония, курение, нарушение углеводного обмена, оценка ИМТ. Повсеместно используемые, построенные на основе длительных эпидемиологических исследований шкалы, такие как Фрамингемская и EURO SCORE, в значительной мере облегчают планирование первичных профилактических мероприятий. Однако, формируя стратегию вторичной профилактики, нельзя не учиты-

вать, что классические факторы сердечно-сосудистого риска были выявлены в исследованиях, проведенных на общей популяции, т.е. в условиях, когда подавляющее большинство участников либо не получали медикаментозную терапию вообще, либо лечились нерегулярно. В современных условиях в большинстве развитых стран мира пациентам с выявленными сердечно-сосудистыми заболеваниями назначаются лекарственные препараты, способствующие коррекции основных факторов риска, в первую очередь гиперлипидемии и гипертонии. Быстрое уменьшение уровня АД и ОХС приводит к улучшению прогноза *de jure, de facto* оно не отражает уменьшения поражения сосудов, требующего длительной коррекции имеющихся нарушений. В этих условиях стратегически важным является поиск новых ориентиров для стратификации риска и выбора адекватных целей для терапевтических вмешательств. Согласно данным проведенного исследования внутривидовая (сосудистая) коморбидность присутствует в 100% случаев.

Согласно данным, полученным в ходе настоящего исследования первом месте в структуре межнозологической коморбидности занимает гипертоническая болезнь (91%), второе место принадлежит ИБС (51%), на третьем месте нарушения ритма сердца (26%), на четвертом — сахарный диабет (24%), заболевания щитовидной железы (21%), деформирующие заболевания крупных суставов (16%), и менее 5% приходится на ППС, нарушения пуринового обмена и системные заболевания. Транснозологическая (сосудистая) коморбидность присутствует в 100% случаях у пациентов. У женщин имеется преобладание гипертонической болезни — 93%, у мужчин ишемической болезни сердца — 56%. При изучении межнозологической коморбидности у пациентов с изолированным атеросклеротическим поражением брахиоцефальных сосудов на первом месте гипертоническая болезнь — 93%, на втором месте заболевания щитовидной железы — 43%, нарушение ритма сердца и заболевание костно-суставной системы наблюдаются у 29% пациентов. У пациентов с мультифокальным атеросклерозом на первом месте гипертоническая болезнь — 91%, на втором — ИБС (48%), далее следует нарушение ритма сердца — 26%, сахарный диабет тип-2 — 25%. В дан-

ной группе имеются более высокие средние показатели индексов коморбидности и оценочных шкал, что говорит о высоких рисках осложнений и неблагоприятном прогнозе заболевания. В нашем исследовании для стратификации риска и определения прогноза заболевания использовалось разделение групп пациентов по характеру протекания атеросклеротического процесса: у пациентов с мультифокальным атеросклерозом выявлены более высокие показатели индексов коморбидности и оценочных шкал, что свидетельствует о высоких рисках осложнений.

### Заключение

На данный момент одной из первостепенных задач кардиологии является поиск новых возможностей в лечении атеросклероза. Распространенность коморбид-

ности у больных ССЗ высокая, что значительно увеличивает риск развития сердечно-сосудистых катастроф.

Из вышеизложенного следует необходимость комплексного клиничко-инструментального обследования с использованием критериев отбора пациентов с высоким риском неблагоприятных исходов. Также необходима своевременная диагностика и коррекция имеющейся коморбидной патологии, целесообразно верификация полученных результатов с использованием оценочных шкал и индексов. У пациентов с различными видами атеросклеротического поражения сосудов, предлагается использовать в клинической практике вышеописанные методики. Оценка же коморбидности у больных с атеросклеротическим поражением брахиоцефальных артерий является актуальной и необходимой в клинической практике

### ЛИТЕРАТУРА

1. Belyalov F. I. Treatment of internal diseases in the context of comorbidity // Monograph 8 ed., Irkutsk, 2010. — 287 с.
2. Russian (Белялов Ф. И. Лечение внутренних болезней в условиях коморбидности // Монография; 8-е изд., Иркутск, 2010. — 287 с.)
3. Luchikhin L. A. Comorbidity in otolaryngic practice. Vestnik Otorinolaringologii. 2010; P.79–82 Russian (Лучихин Л. А. Коморбидность в ЛОР-практике // Вестник оториноларингологии, 2010; № 2. Стр. 79–82.)
4. Fortin, M. Prevalence of multimorbidity among adults seen in family practice/ M. Fortin, G. Bravo, C. Hudon [et al.] //Annals of Family Medicine.— 2005.— Vol. 3.— P. 23–228.
5. Zhang M., Holman C. D., Price S. D. et al. Comorbidity and repeat admission to hospital for adverse drug reactions in older adults: retrospective cohort study // BMJ. 2009; 338: a2752.23–228.
6. Zairatyants, O. V., L. V. Kanjorski Formulation and comparison of clinical and pathoanatomical diagnoses. M., 2008. page 4 Russian (Зайратьянц О. В., Кактурский Л. В. Формулировка и сопоставление клинического и патологоанатомического диагнозов. М., 2008. Стр. 4)
7. Avtandilov G. G., Zairatyants O. V., Kanjorski L. V. Making the diagnosis. M.: Medicine, 2004. page 304 Russian (Автандилов Г. Г., Зайратьянц О. В., Кактурский Л. В. Оформление диагноза. М.: Медицина, 2004. Стр. 304)
8. Starfield B., Lemke K. W., Bernhardt T. Comorbidity: Implications for the Importance of Primary Care in Case Management // Ann Fam Med, 2003; 1(1): 8–14.
9. Miller M. D., Towers A. Manual of Guidelines for Scoring the Cumulative Illness Rating Scale for Geriatrics (CIRS-G) // Pittsburg, Pa: University of Pittsburg; 1991. P 31.
10. Miller M. D., Paradis C. F., Houck P. R., Mazumdar S., Stack J. A., Rifai A. H. Rating chronic medical illness burden in geropsychiatric practice and research: application of the Cumulative Illness Rating Scale // Psychiatry Res, 1992. 41. P. 237–248.
11. Charlson M. E., Pompei P., Ales H. L. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation // Journal Chronic Disease, 1987.40. P. 373–383.
12. Deyo R. A., Cherkin D. C., Ciol M. A. Adapting a clinical comorbidity index for use with ICD-9-CM administrative databases. J Clin Epidemiol. 1992;45(6). P. 613–619.
13. Schellevis F.G, van Weel C. Comorbidity and guidelines: conflicting interests // Lancet, 2006; vol. 367:550–551 measurements // JAMA, 1994. P. 619–626.
14. Combine disease is an urgent problem of clinical medicine Shirinsky V. S., I. V. Shirinskaya Siberian medical journal, 2014,29, (1): 7–12. Russian (Коморбидные заболевания – актуальная проблема клинической медицины В. С. Ширинский, И. В. Ширинский Сибирский медицинский журнал, 2014,29, (1): 7–12).

© Лузина Татьяна Владимировна ( Luzvladimir@yandex.ru ), Урванцева Ирина Александровна,

Ефимова Лариса Петровна, Алмазова Елена Геннадьевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ

## ANALYSIS OF DIAGNOSTIC OPERATIONS OF THE ABDOMINAL CAVITY

**A. Protopopova  
N. Gogolev  
A. Maksimova  
A. Fedorov  
N. Popov**

*Summary.* Diagnosis of damage to the abdominal cavity is difficult, especially in severe injuries, when the victim is unconscious, in shock or in a state of alcohol intoxication. In these cases, the survey is difficult. Symptoms of intra-abdominal catastrophe are often hidden or atypical, which makes it difficult to timely diagnose [1]. However, the fate of the victim largely depends on the correct diagnosis, timely and necessary medical care in this situation [2].

*Keywords:* diagnostic operations, operation, mini-access, laparoscopy.

**Протопопова Анна Ивановна**

*К.м.н., Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова  
Fyzz05@mail.ru*

**Гоголев Николай Михайлович**

*К.м.н., доцент, Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова  
dogrsemp@mail.ru*

**Максимова Айталина Алексеевна**

*Аспирант, Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова  
aita-al@mail.ru*

**Федоров Айсен Германович**

*Ординатор, Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова*

**Попов Николай Николаевич**

*Ординатор, Медицинский институт Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова*

*Аннотация.* Диагностика повреждения органов брюшной полости сложна, особенно при тяжелых травмах, когда пострадавший находится без сознания, в шоке или в состоянии алкогольного опьянения. В этих случаях опрос затруднен. Симптомы внутрибрюшной катастрофы зачастую скрыты или атипичны, что затрудняет своевременную диагностику [1]. Однако судьба пострадавшего во многом зависит от правильной диагностики, своевременной и необходимой в данной ситуации медицинской помощи [2].

*Ключевые слова:* диагностические операции, операция, минидоступ, лапароскопия.

### Актуальность

**Д**иагностическая минилапаротомия - вскрытие брюшной полости с диагностической целью. В нашем случае параумбиликальный (околопупочный) доступ в брюшную полость малым разрезом (2 см) под местной или спинальной анестезией, оценка характера жидкости и визуальный осмотр подлежащих структур. Диагностическая лапароскопия — осмотр органов брюшной полости с помощью эндоскопа, введенного через переднюю брюшную стенку [3,4,5].

**Целью** данного исследования является оценка актуальности диагностической минилапаротомии, на примере выборки выполненных операций ГБУ РС(Я) «Республиканская больница № 2-Центр экстренной медицинской помощи» за 3 года.

### Материал и методы

На основании ретроспективного изучения стационарных карт 241 пациентов. Которым были проведены диагностические операции брюшной полости, проведен анализ диагностической ценности диагностической минилапаротомии и лапароскопии.

### Объем и методы исследования

Материалом для работы послужили 241 пациентов с травмами и заболеваниями брюшной полости, находившихся на лечении в РБ№ 2ЦЭМП г. Якутск в период с 01.01.2014 по 31.12.16, которым были выполнены диагностические операции брюшной полости. Из 241 больных 106 (44%) были мужского пола, 135 (56%) женского.

Диаграмма № 1

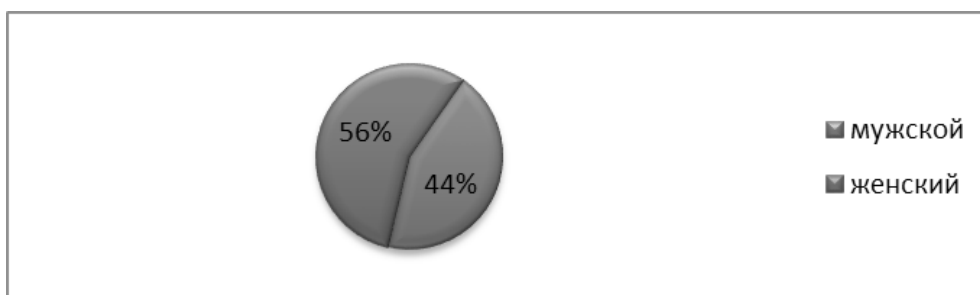
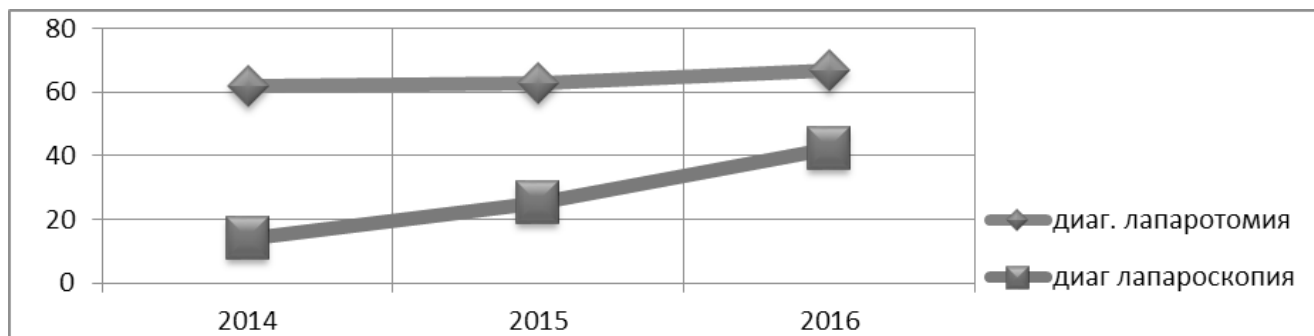


Диаграмма № 2



Диаграмма № 3

Процент конверсии диагностических операций



### Результаты и обсуждение

Возраст больных колебался от 15 до 93, средний возраст составил 44 года. Из них количество лиц «трудоспособного возраста» (от 16 до 65 лет) составил 145 человек. Число диагностических операций в 2014 году составило 79 из них диагностических лапаротомий 24 (30%), лапароскопий 55 (70%). В 2015 году 80 диагностических лапаротомий из них 68 (85%), лапароскопий 12 (15%). В 2016 году 82 из них 56 (68%) диагностических лапаротомий, лапароскопий 26 (32%).

«Положительным результатом» диагностической минилапаротомии, считалось наличие патологических жидкостей (кровь, химус, гной) котороестановилось абсолютным показанием к расширенному оперативному вмешательству. Отрицательным считалось отсутствие патологических жидкостей.

В 2014 году из 24-х пациентов, которым была проведена диагностическая лапаротомия, число конверсий на расширенное оперативное вмешательство составило у 15 (62%) пациентов. Это оказались пациенты преиму-

щественно с внутрибрюшным кровотечением и гнойным перитонитом. У оставшихся 9-ти (38%) пациентов характер найденной жидкости при ревизии брюшной полости была асцитическая жидкость, серозная или серозно-геморрагическая жидкость в незначительном количестве.

55 пациентам, которым была проведена диагностическая лапароскопия, число конверсий составило в 8 (14%) случаях, в большинстве обусловленными техническими трудностями.

В 2015 году из 68 пациентов конверсия на расширенную операцию была, у 42(63%). 12 пациентам, которым была проведена диагностическая лапароскопия, число конверсий составило в 3 (25%) случаях, обусловленными техническими трудностями.

В 2016 году из 56 пациентов конверсия на расширенную операцию была, у 38 (67%). 26 пациентам, которым была проведена диагностическая лапароскопия, число конверсий составило в 11 (42%) случаях, обусловленными техническими трудностями.

**Распределение пациентов по диагнозу при поступлении:** острый аппендицит — 48, перитонит неясной этиологии —35, тупая травма живота-30, ПКРР —16, кататравма-15, автотравма — 13, ЖКБ. Острый калькулезный

холецистит — 11, пельвиоперитонит — 10, спаечная болезнь —10, панкреонекроз —9, желудочно-кишечное кровотечение — 8, подозрение на мезентериальный тромбоз — 8, асцит — 6, перфорация полого органа — 6, энтероколит — 5, другие — 11.

## Выводы

Данная работа показала нам что диагностические операции не потеряли свою актуальность по сравнению с инструментальными методами исследований. Выявлен рост «положительного результата» диагностической минилапаротомии, за последний годы выросла с 62 до 67 процентов. Рост частоты конверсий при лапароскопии с 2014 по 2016 вырос с 14% до 42%.

Таким образом, для улучшения качества диагностики с острым хирургическими заболеваниями и травмами органов брюшной полости целесообразно широкое применение диагностических операций. При выборе метода диагностической операции предпочтение следует отдавать лапароскопии, которые позволяют более детально оценить состояние органов в брюшной полости, снизить показатели послеоперационных осложнений, пребывания пациента в стационаре, повысить оборот коек. Целесообразно проведение специализированного обучения по владению технике лапароскопических операций и повышение квалификации врачей хирургов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдоминальная травма. Руководство. Видар-М. ред. Авторы: Ермолова А. С. — 2010.
2. Основы клинической хирургии: практическое руководство / ред. Н. А. Кузнецов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
3. Топографическая анатомия и оперативная хирургия. 2 т. / под общ. ред. акад. РАМН Ю. М. Лопухина. — 3-е изд., испр. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010.
4. Травма живота. Издательство Бином. Лебедев Н. В., Климов А. Е., Бархударов А. А. — 2015.
5. Хирургические болезни: учебник / ред. М. И. Кузин. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015.

© Протопопова Анна Ивановна ( fyyz05@mail.ru ), Гоголев Николай Михайлович ( gogrcemp@mail.ru ),  
Максимова Айталипа Алексеевна ( aita-al@mail.ru ), Федоров Айсен Германович, Попов Николай Николаевич .  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АНАЛИЗ СМЕРТНОСТИ ОТ ОСТРОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ

### ANALYSIS OF MORTALITY FROM ACUTE SURGICAL PATHOLOGY

**A. Protopopova  
N. Gogolev  
A. Maksimova  
P. Mikhailov**

*Summary.* The main goal of pathoanatomical autopsy is to study the disease more deeply, and the pathologist who produces it solves the triple problem. He tries to detect and describe any deviations from the normal anatomy of the body and various organs and, if possible, compare these deviations to find out the cause-effect relationships between them; further, on the basis of anatomical changes, attempts to explain the functional shifts observed during life; and finally, confirms or refutes an intravital clinical diagnosis, establishing the main and immediate cause of death.

*Keywords:* Surgery, emergency surgical care, surgical pathology, lethality.

**Протопопова Анна Ивановна**

К.м.н., Медицинский институт Северо-Восточного  
федерального университета имени М. К. Аммосова  
Fyzz05@mail.ru

**Гоголев Николай Михайлович**

К.м.н., доцент, Медицинский институт Северо-  
Восточного федерального университета имени  
М. К. Аммосова  
gogrcetnp@mail.ru

**Максимова Айталина Алексеевна**

Аспирант, Медицинский институт Северо-  
Восточного федерального университета имени  
М. К. Аммосова  
aita-al@mail.ru

**Михайлов Петр Дмитриевич**

Ординатор, Медицинский институт Северо-  
Восточного федерального университета имени  
М. К. Аммосова

*Аннотация.* Основная цель патологоанатомического вскрытия — глубже изучить болезнь, и производящий его патологоанатом решает тройную задачу. Он пытается обнаружить и описать любые отклонения от нормальной анатомии тела и различных органов и, по возможности, сопоставить эти отклонения, чтобы выявить причинно-следственные отношения между ними; далее, на основании анатомических изменений пытается объяснить наблюдавшиеся при жизни функциональные сдвиги; и наконец, подтверждает или опровергает прижизненный клинический диагноз, устанавливая основную и непосредственную причину смерти.

*Ключевые слова:* хирургия, экстренная хирургическая помощь, хирургическая патология, летальность.

**В**опросы оказания экстренной хирургической помощи больным имеют большое значение для современной медицины. Неотложные состояния при болезнях органов брюшной полости объемны и неоднородны о чем свидетельствует обширная специальная литература. Эта группа объединяет ряд заболеваний, различных по этиологии и патогенезу, но непременно угрожающих жизни больного и требующих срочных вмешательств, в том числе хирургических. Естественно, что научный интерес представляет не только оценка результатов оказанной экстренной медицинской помощи, но и причины смерти при лечении этой патологии[1].

#### Цель исследования

Провести ретроспективный анализ некриминальных летальных исходов в II хирургических отделениях ГБУ РС(Я) «РБН<sup>2</sup>-ЦЭМП» по данным протоколов вскрытий ПАО ГАУ РС(Я) «РБН<sup>1</sup>-НЦМ» за период 2012–2016 гг.

#### Материалы и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ 326 протоколов вскрытий, произведенных за период 2012–2016 в ПАО ГАУ РС(Я) «РБН<sup>1</sup>-НЦМ».

#### Результаты исследования, обсуждения

За текущий период число произведенных вскрытий остается на относительно одинаковом уровне (рис. 1).

По результатам патологоанатомических вскрытий — на первом месте стоят язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, на втором онкологические заболевания органов брюшной полости, на третьем — деструктивные заболевания поджелудочной железы (рис 2). В сравнении с данными за 2010 по Российской Федерации в структуре смертности так же преобладают язвенные болезни желудка и ДПК совместно с деструктивным панкреатитом.



Рис. 1



Рис. 2

Ведущей причиной смерти в 20% случаев является сердечно-сосудистая недостаточность, обусловленная генерализованным атеросклерозом и коронаросклерозом с последующими терапевтическими осложнениями. Далее идут прямые причины смерти при острой хирургической патологии такие как сепсис, геморрагический шок и перитонит (таб. 2).

При сопоставлении клинического и патологоанатомического диагнозов в большинстве случаев имело место их совпадение. Однако были расхождения диагнозов вследствие присоединения терапевтической патологии (например, острый инфаркт миокарда или ишемический инфаркт головного мозга) — в этих случаях имело место расхождение основного и/или конкурирующего диагнозов. Что касается расхождения диагнозов непосредственно по хирургической патологии, оно было связано в большинстве случаев с кратковременным нахождением в условиях стационара (до 2 суток) и крайне тяжелым состоянием пациентов, что в целом усложняло постановку точного клинического диагноза. За изученный период случаев ятрогении обнаружено не было.

В целом за 5-летний период общая летальность больных с острой хирургической патологией не имела четкой тенденции к снижению. Изучение причин роста послеоперационной летальности и летальности среди неоперированных при досуточной госпитализации больных может явиться предметом самостоятельного исследования. В целом наличие расхождений диагнозов при досуточной госпитализации говорит о низком уровне диагностики, неудовлетворительной преемственности между службой скорой помощи и ГБУ РС(Я) «РБ№ 2-ЦЭМП», низкой укомплектованностью врачами-хирургами на начальных этапах оказания медицинской помощи. Высокая летальность в хирургических стационарах от терапевтической патологии говорит о необходимости наличия собственных «привязанных к отделению» врачей-терапевтов и кардиологов.

Дальнейшее внедрение во врачебную практику современных методов лечения и диагностики, поиск путей совершенствования оказания экстренной хи-

Таблица 1. Число больных, умерших в стационарах хирургического профиля Российской Федерации из числа поступивших для оказания экстренной медицинской помощи в 2010 г. [1].

Диагноз	Летальность госпитализированных по экстренным показаниям			
	РФ		Ставропольский край	
	Число умерших	Летальность	Число умерших	Летальность
острая непроходимость кишечника	2427	5,1	27	2,9
острый аппендицит	313	0,1	7	0,1
прободная язва желудка и двенадцатиперстной кишки	1976	8,2	28	6,7
желудочно-кишечные кровотечения	3538	5,3	36	3,6
ущемленная грыжа	1410	3,2	29	2,8
острый холецистит	1649	0,9	27	0,6
острый панкреатит	4592	2,5	58	1,5

Таблица 2

Причины смерти	
1	Сердечно-сосудистая недостаточность
2	Сепсис
3	Геморрагический шок
4	Инфекционно-токсический шок
5	Перитонит
6	Полиорганная недостаточность
7	ДВС-синдром
8	Отек головного мозга
9	Почечно-печеночная недостаточность
10	Дыхательная недостаточность

рургической помощи, улучшение преемственности между службой скорой медицинской помощи и хирургическим стационаром, позволят снизить число осложнений и летальных исходов, сократить сроки лечения больных с острой хирургической патологией и связанные с ними финансовые расходы и человеческие потери общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://vestnik.mednet.ru/content/view/318/30/lang,ru/>Причины летальных исходов от болезней органов пищеварения в стационарах хирургического профиля в Российской Федерации, Северо-Кавказском федеральном округе и Ставропольском крае в динамике за 10 лет авторы: Муравьев К. А., Сергеев Д. Н.
2. Колоколов Г. Р. Судебная медицина. Курс лекций. — М.: Экзамен, 2006.
3. Пашина Г. А., Ромодановский П. О. Судебная медицина в схемах и рисунках. — М.: ГЭОТАР-Мед, 200.

© Протопопова Анна Ивановна ( Fyzz05@mail.ru ), Гоголев Николай Михайлович ( gogrcemp@mail.ru ),

Максимова Айтилина Алексеевна ( aita-al@mail.ru ), Михайлов Петр Дмитриевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

**Almazova E.** — BU IN the Khanty-Mansi Autonomous district – Yugra «Surgut state University», Surgut, Russia.

**Alyoshina N.** — Lomonosov Moscow State University,

**Antimirova A.** — Postgraduate, Northern Trans-Ural SAU (Tyumen)

**Arkhipov A.** — Doctor of Medicine, Associate Professor, Samara State Medical University

**Arkhipov V.** — Doctor of Medicine, Professor, Samara State Medical University

**Arkhipov V.** — Post-graduate student of the Samara State Medical University

**Bessudova A.** — Junior Scientist, Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

**Domackij V.** — Doctor of biological Sciences, Professor, Northern Trans-Ural SAU (Tyumen),  
vndom72@mail.ru

**Efimova L.** — BU IN the Khanty-Mansi Autonomous district – Yugra «Surgut state University», Surgut, Russia.

**Eremín D.** — Postgraduate, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism  
eremin@fsk-akvant.ru

**Fedorov A.** — 2-year-old resident in the specialty «Surgery» of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»

**Glótova V.** — PhD, Assistant professor, Research Moscow State University of Civil Engineering  
valia.ivanv@yandex.ru

**Gogolev N.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Surgical Diseases and Dentistry of the Faculty of Postgraduate Education of Physicians of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»  
gogrcemp@mail.ru

**Gudikov A.** — Competitor, Military Communication Academy, St. Petersburg  
gal-cheh2@mail.ru

**Guríeva V.** — Doctor of Medical Science, Professor, Altai State Medical University Ministry of Health of the Russian Federation, Barnaul, Russia  
vgurjeva@yandex.ru

**Guseynov G.** — Associate Professor, Dagestan state medical Academy of Ministry of health of the Russian Federation  
germ.67@mail.ru

**Katchieva P.** — North Caucasus State Humanitarian-Technological Academy  
polya.ya.91@mail.ru

**Khanipova E.** — Postgraduate student, Russian state social university (Moscow)  
emolinka@mail.ru

**Konoválov A.** — Lomonosov Moscow State University, soil chemistry department.  
argokargo11@gmail.com

**Kotelevets S.** — North Caucasus State Humanitarian-Technological Academy  
smkotelevets@mail.ru

**Kurádovets A.** — Doctor-dermatovenereologist, applicant, UO Belarusian State Medical University  
m-w07@mail.ru

**Kurguskina E.** — Post-graduate student of the Altai State Medical University Ministry of Health of the Russian Federation, Barnaul, Russia  
kat-kurguskina@yandex.ru

**Lebedev A.** — Doctor of technical science, master of physics and mathematics science, Professor of Tver branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration  
lebedevavic@rambler.ru

**Likhoshway Ye.** — Doctor in Botany, Professor, Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia  
likhoshway@mail.ru

**Luzina T** — BU IN the Khanty-Mansi Autonomous district – Yugra «Surgut state University», Surgut, Russia.  
Luzvladimir@yandex.ru

**Maksimova A.** — Post-graduate student of the Department of Public Health and Public Health, General Hygiene and Bioethics of the Medical Institute of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»  
aita-al@mail.ru

**Maruk S.** — Dentist, Samara state medical university  
arhipov0163@mail.ru

**Mikhailov P.** — 2-year-old resident in the specialty «Surgery» of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»

**Mozhaev A.** — Lieutenant Colonel of Internal Service, Far East fire-saving Academy - a branch of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia (St. Petersburg State University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Measures of Russia)  
ogpn46@yandex.ru

**Nikishin D.** — Ph.D., Koltsov Institute of Developmental Biology RAS, Lomonosov Moscow State University  
denisnikishin@gmail.com

**Popov N.** — 2-year-old resident in the specialty «Surgery» of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»

**Protopopova A.** — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Surgical Diseases and Dentistry, Faculty of Postgraduate Education of Physicians of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov»  
Fyzz05@mail.ru

**Risnik D.** — Candidate of Biological Sciences, leading research associate Lomonosov Moscow State University,  
biant3@mail.ru

**Semenova M.** — Doctor of biological sciences, Prof., Lomonosov Moscow State University,

**Shapovalova A.** — Associate professor of the FSBEI HE "Saratov national research state university named after N.G. Chernyshevsky", the Balashov institute (branch), Balashov, Saratov region  
kupena07@rambler.ru

**Shmukler Yu.** — Doctor of biological sciences, Leading Researcher, Koltsov Institute of Developmental Biology RAS

**Tkachenko P.** — PhD in pedagogy, Togliatti State University. Institute of Engineering, Department of Management for Industrial and Ecological Safety  
expertnovo@gmail.com

**Urvantseva I** — BU IN the Khanty-Mansi Autonomous district – Yugra «Surgut state University», Surgut, Russia.

**Zubkova V.** — Doctor of Biological Sciences, professor, Russian state social university (Moscow)  
vmzubkova@yandex.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.
- ◆ Литература 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](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).