№ 4 (94) ▪ 2020
Часть 1 ▪ Апрель

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE

Екатеринбург
2020

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ
INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL
ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE

Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес издателя и редакции: 620137, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д. 11, корп. А, оф. 4.
Электронная почта: *editors@research-journal.org*
Сайт: *www.research-journal.org*
16+

№ 4 (94) 2020
Часть 1
Апрель

Дата выхода 17.04.2020
Подписано в печать 10.04.2020
Тираж 200 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 295118.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии "А-принт".
620049, г. Екатеринбург, пер. Лобачевского, д. 1.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких-либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Актуальная информация об индексации журнала в библиографических базах данных https://research-journal.org/indexing/.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217.**

Члены редколлегии:

Филологические науки:
Растягаев А.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Калужский Государственный Университет имени К.Э. Циолковского (Калуга, Россия);
Вербицкая О.М. к.филол.н., Иркутский Государственный Университет (Иркутск, Россия).

Технические науки:
Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф.,Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижний Новгород, Россия);
Герасимова Л.Г. д-р техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Апатиты, Россия);
Курасов В.С. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Оськин С.В. д-р техн. наук, проф. Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия).

Педагогические науки:
Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);
Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);
Лукьянова М.И. д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);
Ходакова Н.П. д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

Психологические науки:
Розенова М.И. д-р психол. наук, проф., Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия);
Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);
Каменская В.Г. д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

Физико-математические науки:
Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);
Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Государственный Научный Центр ЦНИИчермет им. И.П. Бардина (Москва, Россия);
Свистунов Ю.А. д-р физ.-мат. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Географические науки:
Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);
Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);
Огуреева Г.Н. д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

Биологические науки:
Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского (Саратов, Россия);
Еськов Е.К. д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);
Шеуджен А.Х. д-р биол. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Ларионов М.В. д-р биол. наук, профессор, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия).

Архитектура:
Янковская Ю.С. д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Ветеринарные науки:
Алиев А.С. д-р ветеринар. наук, проф., Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия);
Татарникова Н.А. д-р ветеринар. наук, проф., Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, Россия).

Медицинские науки:
Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная Мдицинская Академиия (Ижевск, Россия).

Исторические науки:
Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия);
Бакулин В.И. д-р ист. наук, проф., Вятский государственный университет (Киров, Россия*);*
Бердинских В.А. д-р ист. наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Россия);
Лёвочкина Н.А. к.ист.наук, к.экон.н. ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия).

Культурология:
Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Искусствоведение:
Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения,Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Философские науки:
Петров М.А. д-р филос. наук, Института философии РАН (Москва, Россия);
Бессонов А.В. д-р филос. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Цыганков П.А. д-р филос. наук., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);
Лойко О.Т. д-р филос наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия).

Юридические науки:
Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университетв г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ергашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

Сельскохозяйственные науки:
Важов В.М. д-р с.-х. наук, проф., Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина (Бийск, Россия*);*
Раков А.Ю. д-р с.-х. наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Михайловск, Россия);
Комлацкий В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

Социологические науки:
Замараева З.П. д-р социол. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия);
Солодова Г.С. д-р социол. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Кораблева Г.Б. д-р социол. наук, Уральский Федеральный Университет (Екатеринбург, Россия).

Химические науки:
Абдиев К.Ж. д-р хим. наук, проф., Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Мельдешов А. д-р хим. наук, Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия).

Науки о Земле:
Горяинов П.М. д-р геол.-минерал. наук, проф, Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Апатиты, Россия).

Экономические науки:
Бурда А.Г. д-р экон. нау, проф., Кубанский Государственный Аграрный Университет (Краснодар, Россия);
Лёвочкина Н.А. д-р экон. наук, к.ист.н., ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Ламоттке М.Н. к.экон.н., Нижегородский институт управления (Нижний Новгород, Россия);
Акбулаев Н. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан);
Кулиев О. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан).

Политические науки:
Завершинский К.Ф. д-р полит. наук, проф. Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Фармацевтические науки:
Тринеева О.В. к.фарм.н., Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия);
Кайшева Н.Ш. д-р фарм. наук, Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград, Россия);
Ерофеева Л.Н. д-р фарм. наук, проф., Курский государственный медицинский университет (Курс, Россия);
Папанов С.И. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Петкова Е.Г. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия);
Ураков А.Л., д-р мед. наук, Государственная Мдицинская Академиия (Ижевск, Россия).

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Саутенков В.А., Аршинова И.Д., Бобров А.А., Вильшанская Е.В., Кудринский Д.А., Зеленер Б.Б.
ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В АТОМНЫХ ПАРАХ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТСТРОЙКЕ ПРОБНОГО ЛАЗЕРА ОТ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕХОДА 6

Мураталиева В.Т.
АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЕШИМОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ 11

Сдвижков О.А.
АЛГЕБРА ЛОГИКИ В ТЕОРИИ СОБЫТИЙ 17

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Бормотов А.Н., Горохова А.А.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОСТИ НЕНАПОЛНЕННОЙ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ 23

Михеенкова Е.С., Смирнова В.И.
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЛАБОСЛЫШАЩИХ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ РАЗВЕРТОК В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ 31

Полозов И.К., Волкова И.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WORD2VEC В ЗАДАЧЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНВЕРТОРОВ ТОНАЛЬНОСТИ 36

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

Булдаков С.А., Плеханова Л.П.
ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ЭКСТРАСОЛА ЭФФЕКТИВНО НА СЕМЕННОМ КАРТОФЕЛЕ 40

Мамась Н.Н., Коваленко Д.П.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ОТХОДА КЕРЧЕНСКОГО СУДОРЕМОНТНОГО ЗАВОДА В УСЛОВИЯХ КРЫМА 46

Костылев П.И., Костылева Л.М.
ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ НА СТЕРИЛЬНОЙ ОСНОВЕ ЗЕРНОВОГО БЕЛОЗЕРНОГО СОРГО 49

Полуэктов Е.В., Скрыпанёв С.Ф., Петрова И.А.
МОНИТОРИНГ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ РОЛИ ПРИБАЛОЧНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ЮГЕ РФ 53

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Жук В.Ф.
ПРОГРАММА ЭКСПРЕСС ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ГИДРОБИОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С КОМПЛЕКСА «САЛЬПА М» 59

Митрошенкова А.Е., Ильина В.Н.
БОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОЧИЩА «КОПТЕВ ОВРАГ» (КРАСНОГЛИНСКИЙ РАЙОН, Г. САМАРА) 64

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

Федорова О.В., Мамонтов А.Е., Коваль О.А.
НАБЛЮДЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ С САМОЛЕТА В ПРОЕКТЕ DELICAT 68

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

Подчасова Т.А., Закалюкина Ю.В., Бирюков М.В., Григорьева И.Ю.
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИРОДНЫХ БИОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАВКАЗСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА НА ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА 83

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

Исакова Ж.К.
ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ МЕНСТРУАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У ДЕВУШЕК - ПОДРОСТКОВ ИЗ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 96

Шестакова Ж.Р., Барабанова М.М., Варламова М.А., Семенова Ю.Д., Федулова А.Г., Иванова Д.Ф.
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) 101

Шестакова Ж.Р., Барабанова М.М., Варламова М.А., Семенова Ю.Д., Федулова А.Г., Иванова Д.Ф.
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) (перевод оригинальной статьи на русском языке) 105

Волошина И.М.
КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ ДО 3 ЛЕТ Г.ОМСКА 109

Красовский В.О.
АЛГОРИТМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ УСЛОВИЯХ ТРУДА 112

Сорокина Ю.А., Худякова Е.М., Занозин А.В., Копылова М.В., Жирнова Н.Г.
ФЕМИНИЗИРУЮЩЕЕ И МАСКУЛИНИЗИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ: КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ 119

Стяжкина С.Н., Абрамович А.А., Хузина Л.Ф., Баженова А.М.
КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГНОЙНО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЧЕК И ЗАБРЮШИННОГО ПРОСТРАНСТВА 126

Цыбульская Е.И. Леденева А.К., Тюлегенова А.А.
АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЧАЩИХСЯ КАДЕТСКОГО КОРПУСА 131

Сибирякова Н.В. Леденева А.К., Тюлегенова А.А.
ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕОБЛАДАНИЯ ОТДЕЛОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНИКОВ... 136

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: https://doi.org/10.23670/irj.2020.94.4.pre-print

ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В АТОМНЫХ ПАРАХ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТСТРОЙКЕ ПРОБНОГО ЛАЗЕРА ОТ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕХОДА

Научная статья

Саутенков В.А.[1], Аршинова И.Д.[2,] *, Бобров А.А.[3], Вильшанская Е.В.[4], Кудринский Д.А.[5], Зеленер Б.Б.[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, Москва, Россия;

[1] Физический институт им. Н. П. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия;

[2, 5, 6] Национальный исследовательский университет – Московский инженерно-физический институт, Москва, Россия;

[4, 6] Национальный исследовательский университет – Московский энергетический институт, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (arshinovairina1995[at]gmail.com)

Аннотация

В работе исследован процесс переноса резонансного излучения в плотных парах рубидия при различных отстройках пробного лазера от атомного перехода $5S_{1/2} - 5P_{3/2}$. При рабочей атомной концентрации 8×10^{16} см$^{-3}$ спектральная полуширина перехода составляла 4 ГГц. Непрерывный пробный лазер имел ширину спектра 1 МГц. Пробные импульсы длительностью 1 мс и частотой повторения 1 кГц формировались акустооптическим модулятором. Из-за пленения излучения время жизни возбужденных атомов τ намного превышало время спонтанного распада 26 нс. В диапазоне отстроек от 16 ГГц до 220 ГГц время τ линейно возрастало от 3×10^3 нс до 15×10^3 нс. Большое время жизни возбуждения позволяет значительно увеличить эффективность оптического насыщения атомных газовых сред.

Ключевые слова: перенос резонансного излучения, время жизни возбужденных атомов, пробный лазер.

RADIATION TRANSFER IN HIGH DENSITY ATOMIC VAPOURS WITH VARIOUS DETUNINGS OF PROBE LASER FROM RESONANCE TRANSITION

Research article

Sautenkov V.A.[1], Arshinova I.D.[2,] *, Bobrov A.A.[3], Vilshanskaya E.V.[4], Kudrinsky D.A.[5], Zelener B.B.[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

[1] Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

[2, 5, 6] National Research University - Moscow Engineering Physics Institute, Moscow, Russia;

[4, 6] National Research University - Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia

* Corresponding author (arshinovairina1995[at]gmail.com)

Abstract

In this work, we studied the process of resonance radiation transfer in dense rubidium vapour with various detuning of the probe laser from $5S_{1/2} - 5P_{3/2}$ atomic transition. At the working atomic concentration of $8 \times 10^{16} cm^{-3}$, the spectral half-width of the transition was 4 GHz. The cw probe laser had a spectrum width of 1 MHz. Test pulses of 1 ms duration and the repetition rate of 1 kHz were formed by an acousto-optic modulator. Due to the radiation trapping, the lifetime of excited atoms τ was much longer than the spontaneous decay time of 26 ns. In the range of detuning from 16 GHz to 220 GHz, the time τ linearly increased from 3×10^3ns to 15×10^3 ns. The long lifetime of the excitation can significantly increase the efficiency of the optical saturation of atomic gas media.

Keywords: resonance radiation transfer, lifetime of excited atoms, probe laser.

Введение

В оптически плотных резонансных газовых средах многократное пере-излучение фотонов (пленение излучения) и резонансная передача из-за диполь-дипольных взаимодействий может приводить к увеличению эффективного времени жизни возбужденного состояния атомов на несколько порядков по сравнению со временем спонтанного излучения индивидуального изолированного атома. Результаты теоретического и экспериментального исследования переноса возбуждения в резонансных газах можно найти в [1], [2], [3]. Базовый теоретический подход к описанию процессов переноса был развит в работах Л. Бибермана и Т. Холстейна [5], [6]. Этот подход был расширен на резонансные среды с учетом пространственных параметров этих сред [4], [7], [8]. Следует обратить внимание на публикацию [8], в которой анализируются результаты наблюдения пленения излучения в слоистой структуре резонансного газа с переменной оптической толщиной. Время пленения излучения возрастало с ростом оптической толщины слоя газа. В настоящей работе представлены результаты измерений времен пленения излучения в атомных парах рубидия высокой плотности, где уширение атомных переходов, обусловленное межатомными диполь-дипольными взаимодействиями, превышает величину допплеровского уширения из-за теплового движения атомов.

Экспериментальные результаты

Измерения проводились при различной отстройке возбуждающего лазера от центра линии поглощения. Импульсы излучения лазера накачки переводили малую часть атомов рубидия из основного состояния $5S_{1/2}$ в возбужденное состояние $5P_{3/2}$. Регистрировались времена пленения излучения в атомных парах. Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рис.1.

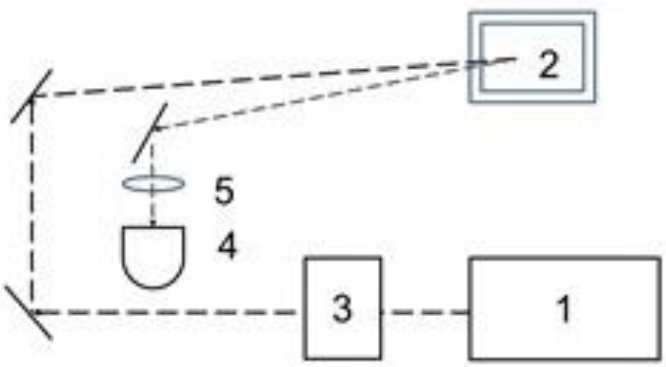


Рис. 1 – Схема установки: *1* – пробный лазер, *2* – кювета с горячими парами рубидия, *3* – АОМ, *4* – ФЭУ, *5* – собирающая линза

В качестве источника пробного лазера использовался непрерывный перестраиваемый лазер на титан-сапфире. Импульсы пробного излучения длительностью 1 мс и частотой повторения 0.1 кГц формировались с помощью акустооптического модулятора (АОМ). Энергия импульсов также контролировалась АОМ. Спектральная ширина излучения пробного лазера не превышала 1 МГц. Пучок лазерного излучения направлялся на сапфировую кювету с парами рубидия, помещенную в нагревательную печь. Пары рубидия представляли собой естественную изотопическую смесь атомов рубидия 85 и рубидия 87. Часть рассеянного излучение из паров рубидия собиралась линзой на фотоэлектрический умножитель (ФЭУ). Сигнал с фотоприемника регистрировался цифровым запоминающим осциллографом. Частота лазера могла перестраиваться в окрестности резонансного перехода $5S_{1/2}$ – $5P_{3/2}$ (D2 линия рубидия, $\lambda_{SP} = 780$ нм). Радиационная ширина резонансного перехода обусловлена скоростью спонтанного излучения $1/\tau_r$. Радиационное время распада возбужденного состояния $\tau_r = 26$ нс. При концентрации атомов в парах рубидия $N = 8 \times 10^{16}$ см$^{-3}$ дипольное уширение резонансного перехода $5S_{1/2}$ – $5P_{3/2}$ составляет $\Gamma = 2\pi \times 4$ ГГц [9], [10]. Это уширение значительно превышает допплеровское уширение и величины сверхтонких расщеплений основного и возбужденного состояний атомов рубидия. Очевидно, что спектральная ширина перехода (полуширина на полувысоте спектрального контура) в наших измерениях определялась дипольным уширением Г. При рассмотрении взаимодействия оптического излучения с атомными парами рубидия при настройке лазера в спектральное крыло перехода можно использовать приближение двухуровневых атомов. Интенсивность пробного лазерного пучка была ослаблена таким образом, что уровень оптического насыщения атомов рубидия был мал. В таком режиме влиянием насыщения поглощения на время пленения излучения в среде можно пренебречь.

Изменение сигнала после выключения излучения накачки показано на рис. 2. Полярность сигнала с фотоприемника была отрицательной. Поэтому наблюдаемая величина сигнала растет с некоторой отрицательной величины до нуля.

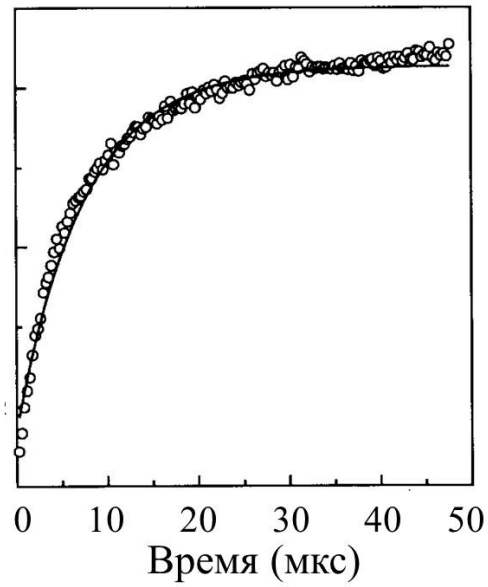


Рис. 2 – Зависимость сигнала S от времени. Амплитуда сигнала S приведена в относительных единицах

Этот сигнал описывает процесс релаксации возбуждения атомов рубидия. Возбужденные атомы после q пере-излучений переходят в основное состояние. На рис. 2 точками обозначены экспериментальные данные, сплошная кривая - результат подгонки. Использовалась экспоненциальная функция $y = S \cdot exp(-t/\tau)$. Для нормализованной отстройки $\Delta\omega/\Gamma = 29.6$ получено время релаксации возбуждения $\tau = 9(0.4)$ мкс. Аналогичные измерения τ проведены для различных отстроек $\Delta\omega/\Gamma$. Результаты измерений представлены на рис. 3.

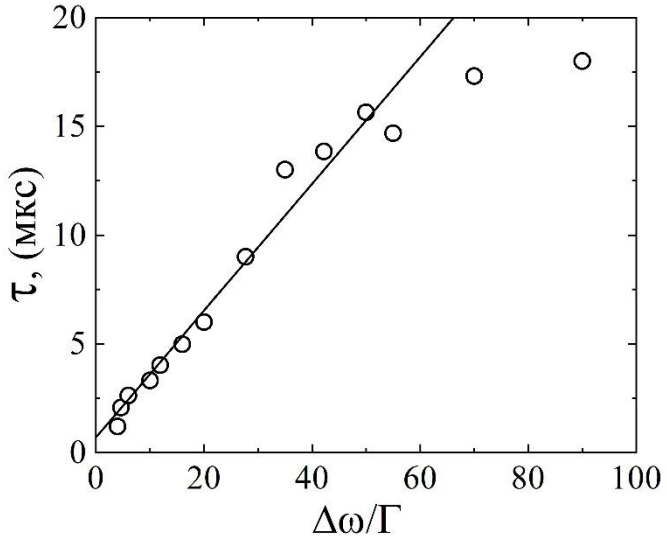


Рис. 3 – Время пленения излучения в плотных парах рубидия при различной отстройке частоты насыщающего лазера. Точками обозначены экспериментальные данные, сплошная прямая - результат подгонки по формуле $\tau = A(\Delta\omega/\Gamma)$

Обсуждение

Видно, что с уменьшением отстройки эффективное время жизни возбуждения атомов уменьшается. Очевидно, что время пленения излучения и соответственно эффективное время жизни возбуждения атомов определяются проникновением излучения накачки в плотные пары рубидия, то есть определяются длиной поглощения L_{abs}. В работе [8] анализировались измерения времени пленения излучения в слое паров натрия. В общем случае эффективное время релаксации возбуждения τ в оптически плотном газе значительно больше радиационного времени распада

$$\tau = q\tau_r. \tag{1}$$

В этом выражении коэффициент $q \gg 1$ (enhancement factor) соответствует числу пере-излучений фотона в среде. В работе [8] использовалось следующее выражение для эффективного времени релаксации возбуждения в слое газа толщиной L:

$$\tau = \tau_r[(\lambda^2/2)(g_2/g_1)(\tau_r\Gamma)^{-1}LN]^{1/2}. \tag{2}$$

Здесь λ – длина волны резонансного перехода, g_1 и g_2 – статистические веса основного и возбужденного состояний. В нашем случае для большой отстройки пробного лазера $|\Delta\omega| \gg \Gamma$ время пленения излучения можно оценить путем замены L на L_{abs} в выше приведенной формуле (2)

$$\tau = \tau_r[(\lambda^2/2)(g_2/g_1)(\tau_r\Gamma)^{-1}L_{abs}N]^{1/2}. \tag{3}$$

Это соотношение можно интерпретировать как возбуждение атомов в крыле линии поглощения с последующим многократным пере-излучением фотонов в центре поглощения линии. Такое предположение становится понятным при учете спектрального перераспределения возбуждения атомов из-за диполь-дипольных взаимодействий. Спектральная зависимость длины поглощения имеет следующий вид [11]:

$$L_{abs} \sim [\Gamma^2 + \Delta\omega^2]\Gamma^{-2}. \tag{4}$$

С увеличением отстройки излучения длина поглощения этого излучения возрастает. Выражение (3) при выполнении условия $|\Delta\omega| \gg \Gamma$ можно переписать в виде простой линейной зависимости:

$$\tau \sim A(\Delta\omega/\Gamma). \tag{5}$$

Коэффициент A определяется параметрами газовой среды. В нашем эксперименте формула (5) качественно описывает линейный рост времени релаксации τ в диапазоне отстроек $4 \leq \Delta\omega/\Gamma \leq 55$ от 3 мкс до 15 мкс (рис. 3). В результате подгонки получено значение $A = 0.32(0.02)$ мкс для нашего эксперимента. При $\Delta\omega/\Gamma \geq 60$ значение τ выходит на плато ($\tau \approx 17$ мкс). Очевидно, что при очень большой отстройке, когда среда будет становиться прозрачной для излучения накачки, время жизни возбуждения будет уменьшаться. Следует обратить внимание, что значительное увеличение времени релаксации возбуждения атомов из-за пленения излучения может быть полезно для некоторых применений в нелинейной оптике. Например, большое время релаксации позволяет значительно увеличить уровень оптического насыщения газа и число возбужденных атомов. Коэффициент увеличения времени излучательной релаксации q в диапазоне $4 \leq \Delta\omega/\Gamma \leq 55$ линейно зависит от отстройки лазерного излучения

$$q \sim A\Delta\omega/\Gamma\tau_r. \tag{6}$$

Возможность получения значительного оптического насыщения помогла экспериментально исследовать особенности диполь-дипольных взаимодействий в возбужденных атомных парах [10], [12]. Обнаружено и измерено уменьшение дипольного уширения резонансных переходов с ростом уровня возбуждения атомных паров. Эффект сужения спектральных линий в возбужденных газах следует учитывать при исследованиях взаимодействия интенсивного излучения с резонансными средами, включая плазму.

Заключение

В заключение отметим, что нами проведено исследование пленения излучения в оптически плотных парах металла при различной отстройке частоты возбуждающего излучения $|\Delta\omega| \gg \Gamma$. В этом случае время жизни возбужденных атомов связано с длиной поглощения возбуждающего монохроматического излучения, которая аналогична оптической толщине слоя газа в [8]. С увеличением отстройки линейный рост времени релаксации возбуждения переходил в плоский участок. Возможно, что для теоретической модели переноса в очень плотных парах потребуется учитывать детальные уравнения состояния газовой среды. Для применений представляет интерес теоретическое и экспериментальное исследование влияния оптического насыщения на транспорт возбуждения атомов в резонансных средах.

Финансирование

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук “Исследование веществ в экстремальных состояниях” под руководством академика В. Е. Фортова.

Funding

This work was supported by the Russian Academy of Sciences (basic research program “Condensed matter and plasma at high energy densities” headed by V. E. Fortov).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Molisch A. F. Radiation Trapping in Atomic Vapours / A. F. Molisch., B. P. Oehry. – Oxford: Oxford University Press, 1998.

2. Старостин А. Н. Перенос резонансного излучения. Энциклопедия низкотемпературной плазмы, под ред. В. Е. Фортова. В 9 ч. Ч. 1. Вводный том / А. Н. Старостин. – М.: Наука, 2001. – 471 с.

3. Gallagher A. Line shapes and radiation transfer / A. Gallagher. – New York: Springer Handbook of Atomic, Molecular, and Optical Physics, 2006. – 279-293 p.

4. Kosarev N. I. Transfer of resonance radiation in an expanding sphere / N. I. Kosarev, N. Y. Shaparev // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. – 2011. – Vol. 44(19). – P. 195402. doi:10.1088/0953-4075/44/19/195402

5. Биберман Л. М. К теории диффузии резонансного излучения / Л. М. Биберман // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1947. – Т. 17. – С. 416.

6. Holstein T. Imprisonment of resonance radiation in gases / T. Holstein // Physical Review. – 1947. – Vol. 72(12). – P. 1212. doi: 10.1103/PhysRev.72.1212

7. Абрамов Ю. Ю. Радиационный перенос возбуждения в конечном объеме / Ю. Ю. Абрамов, А. М. Дыхне, А. П. Напартович // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1969. – Т. 56. – С. 654.

8. Huennekens J. Radiation trapping in sodium–noble-gas mixtures / J. Huennekens, H. J. Park, T. Colbert and others // Physical Review A. – 1987. – Vol. 35(7). – P. 2892. doi: 10.1103/PhysRevA.35.2892

9. Lewis E. L. Collisional relaxation of atomic excited states, line broadening and interatomic interactions / E. L. Lewis //Physics Reports. – 1980. – Vol. 58(1). – P. 1-71. doi: 10.1016/0370-1573(80)90056-3

10. Sautenkov V. A. Dipole-dipole broadened line shape in a partially excited dense atomic gas / V. A. Sautenkov, H. van Kampen, E. R. Eliel and others // Physical review letters. – 1996. – Vol. 77(16). – P. 3327. doi: 0.1103/PhysRevLett.77.3327

11. Boyd R. W. Nonlinear optics / R. W. Boyd. – New York: Academic press, 2003.

12. Sautenkov V. A. Line shapes of atomic transitions in excited dense gas / V. A. Sautenkov // Laser Physics Letters. – 2011. – Vol. 8(11). – P. 771. doi: 10.1002/lapl.201110070

Список литературы на английском языке / References in English

1. Molisch A. F. Radiation Trapping in Atomic Vapours / A. F. Molisch., B. P. Oehry. – Oxford: Oxford University Press, 1998.

2. Starostin A. N. Perenos rezonansnogo izlucheniya. Enciklopediya nizkotemperaturnoj plazmy, pod red. V. E. Fortova. V 9 ch. Ch. 1. Vvodnyj tom [Resonance radiation transfer. Encyclopedia of low-temperature plasma, edited by V. E. Fortov. In 9 h the P. 1. Introductory volume] / A. N. Starostin. – M.: Nauka, 2001. – 471 p. [in Russian]

3. Gallagher A. Line shapes and radiation transfer / A. Gallagher. – New York: Springer Handbook of Atomic, Molecular, and Optical Physics, 2006. – 279-293 p.

4. Kosarev N. I. Transfer of resonance radiation in an expanding sphere / N. I. Kosarev, N. Y. Shaparev // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. – 2011. – Vol. 44(19). – P. 195402. doi:10.1088/0953-4075/44/19/195402

5. Biberman L. M. K teorii diffuzii rezonansnogo izlucheniya [On the theory of the diffusion of resonance radiation] / L. M. Biberman // Zhurnal eksperimental'noj i teoreticheskoj fiziki [Journal of Experimental and Theoretical Physics]. – 1947. – №. 17. – P. 416. [in Russian]

6. Holstein T. Imprisonment of resonance radiation in gases / T. Holstein // Physical Review. – 1947. – Vol. 72(12). – P. 1212. doi: 10.1103/PhysRev.72.1212

7. Abramov Yu. Yu. Radiacionnyj perenos vozbuzhdeniya v konechnom ob"eme [Radiation transfer of excitation in a finite volume] / Yu. Yu. Abramov, A. M. Dyhne, A. P. Napartovich // Zhurnal eksperimental'noj i teoreticheskoj fiziki [Journal of Experimental and Theoretical Physics]. – 1969. – №. 56. – P. 654. [in Russian]

8. Huennekens J. Radiation trapping in sodium–noble-gas mixtures / J. Huennekens, H. J. Park, T. Colbert and others // Physical Review A. – 1987. – Vol. 35(7). – P. 2892. doi: 10.1103/PhysRevA.35.2892

9. Lewis E. L. Collisional relaxation of atomic excited states, line broadening and interatomic interactions / E. L. Lewis //Physics Reports. – 1980. – Vol. 58(1). – P. 1-71. doi: 10.1016/0370-1573(80)90056-3

10. Sautenkov V. A. Dipole-dipole broadened line shape in a partially excited dense atomic gas / V. A. Sautenkov, H. van Kampen, E. R. Eliel and others // Physical review letters. – 1996. – Vol. 77(16). – P. 3327. doi: 0.1103/PhysRevLett.77.3327

11. Boyd R. W. Nonlinear optics / R. W. Boyd. – New York: Academic press, 2003.

12. Sautenkov V. A. Line shapes of atomic transitions in excited dense gas / V. A. Sautenkov // Laser Physics Letters. – 2011. – Vol. 8(11). – P. 771. doi: 10.1002/lapl.201110070

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.001

АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЕШИМОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ

Научная статья

Мураталиева В.Т. *

ORCID: 0000-0002-7246-7529,
Международный университет Кыргызстана, Бишкек, Киргизия

* Корреспондирующий автор (vmuratalieva70[at]mail.ru)

Аннотация

Применение метода степенных рядов к линейным интегро-дифференциальным уравнениям приводит к бесконечным системам линейных алгебраических уравнений для коэффициентов этих рядов. Если уравнение содержит несколько членов, то практически невозможно построить такую систему и сделать определенный вывод. Поскольку некоторые исходные уравнения таких систем отличаются от других, мы предложили использовать компьютер для их подходящего представления. Кроме того, мы нашли достаточные условия на линейные интегро-дифференциальные уравнения Вольтерра третьего рода, являющиеся правильными в аналитических функциях, которые обобщают известный факт корректности интегрального уравнения Вольтерра второго рода.

Ключевые слова: интегральное уравнение, линейное уравнение, уравнение типа Вольтерра, алгоритм, аналитическая функция.

ALGORITHMS TO DETERMINE SOLVABILITY OF LINEAR INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH ANALYTIC FUNCTIONS

Research article

Muratalieva V.T. *

ORCID: 0000-0002-7246-7529,
International University of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

***** Corresponding author (vmuratalieva70[at]mail.ru)

Abstract

Applying the method of power series to linear integro-differential equations yields vast infinite systems of linear algebraic equations for coefficients of these series. If the equation contains some members then it is practically impossible to construct such system and make a definite conclusion. As some initial equations of such systems differ from others, we proposed to use computer for their suitable presentation. Further, we found sufficient conditions on linear Volterra integro-differential equations of the third kind to be correct in analytical functions which generalize the well-known fact of correctness of a Volterra integral equation of the second kind.

Keywords: integral equation, linear equation, Volterra equation, algorithm, analytical functions.

1. Introduction

Investigation of Volterra integro-differential equations was initiated in [1]. We will consider linear ordinary equations in this paper. As is customary, if the equation can be rewritten as $u^{(m)}(t) = Y(u(s), 0 \le s \le t)$ where the right hand part depends (continuously) on past only and contains lower derivatives and integrals then it is said to be a Volterra equation of the second kind; one of type $p(t)u^{(m)}(t) = Y(u(s), 0 \le s \le t)$ (the function $p(t)$ sometimes vanishes but is not zero) is said to be a Volterra equation of the third kind.

Taylor series (power series) method for linear equations with analytical functions was proposed in [3] and [4]. Applying this method yields infinite systems of linear algebraic equations for coefficients of these series.

The paper [3] deals with equations of the second kind.

The paper [4] contains an algorithm to construct Taylor series segments for solutions of equations of the third kind.

In this paper we distinguish such class of linear Volterra integro-differential equations of the third kind with kernels being polynomials that their solvability in analytical functions is resolved algorithmically. Some particular cases of such algorithm were published in [2], [5], [6].

Remark 1. We do not mention numerous works on numerical (approximate) solving of initial value problems for Volterra equations; we consider ”exact” solving only.

Section 2 contains algorithm of solvability of auxiliary infinite system of linear algebraic equations. The main condition is that the matrix of coefficients is finite diagonal.

Section 3 describes differential and Volterra integral operators involved into equations, their properties and reducing some linear Volterra integro-differential equations of the third kind to ones in Section 2. This yield a corresponding algorithm of solvability of these equations.

Section 4 contains examples both an illustration of the theorem of Section 3 and relevance of its conditions.

We will use denotations

$R := (-\infty;\infty)$; $R_+ := [0; \infty)$; $R_{++} := (0; \infty)$; $Z := \{..., -2, -1, 0, 1, 2, 3, ...\}$;

$N_0 := \{0, 1, 2, 3, ...\}$; $N := \{ 1, 2, 3, ...\}$.

We will use the term ”Algorithm” as it is usually understood in Analysis: arithmetical operations and comparison over numbers in R (for rational numbers this definition coincides with the strict one).

We will write discrete arguments in brackets to bring denotations nearer to algorithmic ones and to bypass the common ambiguity of expressions such as a_{2j}.

2. Algorithmically resolvable infinite linear algebraic systems

We will consider the space Ω_θ, $\theta \in R_{++}$, $\theta < 1$ of sequences $\{ f[n] \mid n \in N_0\}$ fulfilling the condition $(\exists \gamma \in R_{++})(\forall n \in N_0)(|f[n]| \in \gamma\, \theta^n)$.

Consider the infinite system of linear algebraic equations $(\mu, \nu \in N_0)$

$$\sum_{k=\max\{0,j-1\}}^{j+\mu} a[j,k]u[k] = f[j],\ j \in N_0 \tag{1}$$

Theorem 1. *If* $f \in \Omega_\theta$ *and*

$$(\exists \beta \in R_{++}, \beta < 1)(\exists \mathrm{J} \in N)(\forall j > \mathrm{J})\left(\beta |a[j, j+\mu] > \textstyle\sum_{k=max\{0,j-\mu\}}^{j+\mu-1} |a[j,k]|\, \theta^{k-j}\right) \tag{2}$$

then there exists an algorithm of resolving the system (1) in Ω_θ.

Proof. Denote $\alpha := |a[J+1, J+1+\mu]|$, then $(\forall j > J)(|a[j, j+\mu]| \geq \alpha)$. Consider the finite system of linear algebraic equations

$$\sum_{k=\max\{0,j-\nu\}}^{j+\mu} a[j,k]u[k] = f[j],\ j \in \{0 \dots \mathrm{J}\} \tag{3}$$

The algorithm to solve such systems (unique solution; no solutions; infinitely many solutions) is well-known.

If it has no solutions then the equation (1) has no solutions too. Otherwise, let $\{u_0[k] \mid k \in 0..J+\mu\}$ fulfil (3).

Denote γ_1 such that $(\forall k \in 0..J+\mu)(|u[k]| \leq \gamma_1\, \theta^k)$; $\gamma_2 := max\{\gamma_1, \gamma_2/\alpha/(1-\beta)\}$.

Rewrite the system (1) in the form

$$u[k] = u_0[k] | k \in 0..\mathrm{J}+\mu; u[j+\mu] = \\ = (f[j] - \sum_{k=max\{0,j-\nu\}}^{j+\mu-1} \frac{a[j,k]u[k]}{a[j,j+\mu]}, j \in \mathrm{J}+1..\infty. \tag{4}$$

All $u[j]$ are defined.

We are to prove that $(\forall k \in N_0)(|u[k]| \leq \gamma_2 \theta^k)$. By induction, for $j > J$:

$$u[j+\mu] \leq \frac{|f[j]|}{|a[j,j+\mu]|} + \sum_{k=max\{0,j-\nu\}}^{j+\mu-1} \frac{|a[j,k]| * |u[k]|}{|a[j,j+\mu]|} \leq$$

$$\leq \gamma \frac{\theta^j}{\alpha} + \sum_{k=\max\{0,j-\nu\}}^{j+\mu} |a[j,k]| * \frac{\gamma_2 \theta^k}{|a[j,j+\mu]|}, j \in \mathrm{J}+1..\infty.$$

$$\leq \gamma \frac{\theta^j}{\alpha} + \gamma_2 \beta \theta^j \leq \frac{\gamma_2 \theta^j \alpha (1-\beta)}{\alpha} + \theta^j \gamma_2 \beta = \gamma_2 \theta^j.$$

□

3. Algorithm for linear integro-differential equations

Let Λ_r, $r \in R_{++}$, $r > 1$ denote the space of functions analytical on $(-r, r)$ with coefficients of R. Denote the linear differential operator

$D[p, m]u(\cdot)(t) := t^p\, d^m u(t) / dt^m$

and the linear integral operator

$$I[p,q]u(\cdot)t := t^p \int_0^t s^q u(s) ds, \quad p \in N_0, q \in N_0.$$

Remark 2. *Because of assertion*
$\int_0^t \dots \int_0^{s_2} (m\ times) u(s) ds \dots = \frac{1}{(m-1)!} \int_0^t (t-s)^{m-1} u(s) ds, \quad m \in N$
involving multiple integrals does not yield new types of equations.
We will search solutions in Λ_r of equations of type

$$\sum_{i=1}^{K_D} b_i D[p_i, m_i] u(\cdot)(t) + \sum_{i=K_D+1}^{K_D+K_I} b_i I[p_i, m_i] u(\cdot)(t) = f(t), \tag{5}$$

$$t \in R_+, K_D \in N, K_I \in N_0$$

(if $K_I = 0$ then integral terms are absent)
$f(t) \in \Lambda_r$; $0 \neq b_i \in R$; all pairs (p_i, m_i) are different.
Introduce the function "rung"

$$h[j] = \begin{cases} 0, j < 0; \\ 1, j \geq 0. \end{cases}$$

We will use the rule *"zero · indefinite = zero"*. We have for power functions

$$\begin{aligned} D[p,m](\cdot)^n(t) &:= h[n-m] \frac{n!}{(n-m)!} t^{p+n-m}; \\ I[p,q](\cdot)^n(t) &= \frac{1}{n+q+1} t^{n+q+1+p}, n \in N_0. \end{aligned} \tag{6}$$

Substituting (6) into (5) and equating coefficients by powers of t we obtain that the differential term makes the contribution $bL[k - p, m]u[k - p + m]$ to the equation with $f[k]$, $k \in N_0$ where

$$L[\xi, m] = h[\xi] \frac{(\xi + m)!}{\xi!}.$$

The integral term does the following one $bQ[k - p, q]u[k - p - 1 - q]$ where

$$Q[\xi, q] = h[\xi - 1 - q] \frac{1}{\xi}.$$

Thus, we obtain the infinite system of linear algebraic equations

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{K_D} b_i L[k - p_i, m_i] u[k - p_i + m_i] + \\ &+ \sum_{i=K_D+1}^{K_D+K_I} b_i Q[k - p_i, q_i] u[k - p_i - 1 - q_i] = f[k], k \in N_0. \end{aligned} \tag{7}$$

Denote

$$\omega_i := \begin{cases} m_i - p_i, i = 1..K_D; \\ -p_i - 1 - q_i, i = K_D + 1..K_I. \end{cases}$$

Rewrite the system (7) in the form

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{K_D} b_i L[k - p_i, m_i] u[k + \omega_i] + \\ &+ \sum_{i=K_D+1}^{K_D+K_I} b_i Q[k - p_i, q_i] u[k + \omega_i] = f[k], k \in N_0. \end{aligned} \tag{8}$$

Denote $W_D := max\{\omega_i \mid i = 1..K_D\}$; $W_I := max\{\omega_i \mid i = K_D + 1..K_D + K_I\}$;
$P_D := max\{p_i \mid i = 1..K_D; \omega_i = W_D\}$ in (8).
Re-denoting and rearranging the system (8) we obtain a system of type (1).

Theorem 2. *If A1) $W_D \geq 0$; A2) either integral terms absent or*

$$W_D \geq W_I \tag{9}$$

A3) ($\omega_i < W_D$) ⇒ ($p_i \leq P_D$) then there exists an algorithm to solve the equation (5) in Ω_r.
Proof. Consider the corresponding system of linear algebraic equations (8). For large k we obtain:

$$\sum_{i=1}^{K_D} b_i \frac{(k+\omega_i)!}{(k-p_i)!} u[k+\omega_i] + \\ + \sum_{i=K_D+1}^{K_D+K_I} b_i \frac{1}{k-p_i} u\,[k+\omega_i] = f[k], k \in N_0. \tag{10}$$

Consider the coefficients by $u[k + W_D]$. There are $G[k] := \frac{(k+W_D)!}{(k-P_D)!} \geq 1$, possibly $\frac{(k+W_D)!}{(k-p')!}$ for some $p' < P_D$ and possibly $\frac{1}{k-p''}$ for some p''. Without loss of generality, let $b_i = 1$ by $G[k]$. We have

$$\frac{(k+W_D)!}{(k-p')!} / \mathrm{G}[k] = \frac{(k-P_D)!}{(k-p')!} \leq \frac{1}{(k-P_D+1)!}$$

$$\frac{1}{k-p''} / G[k] \leq \frac{1}{k-p''}.$$

Also, for terms with $\omega_i < W_D$, in the first sum (by the condition of Theorem)

$$\frac{(k+\omega_i)!}{(k-p')!} / \mathrm{G}[k] \leq \frac{(k+\omega_i)!}{(k+W_D)!} \cdot \frac{(k-P_D)!}{(k-p_i)!} \leq \frac{1}{k+W_D};$$

in the second sum

$$\frac{1}{k-p_i} / G[k] \leq \frac{1}{k-p_i}.$$

Hence, as $k \to \infty$ the equation (7) can be rewritten as

$$G[k] O\left(1+\frac{1}{k}\right) u[k+W_D] + \sum_{\omega_i < W_D} G[k]\, O\left(\frac{1}{k}\right) u[k+\omega_i] = f[k];$$

$$|u[k+W_D]| = \left| \sum_{\omega_i < W_D} O\left(\frac{1}{k}\right) u[k+\omega_i] \right| / O\left(1+\frac{1}{k}\right) + |f[k]| / O\left(1+\frac{1}{k}\right).$$

For sufficiently large k the condition (2) fulfils.
Remark 3. *To apply Theorem 2 it is sufficient to find such $J' \in N$ that the leading term with $u[j + W_D]$ is not zero since $j > J'$.*
4. Examples of linear integro-differential equations
Example 1 (an illustration to Theorem 2). Consider the following equation

$$7t^3 u^{(5)}(t) - t^2 u^{(4)}(t) + 4u(t) - 5t \int_0^t s u(s) ds = f(t), t \in R_+. \tag{11}$$

$K_D = 3$ ($b_1 = 7$, $p_1 = 3$, $m_1 = 5$; $\omega_1 = 2$;
$b_2 = -1$, $p_2 = 2$, $m_2 = 4$; $\omega_2 = 2$;
$b_3 = 4$, $p_3 = 0$, $m_3 = 0$; $\omega_3 = 0$);
$K_I = 1$ ($b_4 = -5$, $p_4 = 1$, $q_4 = 1$, $\omega_4 = -3$); $W_D = 2$; $W_I = -3$; $P_D = 3$.
The system of algebraic equations:

$$7K[k-3,5]u[k+2]-L[k-2,4]u[k+2]+4L[k,0]u[k]-5Q[k-1,1]u[k-3]=f[k], k\in N_0,$$

$$(7h[k-3](k-2)-h[k-2])(k+2)(k+1)k(k-1)u[k+2]+$$

$$+4u[k]-5h[k-3]\cdot\frac{1}{k-1}\cdot u[k-3]=f[k], k\in N_0,$$

$$u[k+2]=\frac{\left(-4u[k]+5\cdot\frac{1}{k-1}\cdot u[k-3]+f[k]\right)}{(7k-3)(k+2)(k+1)k(k-1)}, k\in N_0.$$

Some initial equations:

$$4u[0]=f[0]; 4u[1]=f[1]; -4\cdot 3\cdot 2\cdot 1\cdot u[4]+4u[2]=f[2];$$

$$(7\cdot 1-1)\cdot 5\cdot 4\cdot 3\cdot 2\cdot u[5]+4u[3]-5\cdot\frac{1}{2}u[0]=f[3]; \ldots$$

Solution:

$u[0]=\frac{1}{4}f[0]; u[1]=\frac{1}{4}f[1]; u[2]=\gamma_2$ is arbitrary; $u[3]=\gamma_3$ is arbitrary;

$$u[4]=-\frac{1}{24}f[2]+\frac{1}{6}u[2]=-\frac{1}{24}f[2]+\frac{1}{6}\gamma_2;$$

$$u[5]=\frac{1}{720}f[3]-\frac{1}{180}u[3]-\frac{1}{288}u[0]=\frac{1}{720}f[3]-\frac{1}{180}\gamma_3-\frac{1}{1152}f[0] \ldots$$

The simplest
Example 2 (sufficiency of condition A1). The following equation $tu(t) = 1$
$(W_D = \omega_1 = m_1 - p_1 = 0 - 1 = -1)$ does not have an analytical solution.
Example 3 (sufficiency of condition A2). Consider the following equation

$$-t^2u(t)+\int_0^t u(s)ds=t, t\in R_+. \tag{12}$$

$$(p_1=2, m_1=0, W_D=\omega_1=m_1-p_1=-2;$$

$$p_2=0, q_2=0, W_I=\omega_2=-p_2-1-q_2=-1).$$

The formal series $u(t) = 1 + 2t + 2*3t^2 + \ldots + (n + 1)!t^n + \ldots$ exists but does not converge.
Example 4 (sufficiency of condition A3). Consider the following equation

$$-t^2u'''(t)+u''(t)=6t, t\in R_+. \tag{13}$$
$$(p_1=2, m_1=0, W_D=\omega_1=m_1-p_1=-2;$$
$$p_2=0, q_2=0, W_I=\omega_2=-p_2-1-q_2=-1).$$

The formal series

$$u(t) = u[3]t^3 + u[4]t^4 + u[5]t^5 + \ldots + u[n]t^n + \ldots,$$

$$u[3] = 1, u[k + 1] = u[k]\ (k-1)(k-2)/(k+1),\ k = 3..\infty$$

exists but does not converge.
Example 5 (a well-known result as a consequence of Theorem 2). Consider the linear Volterra integro-differential equation of the second kind

$$\sum_{i=1}^{K_D} b_i D[0,i]u(\cdot)(t)+\sum_{i=K_D+1}^{K_D+K_I} b_i\, I[p_i,q_i]u(\cdot)(t)=f(t), k\in N_0.. \tag{14}$$

Here $W_D = K_D > 0$, $W_I < 0$ and there exists an analytical solution.

5. Conclusion

The paper demonstrates the following. The technique to split the problem into a ”finite but complicated” part and an ”infinite but regular” one can yield resolving algorithms for sufficiently general types of equations with analytical functions.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Volterra V. Lecons sur les equations integrales et les equations integro-differentielles / V. Volterra – Paris: Gauthier-Villars, 1913.

2. Мураталиева В.Т. Спектральные свойства линейных уравнений с аналитическими функциями / В.Т. Мураталиева - LAP Lambert Academic Publishing. - Saarbrucken, 2017. - 57 с.

3. Jaradat H.M. Series solution to the high-order integro-differential equations / H. M.Jaradat, F.Awawdeh, O. Alsayyed // Analele Universitatii, Oradea Fasc. Matematica.- 2009.- Tom XVI.- P. 247-257.

4. Rashidinia J. Taylor series method for the system of linear Volterra integro-differential equations / J.Rashidinia, A. Tahmasebi // Journal of Mathematics and Computer Science.- 2012.- Vol. 4 No. 3.- P. 331-343.

5. Мураталиева В.Т. Method and algorithm to investigate integro-differential equations with analytical functions / В.Т. Мураталиева // Тезисы III Международной научн. конф. ”Борубаевские чтения” 2019 г., Бишкек / Институт Математики Национальной академии наук Кыргызской республики.- Бишкек, 2019.- С. 48.

6. Мураталиева В.Т. Алгоритм для исследования спектральных свойств линейных задач с аналитическими функциями / В.Т. Мураталиева // Вестник Жалал-Абадского гос.университета. – 2016.- №1(32).- С. 55–59.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Volterra V. Lecons sur les equations integrales et les equations integro-differentielles / V. Volterra – Paris: Gauthier-Villars, 1913.

2. Muratalieva V.T. Spektral'nye svojstva linejnyh uravnenij s analiticheskimi funkcijami [Spectral properties of linear equations with analytic functions] / V.T. Muratalieva - LAP Lambert Academic Publishing. - Saarbrucken, 2017.-57 p. [in Russian]

3. Jaradat H.M. Series solution to the high-order integro-differential equations / H. M.Jaradat, F.Awawdeh, O. Alsayyed // Analele Universitatii, Oradea Fasc. Matematica.- 2009. - V XVI. - P. 247-257.

4. Rashidinia J. Taylor series method for the system of linear Volterra integro-differential equations / J.Rashidinia, A. Tahmasebi // Journal of Mathematics and Computer Science. - 2012. - Vol. 4, No. 3.- P. 331-343.

5. Muratalieva V.T. Method and algorithm to investigate integro-differential equations with analytical functions / V.T. Muratalieva // Tezisy III Mezhdunarodnoj nauchn. konf. ”Borubaevskie chtenija” 2019. [Abstracts of III International scientific. conf. “Borubaev readings”], Bishkek / Institut Matematiki Nacional'noj akademii nauk Kyrgyzskoj Respubliki [Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic].- Bishkek, 2019.- p. 48.

6. Muratalieva V.T. Algoritm dlja issledovanija spektral'nyh svojstv linejnyh zadach s analiticheskimi [Algorithm for studying the spectral properties of linear problems with analytic functions] / V.T. Muratalieva // Vestnik zhalal-abadskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Jalal-Abad State University]. – 2016.-№ 1(32). - P. 55–59.[in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.002

АЛГЕБРА ЛОГИКИ В ТЕОРИИ СОБЫТИЙ

Научная статья

Сдвижков О.А. *

Российский государственный университет туризма и сервиса, Пушкино МО, Россия

* Корреспондирующий автор (oasdv[at]yandex.ru)

Аннотация

Введено понятие бинарного (булева) события. Рассматриваются события E, задаваемые булевыми функциями E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которых E_1, E_2, …, E_n – булевы события. Доказана теорема о вероятности события заданного такой формулой, на задачах показано применение теоремы. Приведена теорема о структуре таблицы истинности булевой функции E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которой E_1, E_2, …, E_n – булевы события, образующие полную группу событий. Для рассматриваемых событий получен вид формулы полной вероятности, а также получены расчетные формулы для условных вероятностей и формулы Байеса. Приведены задачи на применение полученных формул.

Ключевые слова: вероятность, сумма событий, произведение событий, полная группа событий, булева функция, таблица истинности.

ALGEBRA OF LOGIC IN THEORY OF EVENTS

Research article

Sdvizhkov O.A. *

Russian State University of Tourism and Services, Pushkino, Moscow Oblast, Russia

* Corresponding author (oasdv[at]yandex.ru)

Abstract

The article introduces the concept of the binary (Boolean) event. We consider event E defined by Boolean functions E=F(E_1, E_2,…,E_n), in which E_1, E_2,…,E_n are Boolean events. A theorem on the probability of an event provided by such a formula is proved, and the application of the theorem is shown on the problems. A theorem on the structure of the truth table of the Boolean function E=F(E_1, E_2,…,E_n) is given, in which E_1, E_2,…,E_n are Boolean events that form exhaustive events. For the events under consideration, the form of the formula for the full probability is obtained, as well as the calculated formulas for the conditional probabilities and the Bayes' formula. The problems on the application of the obtained formulas are given.

Keywords: probability, sum of events, product of events, exhaustive events, Boolean function, truth table.

Введение

Теория вероятностей [1], [3], [5], в которую входит теория событий, имеет большое прикладное значение [2]. Поэтому рассмотрение вопросов, связанных с теорией событий, несомненно, является актуальным.

Теория событий строится на основе теории множеств [3], задачи на применение алгебры логики в теории множеств рассматриваются в [9, С. 83]. В частности, операциям $\cap$ и $\cup$ теории множеств соответствуют операции $\wedge$ и $\vee$ алгебры логики. Однако алгебра логики в теории событий применяется впервые.

Булевы функции событий

Назовем событие E бинарным (булевым), если оно является результатом испытания, множество элементарных исходов которого состоит из двух событий E и $\overline{E}$. Например, попадание стрелка в мишень – бинарное событие, а выпадение на верхней грани игрального кубика 6 очков – им не является.

Будем рассматривать события, задаваемые булевыми функциями E=F (E_1, E_2, …,

E_n), в которых E_1, E_2, … E_n – булевы события. Например, событие, состоящее в том, что один из двух стрелков попадет в мишень задается булевой функцией:

$$E = E_1 \cdot \overline{E}_2 \vee \overline{E}_1 \cdot E_2 ,$$

где E_1 – первый стрелок попадет в мишень, E_2 – второй стрелок попадет в мишень.

Также будем предполагать, что события E_1, E_2, …, E_n – независимы, в смысле, независимости в совокупности [3, С. 38].

Теорема 1

Пусть событие E задано булевой функцией E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которой E_1, E_2, …, E_n – независимые булевы события, вероятности которых P(E_1), P(E_2), …, P(E_n). Тогда справедлива формула:

$$P(E) = \sum_{\sigma_1=0}^{1} \ldots \sum_{\sigma_n=0}^{1} F(\sigma_1,\ldots,\sigma_n) \cdot P(E_1^{\sigma_1}) \cdot \ldots \cdot P(E_n^{\sigma_n}) \quad (1)$$

Доказательство

По теореме о представлении булевой функции совершенной дизъюнктивной нормальной формой [6] можно записать:

$$P(E) = P\left(\sum_{\sigma_1=0}^{1} \ldots \sum_{\sigma_n=0}^{1} F(\sigma_1,\ldots,\sigma_n) \cdot E_1^{\sigma_1} \cdot \ldots \cdot E_n^{\sigma_n} \right).$$

Для любых двух различных булевых наборов (σ_1, σ_2, …, σ_n) и (ϑ_1, ϑ_2, …, ϑ_n) обязательно найдется элемент σ_i, для которого $\vartheta_i = \overline{\sigma}_i$. Следовательно, так как $E_i \cdot \overline{E}_i = 0$, выполняется

$$(E_1^{\sigma_1} \cdot \ldots \cdot E_n^{\sigma_n}) \cdot (E_1^{\vartheta_1} \cdot \ldots \cdot E_n^{\vartheta_n}) = 0,$$

а значит

$$P(E_1^{\sigma_1} \cdot \ldots \cdot E_n^{\sigma_n} \cdot E_1^{\vartheta_1} \cdot \ldots \cdot E_n^{\vartheta_n}) = 0.$$

Поэтому применение теоремы о вероятности суммы событий дает:

$$P(E) = \sum_{\sigma_1=0}^{1} \ldots \sum_{\sigma_n=0}^{1} P\left(F(\sigma_1,\ldots,\sigma_n) \cdot E_1^{\sigma_1} \cdot \ldots \cdot E_n^{\sigma_n}\right)$$

Остается воспользоваться теоремой о вероятности произведении событий и учесть независимость событий E_1, E_2, …, E_n.

Задача 1

Событие E задано функцией $E = (\overline{E}_1 \wedge E_2) \oplus (E_3 \to \overline{E}_1)$. Найти P(E), если $P(E_1) = 0{,}6$, $P(E_2) = 0{,}9$, $P(E_3) = 0{,}7$, применяя:

A) Таблицу истинности;

B) Преобразования заданной функции.

Решение

A) Составляется таблица истинности, в которой событие E_i, i=1, 2, 3, имеет значение 1, если оно наступило, и значение 0, в противном случае: $E_3 \to \overline{E}_1$

Таблица 1 – Расчеты к задаче 1

E_1	E_2	E_3	$\overline{E}_1$	$\overline{E}_1 \wedge E_2$	$E_3 \to \overline{E}_1$	E
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

Из таблицы 1 следует E = (11001010). Применяется формула (1):

$$P(E) = 0{,}4 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}3 + 0{,}4 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}7 + 0{,}6 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}3 + 0{,}6 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}3 = 0{,}22$$

B) С помощью непосредственных преобразований заданная функция приводится к виду $E = \overline{E}_1 \cdot \overline{E}_2 \vee E_1 \cdot \overline{E}_3$. Поэтому

$$P(E) = P(\overline{E}_1 \cdot \overline{E}_2 \vee E_1 \cdot \overline{E}_3) = P(\overline{E}_1 \cdot \overline{E}_2) + P(E_1 \cdot \overline{E}_3) - P(\overline{E}_1 \cdot \overline{E}_2 \cdot E_1 \cdot \overline{E}_3) = 0{,}04 + 0{,}18 = 0{,}22$$

Задача 2

Решить задачу 1, если событие E задано булевой функцией, значения которой (01010111).

Решение

A) Составляется таблица истинности:

Таблица 2 – Входные данные

E_1	E_2	E_3	E
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

По строкам с единичными значениями последнего столбца получаем:

$$P(E) = 0{,}4 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}7 + 0{,}4 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}7 + 0{,}6 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}7 + 0{,}6 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}3 + 0{,}6 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}7 = 0{,}862$$

В) Составляется карта Карно:

Таблица 3 – Карта Карно к задаче 2

E_1E_2\ E_3	0	1
00	0	1
01	0	1
11	1	1
10	0	1

Из блоков единичных значений следует $E = E_1 \cdot E_2 \vee E_3$. Поэтому

$$P(E) = P(E_1 \cdot E_2) + P(E_3) - P(E_1 \cdot E_2 \cdot E_3) = 0{,}6 \cdot 0{,}9 + 0{,}7 - 0{,}6 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}7 = 0{,}862$$

Задача 3

Решить задачу 1, если событие E задано булевой функцией, значения которой (0001000100010001), $p(E_1)=0{,}6$; $p(E_2)=0{,}7$; $p(E_3)=0{,}8$; $p(E_4)=0{,}9$.

Решение

А) Составляется таблица истинности:

Таблица 4 – Входные данные к задаче 3

E_1	E_2	E_3	E_4	E
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

По таблице находим:

$$P(E) = 0{,}4 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 + 0{,}4 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 + 0{,}6 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 + 0{,}6 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 0{,}72$$

В) Составляется карта Карно:

Таблица 5 – Карта Карно к задаче 3

$E_1E_2 \backslash E_3E_4$	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	0	1	0
11	0	0	1	0
10	0	0	1	0

Из блока единичных значений следует E= E_3E_4, а значит $P(E) = 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 0{,}72$.

Пусть событие E задано булевой функцией E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которой E_1, E_2, …, E_n, – независимые булевы события, вероятности которых P(E_1), P(E_2), …, P(E_n), и есть такой набор (σ_1, σ_2, …, σ_n), для которого F (σ_1, σ_2, …, σ_n) = 0, а для всех остальных наборов F=1. Тогда вычислить P(E) можно по формуле:

$$P(E) = P(E_1^{\sigma_1} \vee E_2^{\sigma_2} \vee ... \vee E_n^{\sigma_n}) \ .$$

Например, $E = \overline{E}_1 \to (E_2 \to \overline{E}_3)$, P($E_1$)=0,7, P($E_2$)=0,6, P($E_3$)=0,8. Тогда таблица истинности имеет вид:

Таблица 6 – Расчетная таблица

E_1	E_2	E_3	$\overline{E}_1$	$\overline{E}_3$	$E_2 \to \overline{E}_3$	E
0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0	1

По строкам с единичными значения E по теореме 1 находим:

$$\begin{aligned} P(E) &= 0{,}3 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}2 + 0{,}3 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}8 + 0{,}3 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}2 + 0{,}7 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}2 + 0{,}7 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}8 + \\ &+ 0{,}7 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}2 + 0{,}7 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8 = 0{,}856 \end{aligned}$$

Такое же значение получается, как вероятность суммы трех событий:

$$\begin{aligned} P(E) &= P(E_1 \vee \overline{E}_2 \vee \overline{E}_3) = P(E_1) + P(\overline{E}_2) + P(\overline{E}_3) - P(E_1 \cdot \overline{E}_2) - P(E_1 \cdot \overline{E}_3) - \\ &- P(\overline{E}_2 \cdot \overline{E}_3) + P(E_1 \cdot \overline{E}_2 \cdot \overline{E}_3) = 0{,}7 + 0{,}4 + 0{,}2 - 0{,}7 \cdot 0{,}4 - 0{,}7 \cdot 0{,}2 - \\ &- 0{,}4 \cdot 0{,}2 + 0{,}7 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}2 = 0{,}856 \end{aligned}$$

Булева функция события, зависящего от полной группы событий

Теорема 2

В булевой функции E=F (E_1, E_2, …, E_n) события E_1, E_2, …, E_n образуют полную группу событий тогда и только тогда, когда F (E_1, E_2, …, E_n) =1, если среди значений E_1, E_2, …, E_n есть только одна единица.

Доказательство

Если события E_1, E_2, …, E_n образуют полную группу событий, то они попарно несовместны и их объединение является достоверным событием. Поэтому одновременно два и более из событий E_1, E_2, …, E_n наступить не могут, что и отражает условие F (E_1, E_2, …, E_n) =1, если среди значений E_1, E_2, …, E_n есть только одна единица.

Теорема 3

Пусть событие E задано булевой функцией E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которой события E_1, E_2, …, E_n образуют полную группу событий и имеют вероятности p_1, p_2, …, p_n, $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$. Тогда формула полной вероятности события E записывается в виде:

$$P(E) = F(1,0,...,0)\, p_1 \overline{p}_2 ... \overline{p}_n + F(0,1,0,...,0)\, \overline{p}_1 p_2 \overline{p}_3 ... \overline{p}_n + ... + F(0,...,0,1)\, \overline{p}_1 ... \overline{p}_{n-1} p_n \qquad (2)$$

Следствие 1

Если событие E задано булевой функцией E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которой события E_1, E_2, …, E_n образуют полную группу событий, то условные вероятности P(E| E_i) находятся по формулам:

$$P(E|E_1) = F(1,0,...,0)\bar{p}_2...\bar{p}_n,$$
$$P(E|E_2) = F(0,1,0,...,0)\bar{p}_1\bar{p}_3...\bar{p}_n, \quad (3)$$
$$P(E|E_n) = F(0,...,0,1)\bar{p}_1...\bar{p}_{n-1}.$$

Следствие 2

Если событие E задано булевой функцией E=F (E_1, E_2, …, E_n), в которой события E_1, E_2, …, E_n образуют полную группу событий, то в формуле Байеса

$P(E_i|E) = P(E_i)P(E|E_i)/P(E)$ вероятности $P(E|E_i)$ находятся по формулам (3), а вероятность P(E) – по формуле (2).

Задача 4

Событие E задано булевой функцией:

$$E = (E_1 \vee \bar{E}_2) \to E_1 \cdot \bar{E}_2$$

Проверить, что события E_1, E_2 образуют полную группу событий.

Решение

Составляется таблица истинности:

Таблица 7 – Расчеты к задаче 4

E_1	E_2	$\bar{E}_2$	$E_1 \vee \bar{E}_2$	$E_1 \cdot \bar{E}_2$	E
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0

По теореме 2 из таблицы 7 следует, что E_1, E_2 образуют полную группу событий.

Задача 5

Событие E задано формулой:

$$E = \bar{E}_1 \cdot [(\bar{E}_2 \vee E_3) \to \bar{E}_2 \cdot E_3] \vee E_1 \cdot \bar{E}_2 \cdot \bar{E}_3$$

Проверить, что события E_1, E_2, E_3 образуют полную группу событий.

Решение

Составляется таблица истинности, $B = (\bar{E}_2 \vee E_3) \to \bar{E}_2 \cdot E_3$, $C = \bar{E}_1 \cdot B$, $D = E_1 \cdot \bar{E}_2 \cdot \bar{E}_3$:

Таблица 8 – Расчеты к задаче 5

E_1	E_2	E_3	$\bar{E}_1$	$\bar{E}_2$	$\bar{E}_3$	$\bar{E}_2 \vee E_3$	$\bar{E}_2 \cdot E_3$	B	C	D	E
0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

По теореме 2 из таблицы 8 следует, что E_1, E_2, E_3 образуют полную группу событий.

Задача 6

Событие E задано формулой задачи 5, p_1=0,1, p_2=0,6, p_3=0,3. Найти:

A) P(E);

B) $P(E|E_1)$, $P(E|E_2)$, $P(E|E_3)$;

C) $P(E_1|E)$, $P(E_2|E)$, $P(E_3|E)$.

Решение

A) Применяется формула (2):

$$P(E) = 0{,}1 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}7 + 0{,}9 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}7 + 0{,}9 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}3 = 0{,}514.$$

B) Из формул (3) следует:

$$P(E|E1) = 0{,}4 \cdot 0{,}7 = 0{,}28,\ P(E|E2) = 0{,}9 \cdot 0{,}7 = 0{,}63,\ P(E|E3) = 0{,}9 \cdot 0{,}4 = 0{,}36.$$

C) Применяется следствие 2:

$$P(E_1|\,E) = \frac{0{,}1 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}7}{0{,}514} = \frac{0{,}028}{0{,}514} = \frac{14}{257},$$

$$P(E_2|\,E) = \frac{0{,}9 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}7}{0{,}514} = \frac{0{,}378}{0{,}514} = \frac{189}{257},$$

$$P(E_3|\,E) = \frac{0{,}9 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}3}{0{,}514} = \frac{0{,}108}{0{,}514} = \frac{54}{257}.$$

Заключение

Введенные понятия и полученные результаты показывают, что применение алгебры логики в теории событий открывает новые возможности по решению многих задач теории событий.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Венцель Е.С. Теория вероятностей. / Е.С. Венцель – М.: Наука, 1964, – 564 с.
2. Венцель Е.С. Прикладные задачи теории вероятностей. / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров – М.: Радио связь, 1983. – 416 с.
3. Вуколов Э.А. Сборник задач по математике для втузов. Часть 4 / Вуколов Э.А., Ефимов А.В., Земсков В.Н., Поспелов А.С. Под общ. ред. А.В. Ефимова и А.С. Поспелова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2004. – 432 с.
4. Гаврилов Г.П. Задачи и упражнения по дискретной математике: Учебное пособие – 3-е изд., перераб. / Г.П. Гаврилов, А.А. Сапоженко – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 416 с.
5. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. /Б.В. Гнеденко – М.: Физматгиз, 1961, – 406 с.
6. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика: теория, задачи, приложения. 3-е издание. / Я.М. Ерусалимский – М.: Вузовская книга, 2000. – 280 с.
7. Сдвижков О.А. Дискретная математика и математические методы экономики с применением VBA Excel. / О.А. Сдвижков – М.: ДМК Пресс, 2012. – 212 с.
8. Супрун В.П. Основы теории булевых функций. / В.П. Супрун – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 208 с.
9. Тишин В.В. Дискретная математика в примерах и задачах. / В.В. Тишин – СПб. БХВ-Петербург, 2008. – 352 с.
10. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.А. Садовничего. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк.; 2003. – 384 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Wenzel E.S. Teoriya veroyatnostei [Probability Theory] / E.S. Wenzel – M.: Nauka, 1964, – 564 p. [in Russian]
2. Wenzel E.S. Prikladnye zadachi teorii veroyatnostei [Applied Problems of Probability Theory] / E.S. Wenzel, L.A. Ovcharov – M.: Radio Communication, 1983. – 416 p. [in Russian]
3. Vukolov Ye.A. Sbornik zadach po matematike dlya vtuzov [Collection of Math Problems for Technical Colleges]. / Vukolov Ye.A., Efimov A.V., Zemskov V.N., Pospelov A.S. // Part 4 / Under the general. ed. of A.V. Efimov and A.S. Pospelov. – 3rd ed. revised. – M.: Publishing House of Physics and Mathematics, 2004. – 432 p. [in Russian]
4. Gavrilov G.P. Zadachi i uprazhneniya po diskretnoi matematike: Uchebnoe posobie – 3-e izd., pererab. [Tasks and Exercises in Discrete Mathematics: Textbook – 3rd ed., revised] / G.P. Gavrilov, A.A. Sapozhenko – M.: FIZMATLIT, 2003. – 416 p. [in Russian]
5. Gnedenko B.V. Kurs teorii veroyatnosti [Probability Theory Course] / B.V. Gnedenko – M.: Fizmatgiz, 1961, – 406 p. [in Russian]
6. Yerusalimskij Ya.M. Diskretnaya matematika: teoriya, zadachi, prilozheniya. 3-e izdanie. [Discrete Mathematics: Theory, Problems, Applications. 3rd edition] / Ya.M. Yerusalimsky – M.: University Book, 2000. – 280 p. [in Russian]
7. Sdvizhkov O.A. Diskretnaya matematika i matematicheskie metody ekonomiki s primeneniem VBAExcel [Discrete Mathematics and Mathematical Methods of Economics using VBAExcel] / O.A. Sdvizhkov – M.: DMK Press, 2012. – 212 p. [in Russian]
8. Suprun V.P. Osnovy teorii bulevykh funktsii [Fundamentals of the Theory of Boolean Functions]. / V.P. Suprun – M.: LENAND, 2017. – 208 p. [in Russian]
9. Tishin V.V. Diskretnaya matematika v primerakh i zadachakh. [Discrete Mathematics in Examples and Problems] / V.V. Silence – St. Petersburg. BHV-Petersburg, 2008. – 352 p. [in Russian]
10. Yablonskii S.V. Vvedenie v diskretnuyu matematiku: Uchebnoe posobie dlya vuzov [Introduction to Discrete Mathematics: Textbook for High Schools] / Ed. by V.A. Sadovnicii. – 4th ed., revised. – M.: Vysshaya Shkola; 2003. – 384 p. [in Russian]

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.003

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОСТИ НЕНАПОЛНЕННОЙ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

Научная статья

Бормотов А.Н.[1, *], Горохова А.А.[2]
[1] ORCID: 0000-0001-7069-6603,
[1] Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия;
[2] Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

* Корреспондирующий автор (aleks21618[at]yandex.ru)

Аннотация

Предложен математический метод моделирования полимерных композиционных материалов при помощи функционалов качества кинетических (переходных) процессов. Обоснована целесообразность рассмотрения кинетических (переходных) процессов как необходимого и достаточного признака формирования структуры термореактивного вяжущего. Рассмотрены процессы, протекающие при формировании модифицированного полимера и появление качественно новых свойств при сохранении химической индивидуальности каждого компонента, учитываемые в предложенном функционале качества. Построена математическая модель вязкости ненаполненной эпоксидной смолы ЭД-16.

Ключевые слова: композиционные материалы, математическое моделирование, вязкость, пластификация, оптимизация свойств.

MATHEMATICAL MODEL OF VISCOSITY OF UNFILLED EPOXY RESIN

Research article

Bormotov A.N.[1, *], Gorokhova A.A.[2]
[1] ORCID: 0000-0001-7069-6603,
[1] Penza State Technological University, Penza, Russia;
[2] Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

* Corresponding author (aleks21618[at]yandex.ru)

Abstract

The paper proposes a mathematical modeling method for polymer composite materials using the quality functional of kinetic (transient) processes. The expediency of considering kinetic (transient) processes as a necessary and sufficient sign of the formation of a thermosetting binder structure is substantiated. Processes occurring during the formation of the modified polymer and the emergence of qualitatively new properties while maintaining the chemical identity of each component are considered in the proposed quality functional. Mathematical model of the viscosity of unfilled epoxy resin ED-16 is created.

Keywords: composite materials, mathematical modeling, viscosity, plasticization, optimization of properties.

Введение

Эпоксидная смола марки ЭД-16 представляет собой высоковязкую прозрачную жидкость от светло-жёлтого до коричневого цвета, растворимую в толуоле, ксилоле, кетонах; устойчивую к действию воды, растворов солей, кислот, щелочей и радиоактивного излучения. Эпоксидная смола ЭД-16 по своим реологическим свойствам относится к низковязким ньютоновским жидкостям с вязкостью при 40°С 20000-60000 спз [1]. Эпоксидная смола ЭД-16 в силу своей высокой молекулярной массы более других подходит для приготовления композиционных материалов. Но приготовление различных композиционных материалов на основе смолы ЭД-16 представляет собой очень трудоёмкий процесс, так как при обычной (комнатной) температуре данная смола практически не может быть использована из-за высокой вязкости.

Методы и принципы исследования

Изучение вязкости и действия модификаторов проводилось на вискозиметре ВЗ-4 по стандартной методике.

В ходе исследований была получена экспериментальная зависимость вязкости *B(t)* от температуры смолы *t*, которая имеет вид:

$$B(t) = A \cdot \exp(-b \cdot t), \tag{1}$$

где *B (t)* – вязкость смолы, сек; *t* – температура смолы, °С; *A* и *b* – постоянные коэффициенты, равные *A* = 7267,2 и *b* = – 0,0723.

Уравнение (1) представляет собой модифицированное уравнение текучести Аррениуса:

$$B(t) = B(t_i) \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right), \tag{2}$$

где $B(t)$ – вязкость; $B(t_i)$ – вязкость при i-й температуре; E – энергия активации; R – газовая постоянная; T – температура.

Совершенно очевидно, что уравнение (2) легко трансформируется в уравнение (1). Однако использование уравнения вида (1) позволяет значительно облегчить оценку эффективности действия модификаторов на вязкость смолы.

Визуальная оценка эффективности действия модификаторов затруднена из-за погрешностей определения вязкости, неточности графических построений, произвольности в выборе масштаба, множества сравниваемых кривых и т.д.

Дифференцируя уравнение вязкости вида (1) и приравнивая первую производную к нулю, легко найти тангенс угла (или сам угол) наклона касательной к оси абсцисс в любой точке кривой. Пусть это будет точка 40°С, соответствующая предельной температуре совмещения смолы и отвердителя (рис. 1). Из рис. 1 видно, что $\angle \alpha > \angle \beta$. Это означает, что вязкость системы, описанной функцией «I», будет выше, чем вязкость системы, описанной функцией «II», при температуре 40 °С. При большом количестве опытов и при наличии погрешностей эксперимента такой метод позволяет значительно ускорить процесс анализа данных (за счет применения ЭВМ), а также повысить его качество.

Применяя данный метод, были найдены концентрации пластификаторов и модификаторов.

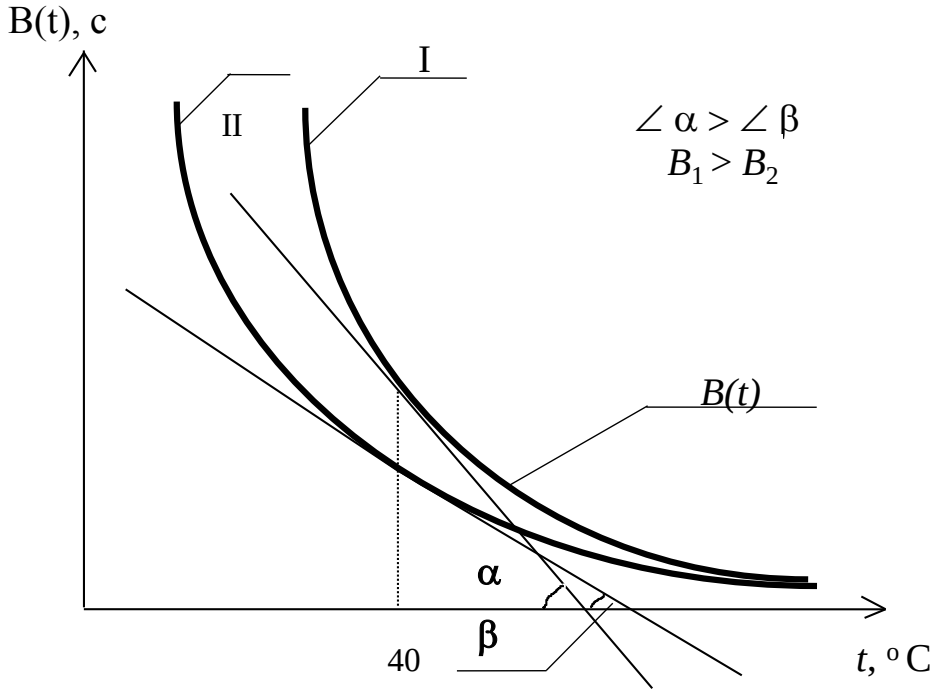


Рис. 1 – Иллюстрация метода определения эффективности действия модификаторов на вязкость ненаполненной смолы ЭД-16

Основные результаты

Как известно, существует два метода модификации полимеров путём введения пластифицирующих добавок – молекулярная пластификация и структурная пластификация [2], [3]. *Молекулярная* пластификация подразумевает изменение механических свойств путём введения в них, в основном, низкомолекулярных веществ, совмещающихся с полимером на молекулярном уровне. Действие таких пластификаторов заключается в том, что благодаря взаимодействию полимера с молекулами пластификатора ослабляются силы взаимодействия макромолекул между собой. Из-за этого появляется возможность взаимной перегруппировки звеньев макромолекул под влиянием внешних механических полей и, соответственно, увеличивается податливость системы. *Структурная* пластификация связана с эффектом изменения механических свойств при введении относительно малых количеств низкомолекулярных веществ, практически не совместимых с полимером. При этом пластификатор распределяется между элементами структуры в виде тонких слоёв и оказывает своеобразный эффект "смазки".

В данной работе использовались в качестве пластифицирующих добавок следующие вещества: минеральное машинное масло – ММ, растительное масло – РМ, подсолнечное масло – ПМ, ДБФ – дибутилфталат.

На рис. 2 показано, как изменяется вязкость смолы ЭД-16 от добавок оптимальных концентраций масел ПМ, РМ и ММ.

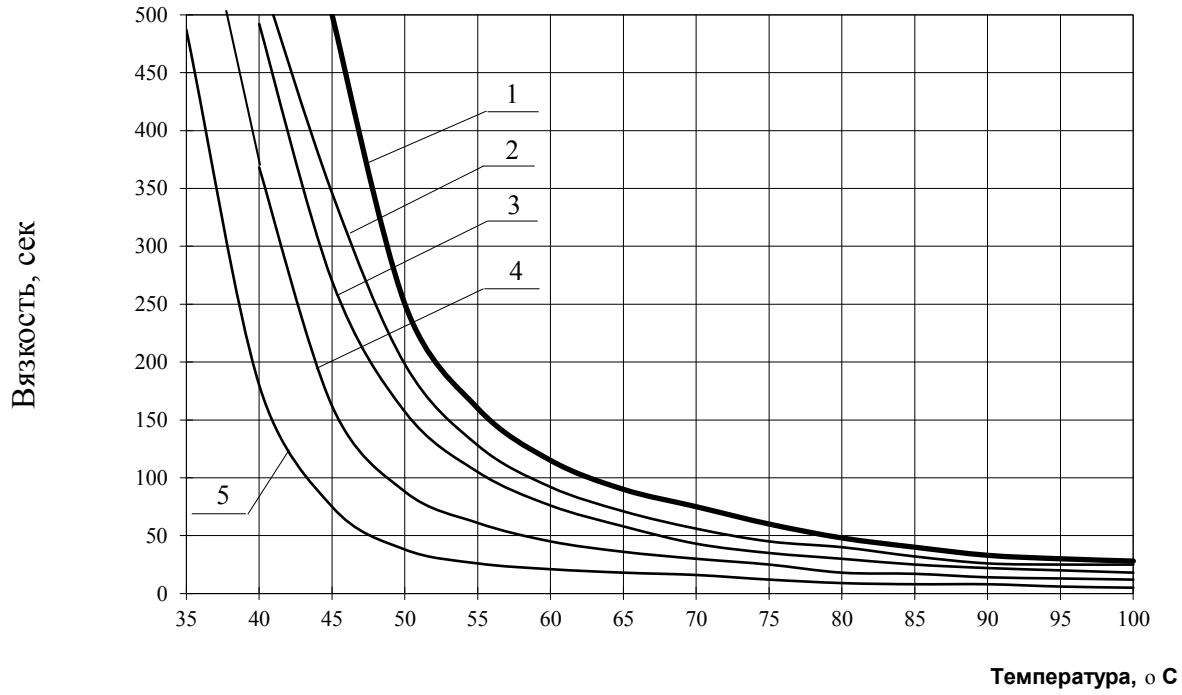


Рис. 2 – Влияние различных пластификаторов оптимальной концентрации на вязкость ненаполненной эпоксидной смолы:
1– чистая смола*; 2* – РМ в концентрации 5 %*; 3* – ПМ в концентрации 5 %; *4* – ММ в концентрации 10 %; *5* – ДБФ в концентрации 15 %

Химический состав минеральных и растительных масел очень сложен. Они содержат парафиновые, нафтеновые, ароматические, асфальто-смолистые вещества, а также смеси высоконепредельных, непредельных и предельных жирных кислот с рядом других углеводородов. Часть этих веществ по отношению к эпоксидной смоле являются реакционноспособными пластификаторами и осуществляют молекулярную пластификацию, другая же часть практически несовместима с эпоксидной смолой и выступает в качестве структурных пластификаторов. Поэтому, в случае использования модификаторов типа ММ, ПМ и РМ, имеет место ***комплексная пластификация***. Некоторая часть молекул пластификатора ММ вступает во взаимодействие с молекулами полимера, ослабляя силы взаимодействия макромолекул между собой. Одновременно другая часть молекул пластификатора ММ своими углеводородными радикалами раздвигают цепи макромолекул полимера, создавая плоскости проскальзывания [3], [4].

С целью описания процессов пластификации полимерных материалов представляется перспективным использование динамических моделей, определённых в классе дифференциальных уравнений. Для гомогенных систем такая модель в классе обыкновенных дифференциальных уравнений рассматривается в [5], [6], [7]. Повышение порядка дифференциального уравнения позволяет описать кинетические процессы в гетерогенных, дисперсных и полидисперсных системах для многих контролируемых параметров [8, 9]. При этом, как правило, оказывается возможным ограничиться классом обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами [10]. В частности, для процессов вида, приводимого на рис. 3, с асимптотическим выходом контролируемого параметра на эксплуатационное значение можно использовать модель вида:

$$\ddot{x} + 2\,n\,\dot{x} + \omega_o^2\left(x - x_m\right) = 0\,. \tag{3}$$

Здесь абсцисса точки перегиба определяется в виде:

$$t_n = (1 / (\lambda_1 - \lambda_2))\ln(\lambda_1 / \lambda_2), \tag{4}$$

где λ_1, λ_2 ($\lambda_1 > \lambda_2$) – модули корней (отрицательных) характеристического полинома.

Значение λ_2 можно определить по концу переходного процесса. Можно показать справедливость соотношения $r^{\frac{1}{r-1}} = e^{\nu}$, где $r = (\lambda_1 / \lambda_2)$, $\nu = \lambda_2 t_n$. Оно позволяет определить значение λ_1, а стало быть, и процесс $x(t)$.

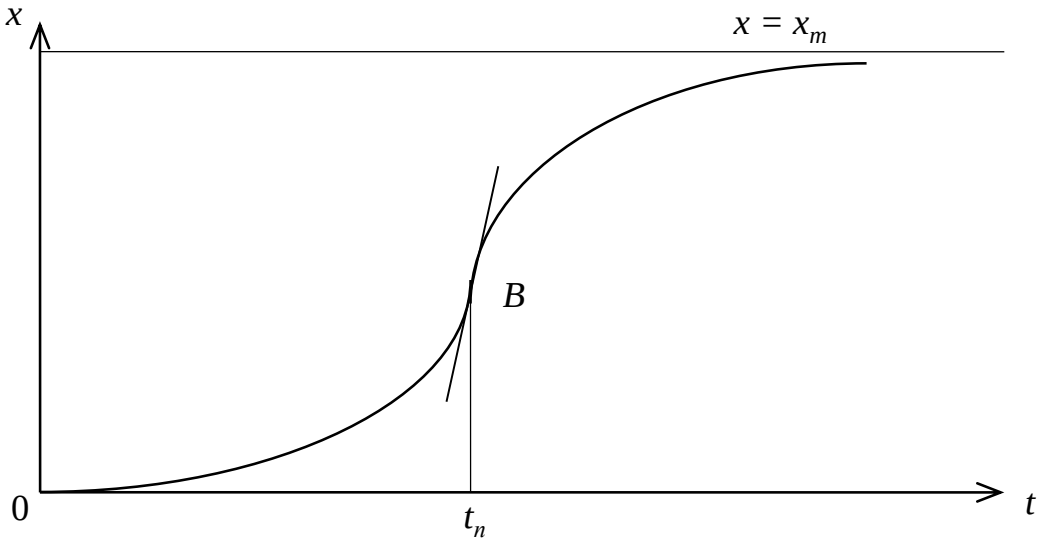


Рис. 3 – Вид кинетического процесса

Экспериментально легко определить зависимости λ_1, λ_2, x_m (то есть процесс $x(t)$) от параметров модели ω_o и n (вместо n можно использовать безразмерный коэффициент демпфирования $\xi = n/\omega_o \geq 1$), с учётом корреляционных связей между λ_i и $\Phi(S)$.

Для высоковязких материалов, на основе смолы ЭД-16 в частности, нет теоретических аспектов пластификации этих систем и, естественно, отсутствуют оптимальные рецептурно-технологические параметры композиций. Поэтому при практической апробации метода определялись оптимальные концентрации пластификаторов и модификаторов.

Самой простой, но и достаточно грубой, является ступенчатая аппроксимация. Ее можно применять или при мелкой сетке в пространстве аргумента x, или при специальном ступенчатом виде самой функции.

При создании математической модели вязкости ненаполненной эпоксидной смолы задача приближения функции нескольких переменных может решаться на основе метода наименьших квадратов, представляя ее суммой одной переменной.

Для случая функции двух переменных $f(x_1, x_2)$ с прямоугольной областью изменения аргументов

$$d_{11} \leq x_1 \leq d_{12}, d_{21} \leq x_2 \leq d_{22} \tag{5}$$

решение задачи получается в виде:

$$f_1(x_1, x_2) = \overline{f}^{x_1} + \overline{f}^{x_2} - \overline{\overline{f}}^{x_1 x_2}, \tag{6}$$

где

$$\overline{f}^{x_1} = 1/(d_{12} - d_{11}) \int_{d_{11}}^{d_{12}} f(x_1, x_2) dx_1, \tag{7}$$

$$\overline{f}^{x_2,} = 1/(d_{22} - d_{21}) \int_{d_{21}}^{d_{22}} f(x_1, x_2) dx_2, \tag{8}$$

$$\overline{\overline{f}}^{x_1 x_2} = 1/((d_{12} - d_{11})(d_{22} - d_{21})) \int_{d_{21}}^{d_{22}} \int_{d_{11}}^{d_{12}} f(x_1, x_2) dx_1 dx_2. \tag{9}$$

В случае приближения $f(x_1, x_2)$ в виде произведения двух одномерных функций, введя $\varphi(x_1, x_2) = \ln f(x_1, x_2)$ и выполнив приближение этой функции суммой $\varphi_1(x_1) + \varphi_2(x_2)$, получаем:

$$f(x_1, x_2) \approx f_1(x_1) f_2(x_2), \tag{10}$$

где $f_1(x_1) = \exp\varphi_1(x_1), f_2(x_2) = \exp\varphi_2(x_2)$.

На основе описанных выше решений предлагается новый математический метод моделирования многомерных таблично заданных функций обобщенными многочленами при получении математической модели вязкости ненаполненной эпоксидной смолы. В частности, при двумерной аппроксимации аппроксимирующий многочлен определяется в виде:

$$Q_q = a_1 f_1(x)\varphi_1(y) + a_2 f_2(x)\varphi_2(y) + \cdots + a_q f_q(x)\varphi_q(y), \tag{11}$$

где $f_p(x), \varphi_p(y)$ – функции, выбранные по экспериментальным данным.

Тогда коэффициенты a_p определяются из условия минимума

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left[\sum_{p=1}^{q} a_p f_p(x_i)\, \varphi_p(y_i) - W_{ij}\right]^2, \tag{12}$$

где W_{ij} – табличные значения $f(x, y)$, что приводит к системе уравнений:

$$\begin{cases} C_{1,1}a_1 + C_{1,2}a_2 + \cdots + C_{1,q}a_q = b_1 \\ C_{2,1}a_1 + C_{2,2}a_2 + \cdots + C_{2,q}a_q = b_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ C_{q,1}a_1 + C_{q,2}a_2 + \cdots + C_{q,q}a_q = b_q\,. \end{cases} \tag{13}$$

Здесь

$$C_{\alpha,\beta} = f_{\alpha,\beta}\varphi_{\alpha,\beta},\ \alpha = 1, 2, \ldots, q,\ \beta = 1, 2, \ldots, q; \tag{14}$$

$$f_{\alpha,\beta} = \sum_{i=1}^{n} f_\alpha(x_i) f_\beta(x_i), \varphi_{\alpha,\beta} = \sum_{j=1}^{n} \varphi_\alpha(y_i)\varphi_\beta(y_i) \tag{15}$$

$$b_p = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} W_{ij}\, f_p(x_i)\varphi_p(y_i), p = 1, 2, \ldots, q \tag{16}$$

$$(C_{\alpha,\beta} = C_{\beta,\alpha}). \tag{17}$$

В табл. 1 приводятся данные по определению зависимости вязкости *B* связующего на основе эпоксидной смолы ЭД-16 от температуры *t* °С и специальных добавок (ММ) в различных концентрациях *x*, %.

Таблица 1 – Зависимость вязкости (с) эпоксидного связующего от температуры и процентного содержания пластификатора (ММ)

x, % \ *t*, °C	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	172	119	84	65	50	40	30	25	22	20	19
1	210	145	105	80	65	52	43	35	30	27	25
5	250	160	115	90	75	60	48	40	33	30	28
10	97	65	45	33	22	17	13	10	11	9	8
15	132	91	62	47	36	30	21	18	17	15	12

Из приведенных результатов с очевидностью следует возможность аппроксимации $B = B(x,t)$ в виде, показанном на рис. 4.

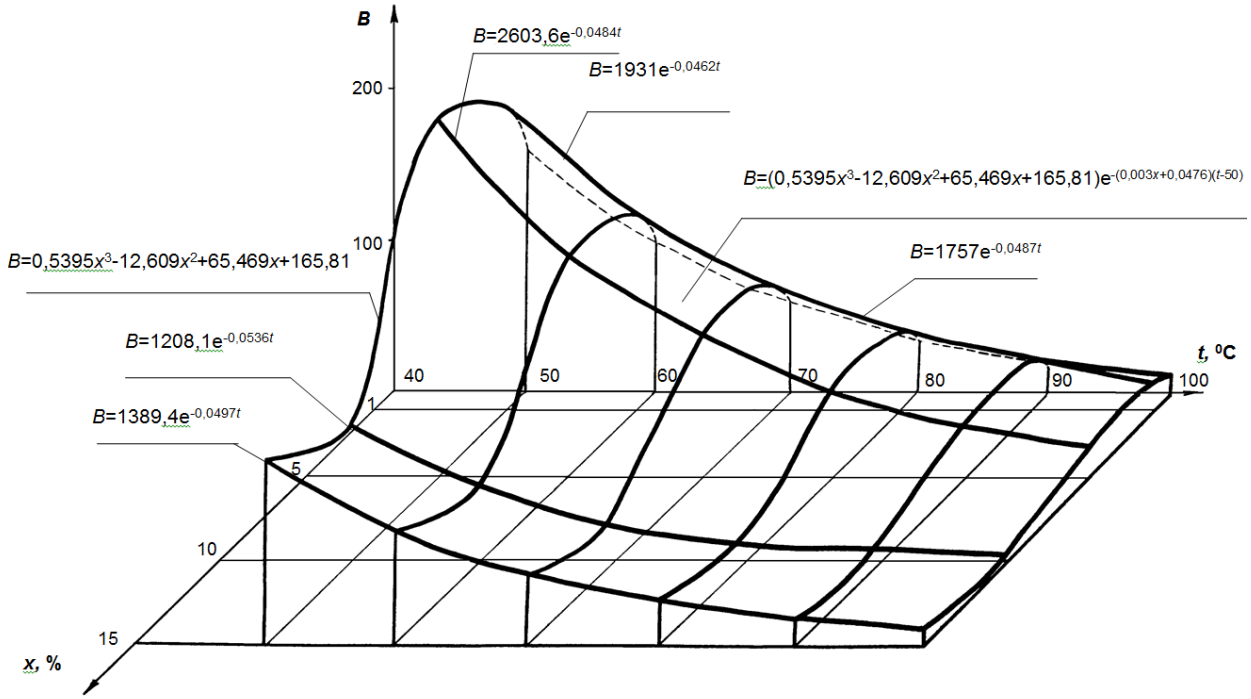


Рис. 4 – Двухфакторная зависимость вязкости эпоксидных композитов от температуры и процентного содержания ММ

Математическая модель вязкости ненаполненной эпоксидной смолы, согласно представленному выше математическому методу моделирования вязкости, может быть получена в виде:

$$B = \left(C_0 + C_1 x + C_2 x^2 + C_3 x^3\right) e^{k x (t-50)}, \quad 50 \le t \le 100 \tag{18}$$

$$B = \left(0{,}5395 x^3 - 12{,}609 x^2 + 65{,}469 x + 165{,}81\right) e^{-(0{,}003x+0{,}0476)(t-50)} \tag{19}$$

Заключение

Как видно из рис. 4, оптимальная концентрация пластификатора составляет 10% от массы смолы, а это значит, что на 2-4 молекулы смолы приходится 1 молекула пластификатора. Такое количественное соотношение веществ характерно, например, для реакции поликонденсации между эпоксидной смолой и алифатическими аминами (ПЭПА). Следовательно, будет справедливо предположить взаимодействие между макромолекулами эпоксидной смолы и реакционно-способными составляющими пластификатора ММ, что доказывает эффект молекулярной пластификации. Кривые вязкости, полученные с использованием ММ, приближаются к кривым, полученным с использованием традиционного нереакционного пластификатора – дибутилфталата (рис. 2). Это, в свою очередь, доказывает присутствие эффекта структурной пластификации. Однако, в отличие от случая применения ДБФ, машинное масло в эпоксидной смоле способствует поперечным сшивкам, хорошо распределяется в массе смолы, что не приводит к резкому разупрочнению структуры. Известно, что эпоксидные полимеры обладают статической клубкообразной конформацией с сильным переплетением цепей на молекулярном уровне [11]. Введение небольших количеств

пластификатора (1-5%) приводит к образованию агрегатов из эпоксидных олигомеров и реакционноспособной части пластификатора ММ, что вызывает некоторое увеличение вязкости системы. Дальнейшее увеличение концентрации пластификатора до 10-15 % приводит к дроблению образованных агрегатов, появлению более мелких глобул и пачек и снижению сил трения между новообразованиями, клубками и отдельными молекулами эпоксидного олигомера, приводя к эффективной молекулярной и структурной пластификации системы. Эффектом комплексной пластификации также можно объяснить и тот факт, что при введении в систему пластификатора ММ снижение физико-механических свойств не превышает 10%, в то время как при использовании пластификатора ДБФ – эти свойства уменьшаются на 35-40%.

Предложенные математические методы и модели позволяют эффективно решать задачу пластификации высоковязких полимеров при помощи функционалов качества кинетических (переходных) процессов с целью многокритериального синтеза полимерных композиционных материалов.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Энциклопедия полимеров / Под ред. В.А. Кабанова. – Т. III. – М.: Издательство "Советская энциклопедия", 1977. – С. 992-998.
2. Еремеева М.А. Исследование отверждения эпоксидных смол в присутствии поверхностно-активных веществ и наполнителя / М.А. Еремеева, И.М. Юрьевская, Г.Н. Кузнецова и др. // Работоспособность композиционных строительных материалов в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов. – Казань: КИСИ, 1982. – С. 61-64.
3. Иржак В.П. Особенности кинетики формирования сетчатых полимеров / Иржак В.П., Розенберг Б.А // ВМС. – 1985. – Т. (А), XXVII, № 9. – С. 1795-1806.
4. Иржак В.П. Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства / В.А. Иржак, Б.А. Розенберг, Н.С. Ениколопян. – М.: Наука, 1979. – 248 с.
5. Бормотов А.Н. Математическое моделирование и многокритериальный синтез композиционных материалов / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, Е.В. Королев. – Пенза, Изд-во ПГТА, 2011. – 352 с.
6. Бормотов А.Н. Математическое моделирование и многокритериальный синтез композиционных материалов специального назначения : дис. … док. техн. наук : 05.13.18 : защищена 21.12.2011 : утв. 30.08.2012 / Бормотов Алексей Николаевич. – Пенза, Пензенский государственный технологический университет, 2011 – 316 с.
7. Бормотов А.Н. Полимерные композиционные материалы для защиты от радиации : монография. – М., Палеотип, 2012. – 272 с.
8. Бормотов А.Н. Исследование математических моделей структурообразования композиционных материалов аналитическими методами / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, А.В. Васильков // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (30). – С. 62-70.
9. Бормотов А.Н. Исследование реологических свойств композиционных материалов методами системного анализа / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15. – № 4. – С. 916-925.
10. Proshin A.P. The Extra-Heavy Concrete For Protection From Radiation / A.P. Proshin, E.V. Korolev, A.N. Bormotov, O.L. Figovsky // Proceedings of the International Conference on Role of Concrete in Nuclear Facilities 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Ser. "Role of Concrete in Nuclear Facilities – Proceedings of the International Conference". – University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. – С. 69-76.
11. Тагер А.А. Физикохимия полимеров. – М.: Химия, 1976. – 544 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Enciklopediya polimerov [Encyclopedia of Polymers] / Edited by V.A. Kabanova. – V. III. – M.: Iz-datel'stvo "Sovetskaya enciklopediya" [Soviet encyclopedia], 1977. – P. 992-998. [in Russian]
2. Eremeeva M.A. Issledovanie otverzhdeniya epoksidnyh smol v prisutstvii poverhnostno-aktivnyh veshchestv i napolnitelya [The study of curing of epoxy resins in the presence of surfactants and filler] / M.A. Eremeeva, I.M. YUr'evskaya, G.N. Kuznecova and others // Rabotosposobnost' kompozicionnyh stroitel'nyh materialov v usloviyah vozdejstviya razlichnyh ekspluatacionnyh faktorov [Efficiency of composite building materials under the influence of various operational factors]. – Kazan: KIBI, 1982. – P. 61-64. [in Russian]
3. Irzhak V.P.Osobennosti kinetiki formirovaniya setcha-tyh polimerov [Features of the kinetics of the formation of cross-linked polymers.] / Irzhak V.P., Rozenberg B.A. // VMS. – 1985. – V. (A), XXVII, № 9. – P. 1795-1806. [in Russian]
4. Irzhak V.P. Setchatye polimery. Sintez, struktura, svojstva [Reticulated polymers. Synthesis, structure, properties] / V.A. Irzhak, B.A. Rozenberg, N.S. Enikolopyan. – M.: Nauka, 1979. – 248 p. [in Russian]
5. Bormotov A.N. Matematicheskoe modelirovanie i mnogokriterial'nyj sintez kompozicionnyh materialov [Mathematical modeling and multicriteria synthesis of composite materials] / A.N. Bormotov, I.A. Proshin, E.V. Korolev. – Penza, Izd-vo PGTA [Publishing house PSTA], 2011. – 352 p. [in Russian]
6. Bormotov A.N. Matematicheskoe modelirovanie i mnogokriterial'nyj sintez kompozicionnyh materialov special'nogo naznacheniya [Mathematical modeling and multicriteria synthesis of composite materials for special purposes] : dis. … of PhD in Engineering : 05.13.18 : defense of the thesis 21.12.2011 : approved 30.08.2012 / Bormotov Aleksej Nikolaevich [Bormotov Alexey Nikolaevich]. – Penza, Penzenskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet [Penza State Technological University], 2011 – 316 p. [in Russian]

7. Bormotov A.N. Polimernye kompozicionnye materialy dlya zashchity ot radiacii : monografiya [Polymeric composite materials for radiation protection: monograph]. – M., Paleotip [Paleotype], 2012. – 272 p. [in Russian]

8. Bormotov A.N. Issledovanie matematicheskih modelej strukturoobrazovaniya kompozicionnyh materialov analiticheskimi metodami [Research of mathematical models of structure formation of composite materials by analytical methods] / A.N. Bormotov, I.A. Proshin, A.V. Vasil'kov // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Bryansk State Technical University]. – 2011. – № 2 (30). – P. 62-70. [in Russian]

9. Bormotov A.N. Issledovanie reologicheskih svojstv kompozicionnyh materialov metodami sistemnogo analiza [The study of the rheological properties of composite materials by systems analysis] / A.N. Bormotov, I.A. Proshin // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Tambov State Technical University]. – 2009. – V. 15. – № 4. – P. 916-925. [in Russian]

10. Proshin A.P. The Extra-Heavy Concrete For Protection From Radiation / A.P. Proshin, E.V. Korolev, A.N. Bormotov, O.L. Figovsky // Proceedings of the International Conference on Role of Concrete in Nuclear Facilities 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Ser. "Role of Concrete in Nuclear Facilities – Proceedings of the International Conference". – University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. – C. 69-76. [in English]

11. Tager A.A. Fizikohimiya polimerov [Physicochemistry of polymers]. – M.: Himiya, 1976. – 544 p. [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.004

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЛАБОСЛЫШАЩИХ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ РАЗВЕРТОК В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Научная статья

Михеенкова Е.С.[1, *], Смирнова В.И.[2]
[1] ORCID: 0000-0002-0876-8490;
[2] ORCID: 0000-0002-9741-6699;
[1, 2] Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (cathy22jan[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются такие визуальные методы обучения начертательной геометрии и инженерной графики как построение разверток. Благодаря визуальным методам обучения слабослышащие студенты развивают абстрактное, точное и творческое мышление, совершенствуют пространственное воображение, получают первые практические навыки проектирования. Авторы анализируют свой педагогический опыт использования наглядных и образных компонентов мышления и предлагают практическое их применение для развития графической культуры и получения углубленных навыков 2D и 3D моделирования для студентов технических вузов.

Ключевые слова: инженерная графика, визуализация, моделирование, конструирование, геометрия, черчение, чертеж, развертка.

VISUALIZATION OF THEORETICAL MATERIAL FOR HEARING-IMPAIRED STUDENTS ON THE EXAMPLE OF DEVELOPMENTS WITHIN THE COURSE OF ENGINEERING GRAPHICS

Research article

Mikheenkova E.S.[1, *], Smirnova V.I.[2]
[1] ORCID: 0000-0002-0876-8490;
[2] ORCID: 0000-0002-9741-6699;
[1, 2] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

* Corresponding author (cathy22jan[at]mail.ru)

Abstract

The article discusses creating developed views as a visual teaching method of descriptive geometry and engineering graphics. Visual teaching methods enable hearing-impaired students to develop abstract, accurate and creative thinking, improve their spatial imagination, and receive their first practical skills in design. The authors analyze their pedagogical experience of using visual and figurative thinking components and offer their practical application for the development of graphic culture and in order to obtain in-depth 2D and 3D modeling skills for students of technical universities.

Keywords: engineering graphics, visualization, modeling, design, geometry, sketching, drawing, developed view.

Введение

В настоящее время в России существует ряд проблем в области графического образования – выпускники средних школ по причине отсутствия обязательного изучения курса черчения, отсутствию современных школьных программ и учебно-методических материалов по 2D и 3D графике испытывают серьезные затруднения при поступлении в технические вузы. Слабое владение универсальным графическим языком и отсутствие опыта моделирования объектов в пространстве ощутимо снижают возможности и эффективность качественной подготовки студентов, доставляя трудности преподавателям высшей школы передать обучающимся навыки визуализации трехмерных объектов [1]. В особенности остро этот вопрос стоит перед слабослышащими студентами, которым визуальная образованность необходима, чтобы наглядно отображать любые объекты и процессы, тем самым помогая снимать барьеры в освоении и других учебных дисциплин.

Выпускникам школ трудно перейти от думания на плоскости к пространству, теория множеств воспринимается как нечто многотрудное и каверзное. Преподаватели отмечают, что первокурсники легко представляют, к примеру, что окружность есть геометрическое место точек (ГМТ), то есть множество всех точек, равноудалённых от её центра, а биссектриса угла есть геометрическое место точек, равноудалённых от его сторон. Но представить ГМТ в пространстве, соответственно, в виде сферы и биссекторной плоскости студентам бывает чрезвычайно сложно. Даже шутливая стародавняя головоломка (см. рисунок 1) про составление четырех треугольников из шести спичек неизменно способна поставить многих в тупик. Шаблонное представление фигур на плоскости мешает представить пространственную пирамиду.

Рис. 1 – Пирамида-головоломка

Задача развития пространственных представлений у слабослышащих студентов, способности к обобщению состоит в том, чтобы научить их видеть геометрические образы в окружающей обстановке, улавливать их свойства, оценивать форму, расположение, величину, анализировать взаимные пространственные зависимости, конструировать, преобразовывать и комбинировать фигуры, изображать их на чертеже, корректно выполнять измерения.

И именно начертательная геометрия совершенствует пространственное мышление, слабо развитое у людей с ограничениями по слуху, их способности к анализу, синтезу и преобразованию геометрических форм, что особенно необходимо при современной идеологии проектирования. А в качестве варианта постепенного перехода от преобладания наглядно-образного мышления к преобладанию отвлеченного мышления в понятиях, ярким и доходчивым решением представляется детальное изучение темы разверток. Значительного пространственного воображения требует процесс мысленного развертывания поверхности сложного геометрического тела или модели и совмещения ее с плоскостью. Под термином «развертка» понимается плоская фигура, полученная при совмещении элемента развертываемой поверхности с плоскостью без разрывов и складок, при этом развертываемая поверхность рассматривается как гибкая, нерастяжимая пленка [9].

В целях совершенствования различных способов учебной деятельности преподаватели Головного Учебно-Исследовательского и Методического Центра Московского Государственного Технического Университета имени Н.Э. Баумана (ГУИМЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана) в конструктивном диалоге обсуждают со студентами вопросы, вызвавшие у них наибольшие трудности или же максимальный интерес в течение семестра. И неизменно тема «многогранного мира разверток» упоминается обучающимися как наиболее увлекательная и познавательная.

В тесной связи с иллюстративностью обучения находится и его практичность. Именно из жизни черпается конкретный материал для формирования наглядных геометрических представлений. В этом случае обучение становится убедительным, зримым, согласованным с жизнью, отличается практичностью. При этом удачное и умелое применение наглядности, пополнения их сознания показательными проектами побуждает студентов к познавательной самостоятельности и повышает их интерес к предмету, что является важнейшим условием успеха. Мышление у слабослышащего студента младших курсов еще в значительной мере конкретно. Роль наглядного материала в процессе усвоения продолжает оставаться весьма важной, наиболее быстрое и правильное усвоение понятий происходит тогда, когда оно опирается на правильно методически подобранные наглядные образы [6].

Говоря о построении разверток, в теоретическом пояснении обязательно упоминается деление поверхностей на развертываемые и неразвертываемые. В первом случае строятся точные и приближенные развертки, и это редко вызывает серьезные затруднения. Во втором случае, для неразвертываемых поверхностей, строят условные развертки, и это представляется относительно сложным материалом. Например, задачи на сферические поверхности с применением метода двойной аппроксимации. Сначала неразвертываемая поверхность разбивается на ряд отсеков, каждый их которых аппроксимируется отсеком криволинейной развертывающейся (торсовой) поверхности. Каждый отсек развертываемой поверхности аппроксимируется соответствующей ей многогранной поверхностью. И только после этого получают точную развертку многогранной поверхности, которая является условной разверткой неразвертываемой поверхности [4].

При проведении аналогии между планетой Земля и шаром, как трехмерной геометрической фигурой, барьер быстро преодолевается. Глобус и настенная карта мира (обычная Меркаторская проекция) - схожи со сферой и плоской разверткой соответственно. Условность развертки сферы перестает казаться парадоксальной абстракцией.

Поскольку успешное овладение материалом включает в себя этапы: знать, уметь, владеть, то немаловажно умение работать с различными способами создания разверток неразвертываемых поверхностей. Например,

- сферическую поверхность заменяют элементами цилиндрических поверхностей
- заменяют элементами конических поверхностей
- представляют усеченным икосаэдром («Земля, если посмотреть на нее сверху, похожа на мяч, сшитый из двенадцати кусков кожи», Сократ)
- спиральная развертка (лента Федоренко) [7]

• определяют по Чебышеву форму развертки оболочки для шара (она состоит из двух частей, имеет способ построения дугами окружностей радиусов r и R)

Существует множество подходов, способов построений развертки различной степени точности. Общеизвестно, что с развитием науки и техники, с течением времени человечество открывает новые факты, добивается высочайшей точности расчетов, овладевает знаниями и постоянно совершенствует существующие теории. Однако абсолютной теории, разгадывающей все явления Вселенной, не существует, как не существует и ответа, возможна ли в принципе такая абсолютная теория. Один из самых известных и уважаемых ученых нашего времени, физик-теоретик Стивен Хокинг предложил рассматривать М-теорию в качестве кандидата на абсолютную теорию всего [10]. М-теория представляется в виде семейства различных теорий, каждая из которых способна описывать результаты наблюдений только в границах конкретных физических ситуаций. Как и развертка карты земного шара, показывающая различные фрагменты с разной степенью искажения. Чтобы получить точную карту всей земной поверхности, необходимо использовать набор географических карт, каждая из которых покрывает ограниченную область. Фрагменты карт перекрываются между собой и в этих местах они демонстрируют одинаковый ландшафт. Подобно этим картам, различные теории, составляющие семейство М-теории, могут выглядеть весьма несхожими, но все они могут рассматриваться как аспекты одной основной теории, научной карты мира. Таким образом, вырисовывается параллель между абсолютной теорией, содержащей качественное представление результатов наблюдений для всех ситуаций, и абсолютно точной разверткой, которая на данном этапе развития науки и в целом, цивилизации представляется невозможной. Однако каким бы фантастическим ни казалось подобное всеобъемлющее решение, стремление достичь научного совершенства не может не стимулировать студентов, создавая мощную мотивацию к дальнейшему обучению.

Для наглядности и более полного понимания темы, подобные модели можно реализовать и из бумаги, и из ткани (например, выкройка бейсбольного мяча из двух взаимодополняющих криволинейных фрагментов), но и создать 3D модель в формате компьютерной графики [3]. Область применения развёрток в процессе создания компьютерной графики сравнительно недавно получила применение, однако на основании опыта профессорско-преподавательского состава ГУИМЦ уже доказано, что использование компьютерной графики с первых шагов обучения и на всех этапах учебного процесса дает возможность глухим студентам получить основательную профессиональную подготовку даже ранее своих слышащих сверстников. Компьютерная графика как новая информационная технология обеспечивает выигрыш во времени и качестве - как в процессе обучения, так и в профессиональной деятельности, а также безбарьерный выход в общемировое информационное пространство [8]. В электронной коллекции по дисциплине «Начертательная геометрия» в ГУИМЦ хранятся электронные модели, созданные слабослышащими учениками в пакете Inventor 2018, путем преобразования обычной поверхности в документ листового металла. Далее с помощью команды «Создать развертку» получали развертывание поверхности, демонстрируя на практике реальное изображение объектов, повышая эффективность процесса усвоения знания; и в очередной раз подтверждая пословицу «Скажи мне – я забуду. Покажи мне – я могу запомнить. Позволь мне сделать самому это – и это станет моим навсегда».

В дальнейшем, поскольку в ГУИМЦ графические дисциплины ведутся для разных специальностей, выпускники могут столкнуться с широким диапазоном важнейших технических задач на тему разверток, например, в области производства листового металла. Построение разверток пространственных фигур является одной из часто встречающихся и важных инженерных задач при раскрое плоских заготовок из листового материала для изготовления фюзеляжей самолетов, кузовов автомобилей, каналов кондиционирования воздуха, надувных пневматических конструкций, шкафов для хранения, различных приборов, резервуаров, цистерн, выкроек одежды и обуви из ткани и кожи и многого другого. Одним из этапов проектирования таких изделий является построение разверток [2]. Многие металлические предметы изготавливают из листа металла, который выкладывают, разрезают, формуют в требуемые формы и скрепляют вместе.

• Формование путем сгибания, складывания, штамповки или прокатки.

• Крепление клепанием, сшиванием, пайкой или сваркой.

Рассмотрим типовую задачу на построение развертки усеченной пирамиды. Не вдаваясь в подробности решения, опирающегося на основные положения начертательной геометрии, выделим технологический аспект, позволяющий рассматривать теоретическую задачу в качестве практической, решаемой на реальном заводе задаче. На бумаге задача может иметь несколько решений, так как при построении разрез ее можно проводить по любому ребру (см. рисунок 2).

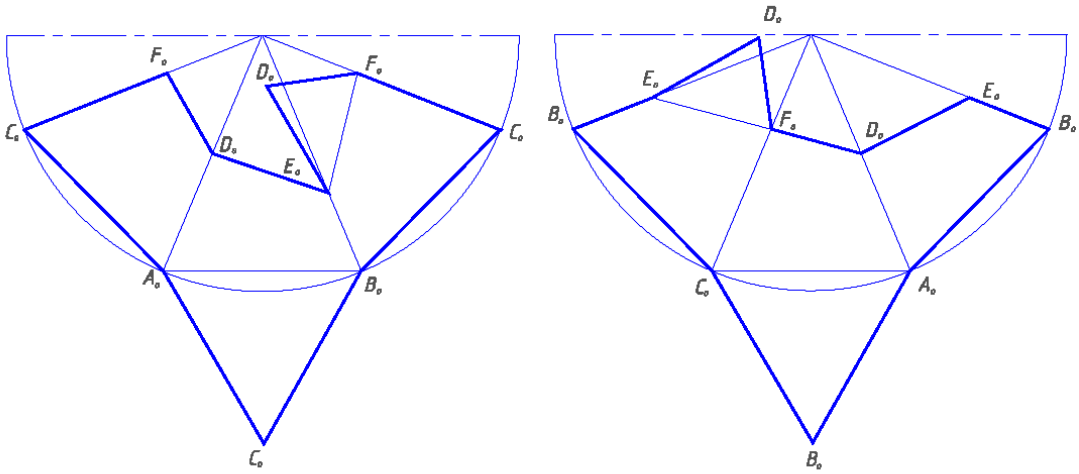


Рис. 2 – Развертка усеченной пирамиды

Однако целесообразно разрез развертки осуществлять по самому короткому ребру усеченной пирамиды, имея в виду последующие технологические операции: сварку, склеивание или другие виды соединений для получения из «выкройки» пространственной фигуры с точки зрения экономии соединительного материала и уменьшения опасности разрыва шва [5]. Доказательством правильности выполненных построений служит создание макета пирамиды по чертежу развертки.

Понимание таких моментов позволяет студентам уже сейчас, на этапе обучения, поставить себя на место технолога-профессионала.

Не менее востребованной областью применения выступает упаковочная промышленность, и упаковка является ответвлением большой отрасли, которая использует раскрой плоских заготовок. При создании пакетов или коробок необходимы как инженерные, так и художественные навыки, поскольку дизайн каждого проекта должен соответствовать многим требованиям (для защиты содержимого при транспортировке, быть привлекательным для продаж, для долговечности или краткосрочности использования).

И наконец, задачи могут носить текущий прикладной характер и в частности, потребоваться при геометрических построениях, например, для нахождения кратчайшего расстояния между двумя точками на конической поверхности. Очевидно, что определить в общем случае расстояние между двумя точками на конической поверхности проще на развертке, потому что будет прямая линия, тогда как на конусе – часть винтовой.

Заключение

Таким образом, тема разверток визуально не только соединяет в себе взаимодействующие теоретические выкладки и основы технологии, развивает познавательные способности и объемно-пространственное мышление, расширяет профессиональный и культурный кругозор студентов, но и иллюстрирует научную картину мира, подготавливая будущих инженеров к разумной, творческой и плодотворной профессиональной деятельности.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Анисимова Г.А. Где чертеж – всему голова. Графическая неграмотность молодежи и технологический прорыв / Анисимова Г.А. //– Русский инженер Russian Engineer № 01 (66) ФЕВРАЛЬ 2020. С. 42-44
2. Высоцкая Н.Н.Технические развертки изделий из листового металла. 2-е изд. исправл. / Высоцкая Н.Н., Иерусалимский А.М., Невельсон Р.А., Федоренко В.А. – М.: Машиностроение, 1968. С. 272
3. Гусев М.Р. Применение разверток в технике и построение разверток средствами компьютерной графики / Гусев М.Р. // Молодежный научно-технический вестник. 2017. № 7. С. 67.
4. Жирных Б.Г. Начертательная геометрия: учебник. / Жирных Б.Г., Серёгин В.И., Шарикян Ю.Э. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 163 с.: ил.
5. Зайцева О. Ю. Построение разверток: методические указания к домашним заданиям по дисциплине "Начертательная геометрия" (для плохослышащих студентов) : электронное учебное издание. / Зайцева О. Ю., Покровская М. В. – М.: ФГБОУ ВО "Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)". 2014
6. Замазий О.С. Наглядность и практичность обучения в начертательной геометрии. / Замазий О.С. Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. 2010. №2. С. 473-378

7. Федоренко В.И. Лента Федоренко – условная развертка сферы. - Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. / Федоренко В.И., Кучеров К.В., Христофоров П.А. 2017. Т. 1. С. 379-384.

8. Фёдорова Е.С. Визуализация и графическое отображение разверток пересекающихся поверхностей для решения задач по начертательной геометрии студентами технических вузов Евразийское Научное Объединение. / Фёдорова Е.С., Гасанбеков К.Н. 2018. № 6-1 (40). С. 49-51.

9. Фролов С.А. Начертательная геометрия. Учебник для ВТУЗов. 2-е изд. / Фролов С.А. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с.

10. Хокинг С. Высший замысел / Хокинг С., Млодинов Л. // Пер. с англ. М. В. Кононова. Под ред. Г. А. Бурбы. – СПб.: «Амфора», 2012. – 208 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anisimova G.A. Gde chertezh – vsemu golova. Graficheskaya negramotnost molodezhi i tekhnologicheskii proryv [Where the drawing is the staff of life. Graphic illiteracy of youth and technological breakthrough] / Anisimova G.A. – Russian Engineer No. 01 (66) FEBRUARY 2020.P. 42-44 [in Russian]

2. Vysotskaya N.N.Tekhnicheskie razvertki izdelii iz listovogo metalla. Technical Development of Sheet Metal Products] / Vysotskaya N.N., Ierusalimskii A.M., Nevelson R.A., Fedorenko V.A. 2nd ed. amended. – M.: Mashinostroenie, 1968. P. 272 [in Russian]

3. Gusev M.R. Primenenie razvertok v tekhnike i postroenie razvertok sredstvami kompyuternoi grafiki [Use of Developed Views in Technology and their Construction by Means of Computer Graphics] / Gusev M.R. // Scientific and Technical Bulletin for Youth. 2017. No. 7. P. 67. [in Russian]

4. Zhirnykh B.G.Nachertatelnaya geometriya: uchebnik. [Descriptive Geometry: Textbook] / Zhirnykh B.G., Seryogin V.I., Sharikyan Yu.Ye. M.: Publishing House of Bauman MSTU, 2017. – 163 p.: Ill. [in Russian]

5. Zaytseva O. Yu. Postroenie razvertok: metodicheskie ukazaniya k domashnim zadaniyam po distsipline "Nachertatelnaya geometriya" (dlya plokhoslyshashchikh studentov): elektronnoe uchebnoe izdanie. [Construction of Developed Views: Guidelines for Homework at te Lessons of “Descriptive Geometry” (for hearing-impaired students): electronic educational publication] / Zaytseva O. Yu., Pokrovskaya M. V. – M.: FSBEI of HE “Bauman Moscow State Technical University (National Research University).” 2014 [in Russian]

6. Zamazii O.S. Naglyadnost i praktichnost obucheniya v nachertatelnoi geometrii [Visual and Practical Training in Descriptive Geometry]./ Zamazii O.S. // Vestnik Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnyye nauki [Bulletin of Tula State University. Humanitarian Sciences]. – 2010. – No 2. – P. 473-378 [in Russian]

7. Fedorenko V.I. Lenta Fedorenko – uslovnaya razvertka sfery [Fedorenko Tape - Conditional Scan of a Sphere]./ Fedorenko V.I., Kucherov K.V., Khristoforov P.A. - Quality Problems of Graphic Preparation of Students at a Technical University: Traditions and Innovations. – 2017. – Vol. 1. – P. 379-384. [in Russian]

8. Fyodorova E.S. Vizualizatsiya i graficheskoe otobrazhenie razvertok peresekayushchikhsya poverkhnostei dlya resheniya zadach po nachertatelnoi geometrii studentami tekhnicheskih vuzov [Visualization and Graphic Display of Developed Views of Intersecting Surfaces for Solving Descriptive Geometry Problems by Students of Technical Universities] / Fyodorova E.S., Gasanbekov K.N. // Eurasian Scientific Association. – 2018. – No. 6-1 (40). – P. 49-51. [in Russian]

9. Frolov S.A. Nachertatelnaya geometriya [Descriptive Geometry] / Frolov S.A. Textbook for Technical Schools. 2nd ed. – M.: Mechanical Engineering, 1983. – 240 p. [in Russian]

10. Hawking S. Vysshii zamysel [Grand Design] / Hawking S., Mlodinov L. // Transl. from English by M.V. Kononov. Ed. by G.A. Burba. – SPb.: Amphora, 2012. – 2 08 p. [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.005

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WORD2VEC В ЗАДАЧЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНВЕРТОРОВ ТОНАЛЬНОСТИ

Научная статья

Полозов И.К.[1, *], Волкова И.А.[2]
[1] ORCID: 0000-0003-2679-5465;
[1,2]МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (ilya-polozov[at]mail.ru)

Аннотация

В работе рассматривается задача выделения инверторов тональности (слов, меняющих тональность соседних слов). Предложен новый метод выделения таких слов, использующий векторные представления, получаемые с помощью технологии Word2vec. В работе также проводится обзор задач, в которых используются тональные слова и инверторы тональности, анализируются существующие методы выделения инверторов тональности, определяются достоинства и недостатки каждого подхода, подробно описывается предложенный новый алгоритм, приводится оценка его работы.

Ключевые слова: инверторы тональности, word2vec, оценка тональности, компьютерная лингвистика.

APPLYING WORD2VEC TECHNOLOGY TO SHIFTER EXTRACTION TASK

Research article

Polozov I.K.[1, *], Volkova I.A.[2]
[1] ORCID: 0000-0003-2679-5465;
[1, 2] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

* Corresponding author (ilya-polozov[at]mail.ru)

Abstract

The paper considers the task of tonality shifters extraction (words that change the tonality of neighboring words). A novel approach for extracting such words is proposed. It uses vector representations generated by Word2vec technology. The paper also reviews tasks that use tonal words and tonality shifters, analyzes existing methods for extracting tonality shifters, determines the advantages and disadvantages of each approach. It gives a thorough description of the proposed algorithm and its evaluation.

Keywords: tonality shifters, word2vec, sentiment analysis, computational linguistics.

Анализ тональности является одним из направлений обработки естественного языка. Он может применяться для автоматической оценки отзывов о товаре, выявлении мнения о политике, экологии, компании, репутации и во многих других задачах. Также разработаны системы, в которых анализ тональности используется для предсказания эпидемий.

Часто анализ тональности разделяется на следующие подзадачи: определение объекта оценки, субъекта, делающего оценку и саму оценку. Иногда в оценке выделяются отдельные аспекты.

Во многих таких системах используется информация о тональности как отдельных слов, так и словосочетаний. При этом тональность слов может меняться в зависимости от контекста. Часто тональность меняется с помощью других слов - инверторов тональности, например, "уменьшить", "избавить", "вылечить" и других. Для русского языка в настоящее время словари инверторов тональности разработаны слабо. Предлагаемая работа посвящена созданию именно таких словарей.

Анализ тональности на основе методов машинного обучения

В задаче автоматической оценки тональности текста наилучшие результаты показывают программы, основанные на методе опорных векторов, методе максимальной энтропии и Наивный Байесовский алгоритм [1].

Когда количество признаков велико лучшие работает подход, использующий SVM (Support Vector Machine - метод опорных векторов), а когда признаков немного – Наивный Байесовский алгоритм. При этом для работы алгоритма количество признаков более критично, чем частота каждого отдельного признака [1].

Анализ тональности на основе правил

В самом простейшем подходе каждому оценочному слову приписывается вес, равный 1 или -1, в зависимости от его тональности. Затем веса всех тональных слов складываются, и по полученному числу определяется тональность отзыва. В более сложных алгоритмах также учитываются словосочетания, тональность слов оценивается по более широкой шкале, учитывается совместная встречаемость.

У систем, основанных на правилах, в большинстве случаев выше точность, но ниже полнота.

Инверторы тональности могут использоваться как в системах, использующих машинное обучение, так и в системах, основанных на правилах.

Системы, использующие тональные слова

Многие системы автоматической оценки тональности используют словарь тональных слов. Есть работы, основанные на машинном обучении - работа [2], в которой строится нейронная сеть со слоем, использующем информацию о тональности слов. Авторам удалось увеличить точность классификации отзывов по тональности. В работе [3] используются частота тональных слов как признак для классификатора.

Обзор работ, посвященных созданию инверторов тональности

Среди работ, посвященных извлечению инверторов тональности, можно выделить работу [4]. Авторы получают инверторы тональности с помощью системы правил. На первом шаге вручную создается список инверторов. Затем анализируются их наиболее значимые лингвистические характеристики.

В работе [5] авторы получают инверторы тональности с помощью ассоциативных правил. Для каждого предложения строится дерево отношений с помощью синтаксического анализатора. Затем отбираются наиболее значимые отношения с тональными словами.

После этого обучается классификатор, который расширяет первоначальный список инверторов.

Много работ посвящено и “ручному” построению словаря инверторов. Например, в работе [6] строится система правил для извлечения инверторов китайского языка, где рассматриваются последовательности токенов, частота встречаемости которых выше определенного порога. Алгоритм заключается в следующем:

1. проводится сегментация текста на предложения, предложений на слова;
2. для каждого слова определяется его часть речи;
3. выбирается несколько слов и вручную приписывается, стоят ли они перед положительными словами или нет;
4. полученный корпус разбивается на фразы;
5. затем рассматриваются все предложения, в которых есть хотя бы одно размеченное слово; в этих предложениях все положительные слова заменяются токеном, обозначающем его часть речи;
6. находятся все фразы, включающие хотя бы одного кандидата в инверторы, и частота встречаемости которых больше определенного порога;
7. если полученное множество пусто, то остановиться, иначе
8. уменьшить множество, оставить только фразы, в которых встречаются положительные слова. Также если фраза содержит инвертор, то все фразы, которые включают данную фразу, убираются из рассмотрения. Если же фраза вообще не содержит инверторов, то все слова, которые она содержит убираются из рассмотрения. Например, пусть есть фраза "не А", которая является инвертором. “А” обозначает положительное слово. Тогда фразы "не очень А", "не совсем А", тоже являются инверторами, и их не надо вручную аннотировать. При этом, например, фраза "ручной А" не меняет тональность, поэтому ее можно удалить.
9. снова вручную находятся инверторы.
10. уменьшить порог встречаемости и заново перейти на шаг поиска частотных фраз.

Существует несколько видов инверторов тональности. В работе [6] выделяется 3 класса инверторов в зависимости от степени и направления изменения тональности слова:

1) инверторы, меняющие тональность слова на противоположную
2) Инверторы, увеличивающие тональность слова
3) Инверторы, уменьшающие тональность слова.

Метод пополнения словаря инверторов тональности с помощью Word2vec

Предлагаемый метод работает со словосочетаниями вида “Wi+тональное слово” и “тональное слово+Wi”, где Wi - слово, предшествующее тональному слову из выбранного словаря тональных слов или стоящее после него. Для каждого Wi собрана частота совместной встречаемости с тональными словами. Эмпирически выбран порог, после которого считать Wi кандидатом в инверторы. Каждое появление кандидата в тексте заменено токеном “кандидат_тональное_слово”. Обучен Word2vec [7]. Потом, если для данного Wi_тональное_слово среднее расстояние до положительных слов меньше, чем среднее расстояние до отрицательных слов, при этом если само тональное слово в токене Wi_тональное_слово отрицательное, то Wi инвертор.

На вход программе подаются тексты отзывов (при этом не требуется информация о тональности конкретного отзыва), список позитивных и негативных слов. Происходит предобработка текста: удаление стоп-слов, сегментация на предложения, предложений на токены, перевод токенов в начальную форму. В итоге получается новая обработанная коллекция отзывов. Экспериментально выявлено, что для обучения Word2vec нужно минимум 100000 предложений. Всего в собранном корпусе 117039 предложений.

На следующем шаге в отзывах находятся все тональные слова и запоминаются в массиве. Этот массив будет необходим для того, чтобы на последнем шаге измерять близость измененных инверторами слов к тональным словам, так как не все слова из списка тональных слов есть в корпусе, и соответственно будут получены векторные представления только для тональных слов, которые встречаются в корпусе.

После этого программа проходит по всем отзывам и находит тональные слова. Для каждого соседа тонального слова слева и справа происходит подсчет, сколько раз данное слово встретилось с тональными словами. Затем выбирается порог, после которого слово можно считать кандидатом в инверторы тональности. В данной работе он равен 3.

Затем рассматриваются кандидаты в инверторы. Для каждого кандидата смотрится, где он встречается в тексте. Если он стоит рядом с тональным словом, то кандидат и тональное слово заменяются единым токеном: кандидат_тональное_слово. Модифицированное слово добавляется в специальный массив. Так делается для всех тональных слов и для всех кандидатов. Таким образом, получается обучающий корпус для Word2vec.

После этого обучается Word2vec со следующими экспериментально подобранными параметрами: размер вектора - 150, размер окна - 8, минимальный порог встречаемости - 2, модель - SkipGram, количество итераций - 30.

Обучив модель Word2vec, для тонального слова из каждого модифицированного токена считается его тональность. Это делается следующим образом. Берутся 50 положительных и 50 отрицательных слов из коллекции, считается расстояние по косинусной мере между тональным словом из модифицированного токена и каждым таким тональным словом. Находится среднее расстояние до положительных слов и среднее расстояние до отрицательных

слов. Если среднее расстояние до положительных слов больше, чем до отрицательных, то слову приписывается отрицательная тональность. Если у тонального слова была положительная тональность (берется из коллекции тональных слов), а подсчитанная получилась отрицательная, то тональность слова была изменена инвертором. Таким образом, соответствующий кандидат в инверторы становится инвертором. Так же делается, если тональность изменилась с отрицательной на положительную.

Реализация

Для реализации был выбран язык программирования Python3. Выбор обусловлен наличием для этого языка всех необходимых библиотек, простотой синтаксиса и обширной документацией. В качестве среды разработки был выбран редактор Sublime Text. Этот редактор быстрый и обладает удобной подсветкой синтаксиса. Также используются следующие основные библиотеки: NLTK - для сегментации и токенизации текста, Pyenchant - для исправления орфографических ошибок в корпусе, Gensim - для обучения Word2vec, Pickle - для сохранения данных, Pymorthy2 - для получения начальной формы слов, Re - для использования регулярных выражений при токенизации, Numpy - для вычисления близости векторов.

Требования к аппаратному обеспечению для работы системы

Для работы системы необходимо 2ГБ оперативной памяти, 112,4 МБ свободного места на диске (с учетом необходимых библиотек для работы), операционная система семейства Linux.

Оценка работы системы

Эксперименты проведены в системе Google Collab. Процессор Intel Xeon, тактовая частота 2.20 ГГц, оперативная память 12.7 ГБ.

На вход системе подаются отзывы с сайта Отзовик [8] из раздела “Здоровье и гигиена”, так как в медицинских отзывах большое количество инверторов (часто встречаются такие конструкции, как “сняло напряжение”, “вылечило болезнь” и так далее). Размер корпуса, для поиска инверторов: 117039 предложений. Время обучения модели составило 15 минут 55 секунд. Время выделения инверторов – 11 минут 48 секунд. Общее время работы - 27 минут 43 секунды. Система обнаружила 253 инвертора. Для оценки качества инверторов была написана программа автоматической оценки тональности. Программа определяет тональность отзыва, подсчитывая количество положительных и отрицательных слов. Так же учитываются инверторы, полученные основной системой. Если в предложении найдены инверторы, то тональность предложения считается противоположной от тональности рядом стоящими с инверторами слов. Тональность предложений без инверторов определяется тональностью большинства слов этого предложения. Тональность всего отзыва определяется тональностью большинства предложений.

Корпус для оценки тональности был тоже взят с сайта Отзовик, но сами отзывы отличны от тех, на которых происходил поиск инверторов. Размер корпуса для оценки: 200 положительных отзывов и 200 отрицательных отзывов. Эксперименты показали увеличение точности оценки на 4% при использовании словаря инверторов, полученного с помощью Word2vec. Общая точность метода оценки составила 85%. При этом важна не сама точность, а именно ее увеличении при использовании полученных инверторов.

Для сравнения времени работы системы с работой [5] были получены синтаксические отношения с помощью программы Maltparser для 117039 предложений. Эти отношения необходимы для работы подхода [5]. Время работы составило 39 минут 23 секунды. Таким образом, предложенный подход работает быстрее как минимум на 12 минут 20 секунд на корпусе отзывов с сайта “Отзовик”.

В результате проведенных экспериментов предложенный подход показал свою работоспособность и эффективность, он дает повышение точности классификации на 4%. Преимущество разработанного подхода по сравнению с существующими в большей скорости работы. Нет необходимости получать синтаксические отношения, как в работе [5], и не нужно вручную составлять правила, как в подходе [4]. Недостатком является необходимость использовать большой обучающий корпус - больше 100000 предложений. Полученный список инверторов можно также расширить, используя синонимы из тезаурусов, например, [9] или [10].

Благодарности

Выражаем благодарность Ефремовой Наталье Эрнестовне за идею об адаптации Word2vec к задаче выделения инверторов тональности.

Acknowledgement

We want to thank Efremova Natalia Ernestovna for the idea of adapting Word2vec to shifter extraction task.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Pang B. Thumbs up? sentiment classification using machine learning techniques Pang B. Vaithyanathan S. // Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing. – 2002. - Vol. 10. - P. 79-86. doi: 10.3115/1118693.1118704

2. Ye Z. Encoding Sentiment Information into Word Vectors for Sentiment Analysis / Z. Ye, F. Li, T.Baldwin // Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics. – 2018. - P. 997-1007

3. Morsy S. A. Improving Document-Level Sentiment Classification Using Contextual Valence Shifters The American University in Cairo / S.A. Morsy, A. Rafea // International Conference on Application of Natural Language to Information Systems. - 2012. – P. 253-258. doi: 10.1007/978-3-642-31178-9_30

4. Schulder M. Towards Bootstrapping a Polarity Shifter Lexicon using Linguistic Features / M. Schulder, M. Wiegand, J. Ruppenhofer // Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Natural Language Processing. – 2017. - Vol. 1. - P. 624-633

5. Noferesti S. Using Data Mining Techniques for Sentiment Shifter Identification / S. Noferesti, M. Shamsfard // Language Resources and Evaluation. – 2019. - Vol. 53. - P. 279–302. doi: 10.1007/s10579-018-9432-0

6. Xu G. Mining Chinese Polarity Shifters / G. Xu, C. Huang // Chinese Lexical Semantics: 16th Workshop. - 2015. - P. 244-251. doi: 10.1007/978-3-319-27194-1

7. Статься их Википедии “Word2vec” [Электронный ресурс]. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Word2vec (дата обращения 19.03.2020).

8. Сайт “Отзовик” // [Электронный ресурс]. - URL: https://otzovik.com/ (дата обращения 19.03.2020).

9. Сайт “РуТез” // [Электронный ресурс]. - URL: https://www.labinform.ru/pub/ruthes (дата обращения 19.03.2020).

10. Сайт “RuWordNet” // [Электронный ресурс]. - URL: http://www.ruwordnet.ru/ru (дата обращения 19.03.2020).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pang B. Thumbs up? sentiment classification using machine learning techniques Pang B. Vaithyanathan S. // Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing. – 2002. - Vol. 10. - P. 79-86. doi: 10.3115/1118693.1118704

2. Ye Z. Encoding Sentiment Information into Word Vectors for Sentiment Analysis / Z. Ye, F. Li // Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics. – 2018. - P. 997-1007

3. Morsy S. A. Improving Document-Level Sentiment Classification Using Contextual Valence Shifters The American University in Cairo / S.A. Morsy, A. Rafea // International Conference on Application of Natural Language to Information Systems. - 2012. – P. 253-258. doi: 10.1007/978-3-642-31178-9_30

4. Schulder M. Towards Bootstrapping a Polarity Shifter Lexicon using Linguistic Features / M. Schulder, M. Wiegand, J. Ruppenhofer // Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Natural Language Processing. – 2017. - Vol. 1. - P. 624-633

5. Noferesti S. Using Data Mining Techniques for Sentiment Shifter Identification / S. Noferesti, M. Shamsfard // Language Resources and Evaluation. – 2019. - Vol. 53. - P. 279–302. doi: 10.1007/s10579-018-9432-0

6. Xu G. Mining Chinese Polarity Shifters / G. Xu, C. Huang // Chinese Lexical Semantics: 16th Workshop. - 2015. - P. 244-251. doi: 10.1007/978-3-319-27194-1

7. Article from Wikipedia “Word2vec” [Electronic resource]. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Word2vec (accessed: 19.03.2020). [in Russian]

8. Site “Otzovik” // [Electronic resource]. - URL: https://otzovik.com/ (accessed: 19.03.2020). [in Russian]

9. Site “RuThes” // [Electronic resource]. - URL: https://www.labinform.ru/pub/ruthes (accessed: 19.03.2020). [in Russian]

10. Site “RuWordNet” // [Electronic resource]. - URL: http://www.ruwordnet.ru/ru (accessed: 19.03.2020). [in Russian]

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.006

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ЭКСТРАСОЛА ЭФФЕКТИВНО НА СЕМЕННОМ КАРТОФЕЛЕ

Научная статья

Булдаков С.А.[1, *], Плеханова Л.П.[2]
[1] ORCID: 0000-0003-1566-1402;
[2] ORCID: 0000-0001-8812-2798;
[1, 2] ФГБНУ Сахалинский НИИ сельского хозяйства, г. Южно-Сахалинск, Россия

* Корреспондирующий автор (sarsarsar88[at]mail.ru)

Аннотация

Проведено изучение эффективности применения биологического препарата Экстрасол как в чистом виде, так и в половинной дозе в смеси с фунгицидом Ширланом на хозяйственные показатели картофеля отечественных сортов Аврора и Рябинушка в питомниках выращивания пробирочных растений и первого полевого поколения. Применение Экстрасола в качестве агротехнического приема в защищенном грунте позволяет получить дополнительный доход до 230 тыс. руб./га, за счет увеличения продуктивности микрорастений до 64,4 г/куст и большего выхода стандартной фракции мини-клубней до 2,6 шт./куст. В открытом грунте рекомендовано использование баковой смеси Экстрасола и Ширлана, от влияния которой возрастает урожайность до 20,7%, количество стандартной фракции семян до 12,5% и дополнительный доход до 252 тыс. руб./га.

Ключевые слова: картофель, пробирочная культура, клубни, биопрепарат, продуктивность.

EFFECTIVE USE OF THE BIOLOGIC DRUG EXTRASOL ON SEED POTATOES

Research article

Buldakov S.A.[1, *], Plekhanova L.P.[2]
[1]ORCID: 0000-0003-1566-1402;
[2]ORCID: 0000-0001-8812-2798;
[1, 2] FSBSI Sakhalin Agricultural Research Institute, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

* Corresponding author (sarsarsar88[at]mail.ru)

Abstract

We studied the effective use of the biological drug Extrasol both in pure form and in half dose in the mixture with fungicide Shirlan and their influence on the economic indicators of Aurora and Ryabinushka, potatoes of domestic varieties grown in nursery-gardens for with test tube plants of the first field generation. The use of Extrasol as an agro-technical method in the protected ground allows getting an additional income of up to 230 thousand rubles/ha by means of increasing the productivity of micro plants to 64.4 g/bush and a larger yield of the standard fraction of mini-tubers to 2.6 pcs/bush. It is recommended to use the tank mixture of Extrasol and Shirlan in open ground, which will increase the yield to 20.7%, the amount of the standard seed fraction to 12.5% and additional income up to 252 thousand rubles/ha.

Keywords: potatoes, test tube culture, tubers, biological product, productivity.

Введение

В январе 2020 года была утверждена новая «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации», в которой одним из основных направлений государственной экономической политики является концентрирование усилий на увеличения почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур [1].

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики за 2019 год, картофель в стране является основной сельскохозяйственной культурой и занимает по валовому сбору третье место – 22,1 млн. т, уступив зерновым (в т.ч. зернобобовым) и сахарной свекле. Поэтому справедливо высказывание, что картофель это стратегический продукт и от его продуктивности зависит продовольственная безопасность граждан. Учитывая, что средняя урожайность картофеля по Российской Федерации в 2019 году во всех категориях хозяйств составляла 17,8 т/га, что говорит нам о довольно низком показателе, так как потенциал сортов выращиваемых на территории России не реализован даже наполовину [2].

В настоящее время в целях увеличения урожайности картофеля требуется постоянное совершенствование агротехнических приемов, одним из них является применение биологических препаратов на первых этапах семеноводства. Данный прием позволит решить не только агротехнологическую задачу, но и экологическую. Так как высокая интенсификации производства несет опасность загрязнения для окружающей среды, возникающая посредством безмерного применения химических средств защиты с последующим накоплением остаточных пестицидов и тяжелых металлов в клубнях картофеля [3].

Дополнительное преимущество биопрепаратов в том, что они не только увеличивают урожайность, но и стимулируют устойчивость растений к неблагоприятным факторам. Они способны оптимизировать питание растений, стимулировать их рост и развитие, усиливать иммунитет устойчивости к болезням [4], [5]. Также имеются данные из исследований, в которых применения биопрепаратов было проведено в боковых смесях с химическими препаратами в

половинных дозах. Смеси препаратов в небольших дозировках усиливали их эффект, увеличивая ростовые процессы, защитные свойства и урожайность [6], [7].

Одним из таких перспективных препаратов является Экстрасол. В ряде проведенных исследований Экстрасола показал высокую эффективность повышения количественного и качественного выхода семенного картофеля в условиях защищенного грунта на пробирочных растениях картофеля и открытого грунта на мини-клубнях [8], [9].

Цель исследований – изучить эффективность действия Экстрасола на основные хозяйственные признаки картофеля в питомниках оригинального семеноводства для увеличения объемов производства семенного материала.

Методы и принципы исследования

Исследования проводились на базе ФГБНУ СахНИИСХ с 2011 по 2014 гг. В опыте применяли биопрепарат Экстрасол полученный у разработчика ФГБНУ ВНИИСХ микробиологии (основу препарата составляет штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13). В качестве эталона взят биопрепарат Планриз полученный у производителя в Филиале ФГБУ «Россельхозцентр» по Сахалинской области (препарат на основе бактерий *Pseudomonas Fluorescens* АР-33). В защищенном грунте для закладки опыта использовали пробирочные растения картофеля сортов: Аврора (среднеспелый) и Рябинушка (среднеранний).

Схема опыта включала следующие варианты:

1 Контроль – без обработок препаратами;

2 Эталон – биопрепарат Планриз (0,3 л/га);

3 Экстрасол (3 л/га);

4 Баковая смесь Экстрасола (1,5 л/га) и Ширлана (0,25 л/га).

В защищенном грунте проведено три обработки растений: первая в период отрастания (15-20 см), вторая в фазу бутонизации, третья в фазу массового цветения. Получение мини-клубни на следующий год обрабатывали перед посадкой (вариант 1 – водой, вариант 2 – Планризом 20 мл/т, вариантах 3 и 4 – Экстрасолом 1 л/т) в питомнике первого полевого поколения, последующем еще три обработки проводили по растениям по схеме в защищенном грунте.

Площадь учетной делянки: в теплице 10,5 м² (70×15 см, 100 микрорастений), в поле 25 м² (70×25 см, 140 растений). Повторность – 4-х кратная. Расположение делянок рандомизированное.

Срок посадки в полевом питомнике III-я декада мая, в защищенном грунте II-я декада июня.

Агротехнические мероприятия в теплице включали: внесение удобрений – диаммофоска (6 кг/сотку), полив, рыхление и окучивание почвы, профилактические обработки инсектицидами против тлей и подгрызающей совки. В поле: зяблевую вспашку; весной – безотвальное рыхление, внесение минерального удобрения – диаммофоска (600 кг/га), дискование, нарезку гребней. Уход за посадками состоял из довсходового и послевсходового боронований, двух междурядных обработок с окучиванием. Десикация ботвы в питомниках проводилась за 10 дней до уборки картофеля Реглоном Супер (2 л/га).

Оценку поражения растений болезнями определяли по методике ВНИИКХ [10]. Статистическую обработку данных экспериментального материала проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [11].

Экономическую эффективность по вариантам опыта определяли по методическим рекомендациям Г.А. Полуниной и др. [12].

Основные результаты

Проведенные фенологические наблюдения в период вегетации показали, что Экстрасол, как в защищенном грунте, так и в полевом питомнике, оказал незначительное влияние на сроки наступления и продолжительность фаз развития, ускоряя их на 1-2 дня.

В защищенном грунте обработка растений биопрепаратами повлияла на основные биометрические показатели. Наибольший положительный эффект был от Экстрасола, так в зависимости от сорта прибавка к контролю перед десикацией составляла: по высоте растений на 5,8-7,8%, количеству стеблей – 18,8-41,7%, количеству листьев – 14,1-35,9%, площади листьев на 16,7-32,2%; по отношению к эталону на 1,8-3,8, 10,5-33,4, 4,9-12,0, 1,4-11,8% соответственно.

В открытом грунте за период исследований баковая смесь Экстрасола с Ширланом имела лучший результат на увеличение биометрических показателей. Так прибавка в зависимости от сорта по отношению к контролю: по высоте растений была на 14,1-25,9%, количеству листьев – 17,1-31,0%, облиственности – 27,9-29,0%, площади листьев на 15,5-22,5%; к эталону Планриз 4,7-12,4, 2,9-6,9, 10,6-15,6, 16,9-18,2% соответственно.

Благодаря положительному влиянию биопрепаратов растения выросли более мощными с толстыми стеблями и развитым листовым аппаратом, что в последующем повлияло на продуктивность картофеля.

Результаты влияния Экстрасола и его баковой смеси с Ширланом на продуктивность растений картофеля представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Продуктивность картофеля в питомниках размножения

Вариант	Защищенный грунт			Первый полевой питомник		
	продук-тивность, г/куст	прибавка к контролю		продук-тивность, г/куст	прибавка к контролю	
		г/ куст	%		г/ куст	%
Сорт Аврора						
Контроль	231,3	-	-	437,2	-	-
Эталон – Планриз	251,9	20,6	8,9	488,1	50,9	11,6
Экстрасол	**271,8**	**40,5**	**17,5**	517,2	80,0	18,3
Экстрасол + Ширлан	268,3	37,0	16,0	**527,8**	**90,6**	**20,7**
$НСР_{05}$	25,4	-	-	57,1	-	-
Сорт Рябинушка						
Контроль	181,8	-	-	410,0	-	-
Эталон – Планриз	227,6	45,8	25,2	478,1	68,1	16,6
Экстрасол	**246,2**	**64,4**	**35,4**	480,0	70,0	17,1
Экстрасол + Ширлан	241,0	59,2	32,6	**486,3**	**76,3**	**18,6**
$НСР_{05}$	24,5	-	-	58,6	-	-

Изучаемый препарат имел неоднозначное воздействие в питомниках размножения. Так в условиях защищенного грунта опрыскивание Экстрасолом оказало наибольший стимулирующий эффект на продуктивность микрорастений картофеля на сорте Аврора прибавка к контролю составила 17,5% (40,5 г/куст), на сорте Рябинушка 35,4% (64,4 г/куст), по отношению к эталону 8,6 и 10,2% соответственно. При этом баковая смесь хоть и показала меньший результат, но все равно имела существенную прибавку по отношению к контролю на обоих сортах. Однако в первом полевом питомнике наибольшая масса клубней наблюдалась с применением баковой смеси Экстрсола и Ширлана на сорте Аврора на 20,7% (90,6 г/куст), на сорте Рябинушка на 18,6% (76,3 г/куст) выше по отношению к контролю. При этом чистый Экстрасол показал меньшую прибавку урожая.

Одной из причин такого результата в защищенном грунте является его специфические микроклиматические условия, минимальное количество патогенной микрофлоры в почве и частые поливы способствующие лучшему развитию бактерий *Bacillus subtilis*. В открытом же грунте почвенная микрофлора, в том числе и патогенная нивелирует положительный эффект от применения чистого Экстрасола. А вот баковая смесь даже в половинной дозировке усиливает эффективность двух компонентов. Это достигается путем сочетаемости препаратов и особенности действующего вещества фунгицида Ширлана – флуазинам, которое является уникальным средством среди разобщителей в отношении активности против широкого спектра грибов. Поэтому при частичном попадании флуазинама на почву во время обработке, он способствует угнетению патогенной микрофлоры и дает возможность бактериям *Bacillus subtilis* занять пустующую нишу и оказывать положительное воздействие на растения картофеля, благодаря широкому спектру продуцируемых метаболитов.

Как видно из таблицы 2 применение Экстрасола существенно повлияло на структуру урожая картофеля.

Таблица 2 – Структура урожая картофеля в питомниках размножения

Вариант	Защищенный грунт				Первый полевой питомник			
	всего клубней		стандартной фракции		всего клубней		стандартной фракции	
	шт./куст	%	шт./куст	%	шт./куст	%	шт./куст	%
Сорт Аврора								
Контроль	13,4	-	9,8	-	12,2	-	6,2	-
Эталон – Планриз	15,9	18,7	11,7	19,4	13,7	12,3	6,6	6,5
Экстрасол	**16,8**	**25,4**	**12,4**	**26,5**	14,0	14,8	6,7	8,1
Экстрасол + Ширлан	15,9	18,7	12,0	22,4	**14,4**	**18,0**	**6,8**	**9,7**
$НСР_{05}$	1,1	-	0,9	-	1,6	-	0,9	-
Сорт Рябинушка								
Контроль	5,1	-	4,0	-	7,4	-	4,0	-
Эталон – Планриз	5,9	15,7	4,6	15,0	8,2	10,8	4,4	10,0
Экстрасол	**6,3**	**23,5**	**4,7**	**17,5**	8,8	17,6	4,5	12,5
Экстрасол + Ширлан	6,1	19,6	4,7	17,5	**8,7**	**18,9**	**4,5**	**12,5**
$НСР_{05}$	0,5	-	0,3	-	1,0	-	0,4	-

Наибольший выход общего количества клубней с куста и стандартной фракции семян (с размером по наибольшему поперечнику 30-60 мм) в защищенном грунте получены от применения Экстрасола, у сорта Аврора прибавка составляла 25,4 и 26,5%, у сорта Рябинушка 23,5 и 17,5% от контрольного значения. В полевом питомнике прослеживается аналогичная тенденция, как и по продуктивности, где максимальные показатели количества клубней

получены от обработок баковой смесью биопрепарата с фунгицидом, при этом на сорте Аврора количество клубней больше на 18,0%, на сорте Рябинушка – 18,9%, по стандартной фракции на 9,7 и 12,5% соответственно к контролю.

В период вегетации за годы исследований в защищенном грунте растения обоих сортов не поражались возбудителем фитофтороза (*Phytophtora infestans*), как и растения сорта Аврора в первом полевом питомнике. При этом у сорта Рябинушка в открытом грунте отмечено распространение болезни фитофтороза (см. рисунок 1)

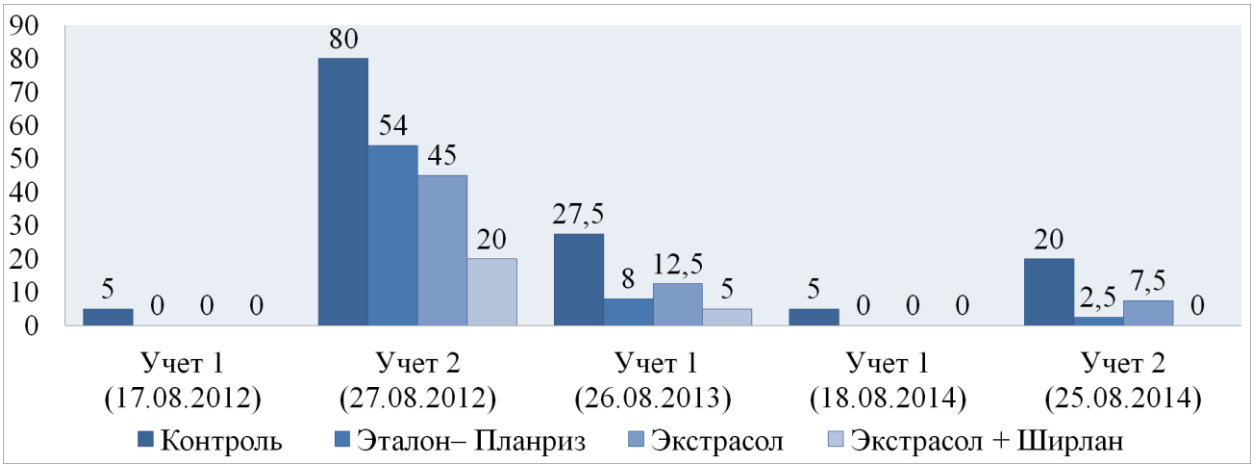


Рис. 1 – Влияние биопрепаратов на распространение фитофтороза на растениях картофеля сорта Рябинушка, %

Наибольшее количество больных растений (распространенность) наблюдалось в 2012 году, что составляло 80%, наименьшее в 2014 году – 20%. Биопрепараты сдерживали распространение инфекции *Ph. Infestans* в сравнении с контролем. Лучший показатель отмечен в варианте с обработкой баковой смесью – не более 20%. Также смесь Экстрасола с Ширланом уменьшала развитие болезни до 2,2%, против 6-15% в контроле (см. рисунок 2).

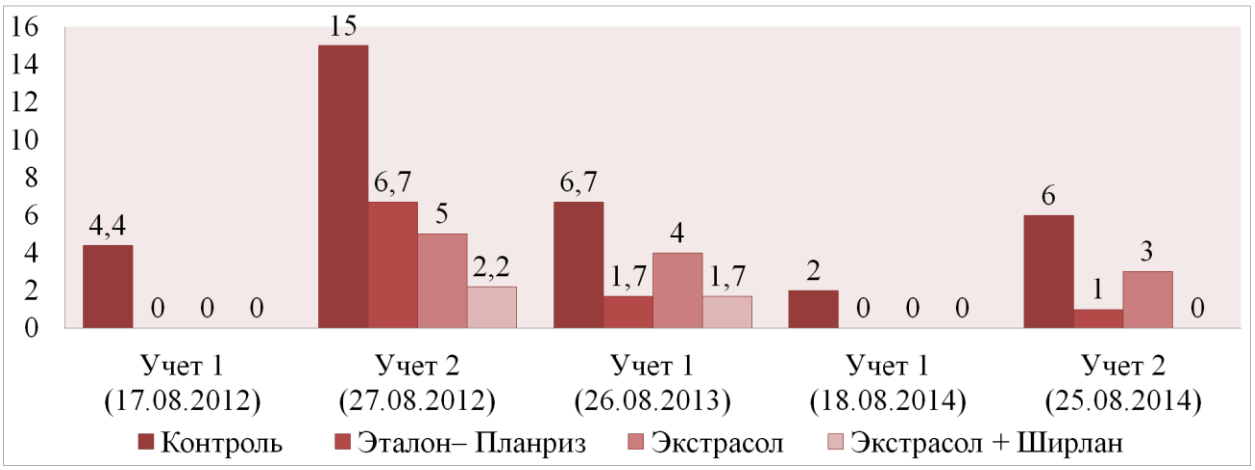


Рис. 2 – Влияние биопрепаратов на развитие фитофтороза на растениях картофеля сорта Рябинушка, %

Основное экономическое преимущество использования биопрепаратов, это дополнительная прибыль за счет повышения урожая и улучшения его качества. Наибольший дополнительный доход в защищенном грунте получен от применения Экстрасола в чистом до 230 тыс. руб./га, в питомнике первого полевого поколения при обработках смесью Экстрасола с Ширланом до 252 тыс. руб./га.

Заключение

Таким образом, применение отечественного биологического препарата Экстрасол в защищенном грунте показало свою эффективность в увеличении продуктивности на 17,5-35,4%, стандартной фракции мини-клубней – 17,5-26,5%.

В первом полевом питомнике лучший результат получен от баковой смеси в половинных дозах Экстрсола с фунгицидом Ширланом, от действия которой возросла урожайность на 18,6-20,7% и количество стандартных семян – 9,7-12,5%. Также в годы сильной эпифитотии фитофтороза баковая смесь существенно снижала распространенность инфекции до 20% и развитие болезни до 2,2%.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1 Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/ (дата обращения: 04.03.2020).

2 Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2019 году, Часть 1. / Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gks.ru/compendium/document/13277 (дата обращения: 04.03.2020).

3 Петрухин А. С. Выращиваем экологически безопасный картофель / А. С. Петрухин, В. И. Левин // Картофель и овощи. – 2017. – № 4. – С. 31-33.

4 Федотова Л. С. Влияние микробиологических удобрений на продуктивность и качество картофеля / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева, Н. И. Аканова, М. М. Визирская // Защита картофеля. – 2017. – № 4. – С. 13-21.

5 Титова В. И Влияние удобрений и комплекса защитных мероприятий на урожайность и качество клубней разных сортов картофеля / В. И. Титова, А. А. Чудоквасов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 6. – С. 9-12.

6 Медведева Е. А. Влияние обработок клубней и растений картофеля испытываемыми препаратами и их баковыми смесями на поражение болезнями / Е. А. Медведева, Р. А. Струкова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1. – С. 26-28.

7 Габдуллин В. Р. Эффективность биологических препаратов в смеси с гербицидами / В. Р. Габдуллин, Н. Н. Апаева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 56. – С. 195-202.

8 Кононенко А. Н. Изучение эффективности применения микробиологического препарата Экстрсол-М на количественный выход и качество мини-клубней / А. Н. Кононенко, Ю. Н. Логинова, О. Ф. Ивахнова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 36. – С. 36-40.

9 Булдаков С. А. Применение фиторегуляторов в культуре «in vitro» как эффективный агроприем технологии оригинального семеноводства картофеля в условиях Сахалина / С. А. Булдаков, О. В. Щегорец // Адаптивные технологии в растениеводстве Амурской области: материалы «III Амурской Российско-Китайского фестиваля науки» науч. конф. 30-31 октября 2013 г., Благовещенск / Благовещенский государственный педагогический университет. – Благовещенск, 2014. – С. 49-54.

10 Методика исследований по культуре картофеля / ВАСХНИЛ. НИИКХ. – М., 1967. – 268 с.

11 Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

12 Полунин Г. А. Методические рекомендации по определению общего экономического эффекта от использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе. / Г. А. Полунин, А. В. Гарист, Р. И. Князева. – М.: РАСХН, 2007 . – 32 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ukaz Prezidenta RF ot 21.01.2020 № 20 «Ob utverzhdenii Doktriny prodovolstvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii». [Decree of the President of the Russian Federation of 01.21.2020 No. 20 “On Approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation.”] Information and Legal Site GARANT.RU. [Electronic resource]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/ (accessed: 04.03.2020). [in Russian]

2. Valovye sbory i urozhainost selskokhozyaistvennykh kultur po Rossiiskoi Federatsii v 2019 godu, Chast 1. [Gross Fees and Crop Yields in the Russian Federation in 2019, Part 1.] / Federal State Statistics Service. Moscow, 2020. [Electronic resource]. URL:https://www.gks.ru/compendium/document/13277 (accessed: 04.03.2020). [in Russian]

3. Petrukhin A. S. Vyrashchivaem ekologicheski bezopasnyi kartofel [How to Grow Environmentally Friendly Potatoes] / A.S. Petrukhin, V.I. Levin // Kartofel I ovoshchi [Potatoes and Vegetables]. – 2017. – No. 4. – P. 31-33. [in Russian]

4. Fedotova L. S. Vliyanie mikrobiologicheskikh udobrenii na produktivnost i kachestvo kartofelya [Effect of Microbiological Fertilizers on Productivity and Quality of Potatoes] / L.S. Fedotova, N.A. Timoshina, E.V. Knyazev, N.I. Akanova, M.M. Vizirskaya // Zashchita kartofelia [Protection of Potatoes]. – 2017. – No. 4. – P. 13-21. [in Russian]

5. Titova V. I Vliyanie udobrenii i kompleksa zashchitnykh meropriyatii na urozhainost i kachestvo klubnei raznyh sortov kartofelya [Effect of Fertilizers and Complex of Protective Measures on the Yield and Quality of Tubers of Different Potato Varieties] / V.I. Titova, A.A. Chudokvasov // Rossiyskaya selskokhoziaystvennay nauka [Russian Agricultural Science]. – 2018. – No. 6. – P. 9-12. [in Russian]

6. Medvedeva E. A. Vliyanie obrabotok klubnei i rastenii kartofelya ispytyvaemymi preparatami i ikh bakovymi smesyami na porazhenie boleznyami [Influence of Treating Tubers and Potato Plants with Tested Drugs and their Tank Mixtures on Damage by Diseases] / E.A. Medvedeva, R.A. Strukova // Vestnik Michurinskkogo Gosudarstvennogo Selskokhoziaystvennogo Universiteta [Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University]. – 2013. – No. 1. – P. 26-28. [in Russian]

7. Gabdullin V. R. Effektivnost biologicheskikh preparatov v smesi s gerbitsidami [Efficiency of Biological Preparations Mixed with Herbicides] / V.R. Gabdullin, N.N. Apaeva // Political Mathematical Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. – 2010. – No. 56. – P. 195-202. [in Russian]

8. Kononenko A. N. Izuchenie effektivnosti primeneniya mikrobiologicheskogo preparata Ekstrsol-M na kolichestvennyi vykhod i kachestvo mini-klubnei [Study of the Effeciency of Use of the Microbiological Preparation Extrasol-M on the Quantitative Yield and Quality of Mini-Tubers] / A.N. Kononenko, Yu.N. Loginova, O.F. Ivakhnova // Trudy Sankt Peterburgskogo Gosudarstvennogo Selskokhoziaystvennogo universiteta [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]. – 2014. – No. 36. – P. 36-40. [in Russian]

9. Buldakov S. A. Primenenie fitoregulyatorov v kulture «invitro» kak effektivnyi agropriem tekhnologii originalnogo semenovodstva kartofelya v usloviyakh Sakhalina [Use of Phytoregulators in the Invitro Culture as an Effective Agricultural Method for the Technology of Original Seed Production of Potatoes in Sakhalin] / S.A. Buldakov, O.V. Shchegorets // Adaptivniye tekhnologii v rastenievodstve Amurskoy Oblasti [Adaptive Technologies in Crop Production of the Amur Region]: Materials of the "III Amur Russian-Chinese Science Festival" Scientific Conf. October 30-31, 2013, Blagoveshchensk / Blagoveshchensk State Pedagogical University. – Blagoveshchensk, 2014. – P. 49-54. [in Russian]

10. Metodika issledovanii po kulture kartofelya [Potato Culture Research Methodology] / VASKhNIL NIIKH. – M., 1967. – 268 p. [in Russian]

11. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Field Experiment Technique] / B. A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]

12. Polunin G. A. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu obshchego ekonomicheskogo effekta ot ispolzovaniya rezultatov nauchno-issledovatelskikh i opytno-konstruktorskikh rabot v agropromyshlennom komplekse. [Methodological Recommendations for Determining the Overall Economic Effect of Using the Results of Research and Development in the Agricultural Sector] / G.A. Polunin, A.V. Garist, R.I. Knyazev. - M.: RAAS, 2007. - 32 p. [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.007

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ОТХОДА КЕРЧЕНСКОГО СУДОРЕМОНТНОГО ЗАВОДА В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Научная статья

Мамась Н.Н.[1], Коваленко Д.П.[2, *]

[1, 2] Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

* Корреспондирующий автор (darya.kovalenko.2017[at]list.ru)

Аннотация

На судоремонтном и судостроительном производстве основные по объему отходы являются неорганическими. Чаще всего это отходы обработки металлов, отработанные масла, ветошь и другие подобные отходы. Выделяется существенная группа органических отходов – отходы механической зачистки корпусов водного транспорта. Как и любые другие органические отходы, этот органический материал можно использовать в качестве составной части компоста смеси и применять в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: органические отходы, сложный компост, судоремонтный завод, обрастание, морковь.

PROSPECTS FOR THE USE OF ORGANIC WASTE OF THE KERCHEN SHIP REPAIRING YARD IN CRIMEA

Research article

Mamas N.N.[1], Kovalenko D.P.[2, *]

[1, 2] Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

* Corresponding author (darya.kovalenko.2017[at]list.ru)

Abstract

The main waste at the ship repairing yard and in shipbuilding industry is non-organic. Most often these are metal processing wastes, used oils, rags and other similar wastes. However, there is also a significant group of organic waste – waste from mechanical cleaning of water transport frames. Like any other organic waste, this organic material can be used as part of the compost mix and further applied in agriculture.

Keywords: organic waste, complex compost, ship repairing yard, overgrowing, carrots.

Введение

Город Керчь находится на восточной оконечности полуострова Крым. Керчь является важнейшим транспортным узлом, включающим железнодорожные, автомобильные и судоходные пути сообщения, также в городе существуют десятки предприятий, деятельность которых направлена на обслуживание транспортной отрасли экономики. Среди таких предприятий выделяется Керченский судоремонтный завод.

Основные объемы отходов Керченского судоремонтного завода являются неорганическими. В частности к ним относятся большие объемы металлургических отходов (загрязненная и незагрязненная стружка (8,4 т/год), отходы изделий с битумно-полимерной изоляцией (4,12 т/год), лом металлический (18,48 т/год), щетки металлические загрязненные и незагрязненные (0,96 т/год) и др.), отходы сварки (шлак сварочный (8,4 т/год), отходы разложения карбида (16,4 т/год), огарки электродов (1,8 т/год) и др.), отходы лакокрасочных работ (лом металлический загрязненный лакокрасочными материалами (2,3 т/год), баллоны аэрозольные (4,55 т/год), отходы растворителей (1,5 т/год), тара лакокрасочных материалов (15,15 т/год), отработанные пневмораспылители (1,2 т/год) и др.), отходы обслуживания техники (промасленная ветошь (3,4 т/год), отработанные фильтры и масла (2,6 т/год), изношенные резино-технические изделия и др.).

Среди всех описанных отходов выделяются органические «отходы механической зачистки корпуса судов». Данные отходы включают водоросли, моллюсков и микроорганизмов, которые нарастают на корпусах судов во время нахождения в воде. Образуются данные отходы при введении судна в док и при очистке корпуса перед ремонтом в объемах 15,3 т/год. Очистка корпусов производится водой с помощью установок высокого давления, по принципу автомойки. В результате налет с судна смывается, стекает на дно дока и накапливается в фильтровальных сетях. В настоящее время на предприятии эти виды отходоы не используют и передают для утилизации в специализированную организацию.

Обрастание – это нарост, образуемый на погруженных в воду предметах поселениями организмов (бактерий, водорослей, беспозвоночных животных) и минеральными частицами. По размерам организмы обрастания делят на микрообрастателей (бактерии, одноклеточные организмы) и макрообрастателей (беспозвоночные и водоросли). Более 1700 видов морских организмов могут участвовать в обрастании, создавая локальную экосистему.

Наиболее распространённой причиной обрастания искусственных поверхностей (дно корабля, нефтяная платформа и т. п.) являются колонии ракообразных, таких как морские уточки. Они крепко прикрепляются к находящимся в воде предметам, удалить их можно только путём механического соскабливания. Обрастание могут образовывать и более крупные беспозвоночные, например мшанки, которые создают веерообразные структуры. Гидроиды, асцидии, известковые черви также вносят свой вклад в обрастание, однако они прикрепляются лишь к неподвижным объектам, а к судам только на стоянках и достаточно быстро отваливаются при выходе в море. Так как описываемые отходы являются органическими, их возможно использовать в качестве компонента сложного компоста или как плодородный грунт.

Учитывая природно-климатические условия Республики Крым, были проведены многочисленные опыты, в результате которых была предложена технология применения осенних сроков сева овощных культур. Мягкая зима, хладостойкие сорта и гибриды, учет фенологии развития растений позволяет выращивать овощи беспересадочным способом, получая ранние урожаи [1]. В ходе исследования был выполнен опыт по созданию сложного компоста с содержанием отходов обрастания судов. Грунт подготавливался в соответствии с запатентованной методикой [5]. Затем была сделана попытка применить полученный компост на экспериментальном огородном участке для выращивания моркови. Помимо органических отходов в состав компоста вошел речной ил. Компост готовили дома на приусадебном участке в г. Керчь. Ил и отходы смешивали в соотношении 1:1 и выдерживали до полуразложившегося состояния в течение 3 недель. За это время происходило перегнивание остатков органических отходов. Для сравнения был заложен вариант опыта с минеральным удобрением вместо компоста. Для этого использовалось комплексное удобрение «Нитроаммофоска». Основные элементы азот, фосфор и калий содержатся почти в равных массовых долях, дополнительными элементами являются сера, кальций и магний.

Научная новизна заключается в увеличении урожайности культур при внесении сложного компоста. Спектр культур с каждым годом возрастает, и результат положительного действия подтверждается. Варианты полевого опыта при выращивании различных культур: контроль; компост – 200 г/м^2; компост – 400 г/м^2; компост – 600 г/м^2; минеральные удобрения (нитроаммофоска) [2]. При выращивании моркови велось наблюдение на делянках за ростом и развитием растений. Вносили компост в количестве 200 г/м^2, 400 г/м^2 и 600 г/м^2. Сравнивали массу и длину корнеплодов в разных вариантах опыта с контрольными делянками, где ничего не вносили.

Наилучшие результаты по выращиванию корнеплодов моркови получены в вариантах с компостом (600 г) – в среднем 157,7 г, и с минеральным удобрением – в среднем 149 г. Наибольшие значения длины моркови наблюдались в варианте с компостом (600 г) – в среднем 14,7 см. Вторым результатом является длина моркови в варианте с минеральным удобрением – в среднем 14,0 см. В варианте с 400 г компоста морковь выросла до 13,3 см, в варианте с 200 г компоста – 12,5 см. Дисперсия выборки и стандартное отклонение по значениям массы корнеплодов составили:

20,3 г и 4,5 г соответственно для контрольного варианта;

4,0 г и 2,0 г для варианта с компостом (200 г);

9,0 г и 3,0 г – для варианта с компостом (400 г);

12,3 г и 3,5 г – для варианта с компостом (600 г);

13,0 г и 3,6 г – для варианта с минеральным удобрением.

Дисперсия выборки и стандартное отклонение по значениям длины корнеплодов составили:

0,04 см и 0,2 см соответственно для контрольного варианта;

0,04 см и 0,2 см для варианта с компостом (200 г);

0,02 см и 0,2 см – для варианта с компостом (400 г);

0,13 см и 0,4 см – для варианта с компостом (600 г);

0,01 см и 0,1 см – для варианта с минеральным удобрением.

Заключение

Использование отходов механической зачистки корпуса судов и речного ила, как органической части компоста, для выращивания моркови показало хорошие результаты. Это говорит о том, что сегодня органические отходы Керченского судоремонтного завода передают для утилизации в специализированную организацию, но его можно применять да дачном участке или даже в промышленных масштабах сельскохозяйственного производства.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Дементьев Ю. Н. Влияние сроков сева на урожайность и поступление корнеплодов ранней моркови с открытого грунта в предгорной зоне Крыма / Дементьев Ю. Н. //Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины" Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2011. – №. 134. – С. 142-148.

2. Мамась Н. Н. Применение сложного компоста на основе речного ила для выращивания сельскохозяйственных культур / Мамась Н. Н. // Сб. мат. IV Межд. науч. экол. Конфер «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства».– Краснодар, 2015. – С. 785-791.

3. Мамась Н.Н. Оценка влияния сточных вод г. Новороссийска на качество воды в Цемесской бухте / Н. Н. Мамась, Е. Н. Андрияш, А. Н. Морозова // Экологический вестник Северного Кавказа, Краснодар, 2012.– Т. 8.– № 4.– С. 67-74.

4. Мамась Н.Н. Экологическое состояние рек степной зоны Кубани / Мамась Н.Н. // Экологический вестник Северного Кавказа, Краснодар, 2011.– Т. 7. № 3.– С. 65-76.

5. Патент РФ №218.016.5В70, 09.06.2018. Способ подготовки почвы для возделывания овощных культур / Д. Б. Габараев, Н. Н. Мамась; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина", № охранного документа: 0002655854, 29.05.2018.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dement'ev Yu. N. Vliyanie srokov seva na urozhainost' i postuplenie korneplodov rannei morkovi s otkrytogo grunta v predgornoi zone Kryma [Influence of sowing dates on yield and early carrot root crops from open ground in the foothill zone of Crimea] / Dement'ev Yu. N //Nauchnye trudy Yuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy" Krymskii agrotekhnologicheskii universitet" [Scientific works of the Southern branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University"]. Seriya: Sel'skokhozyaistvennye nauki. – 2011. – №. 134. – P. 142-148. [in Russian]

2. Mamas' N. N. Primenenie slozhnogo komposta na osnove rechnogo ila dlya vyrashchivaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [The use of complex compost based on river sludge for growing crops] / Mamas' N. N. // Sb. mat. IV Mezhd. nauch. ekol. Konfer «Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva». [Sat. mat. IV Int. scientific eco-friendly. Conference “Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production.”] – Krasnodar, 2015. – P. 785-791. [in Russian]

3. Mamas' N.N. Otsenka vliyaniya stochnykh vod g. Novorossiiska na kachestvo vody v Tsemesskoi bukhte [Assessment of the influence of Novorossiysk wastewater on water quality in the Tsemess Bay] / N. N. Mamas', E. N. Andriyash, A. N. Morozova // Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza [Ecological Bulletin of the North Caucasus] , Krasnodar, 2012.– V. 8.– № 4.– P. 67-74. [in Russian]

4. Mamas' N.N. Ekologicheskoe sostoyanie rek stepnoi zony Kubani [The ecological state of the rivers of the steppe zone of the Kuban] / Mamas' N.N. // Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza [Ecological Bulletin of the North Caucasus], Krasnodar, 2011.– V. 7. № 3.– P. 65-76. [in Russian]

6. Patent RF №218.016.5B70, 09.06.2018. Sposob podgotovki pochvy dlya vozdelyvaniya ovoshchnykh kul'tur [A method of preparing soil for the cultivation of vegetable crops] / D. B. Gabaraev, N. N. Mamas'; Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina", № okhrannogo dokumenta: 0002655854, 29.05.2018. [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.008

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ НА СТЕРИЛЬНОЙ ОСНОВЕ ЗЕРНОВОГО БЕЛОЗЕРНОГО СОРГО

Научная статья

Костылев П.И.[1, *], Костылева Л.М.[2]
[1] ORCID: 0000-0002-4371-6848;
[2] ORCID: 0000-0003-3078-2296;
[1, 2] Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, Зерноград, Россия

***** Корреспондирующий автор (p-kostylev[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты изучения гибридов зернового сорго. В полевых условиях в контрольном питомнике изучены гибриды первого поколения от скрещивания стерильных линий сорго с отечественными сортами и образцами. Установлено, что гибриды сформировали урожайность зерна 7,45-8,35 т/га, превысив стандарт Зерноградское 53 на 1,75-2,65 т/га. По высоте растений гибриды незначительно отличались от стандарта, от 103 до 130 см. Гетерозис по листостебельной массе был более существенным, чем по массе метелок и зерна. Среди изученных гибридов первого поколения особенно выделилась гибридная комбинация А-36ТХ х Перспективное 1, которая оказалась наиболее скороспелой (54 дня) и самой урожайной (8,35 т/га).

Ключевые слова: сорго, сорт, линия, гибрид, гетерозис, урожайность.

STUDY OF HYBRID PRODUCTIVITY ON STERILE BASIS OF WHITE-GRAIN SORGHUM

Research article

Kostylev P.I.[1, *], Kostyleva L.M.[2]
[1] ORCID: 0000-0002-4371-6848;
[2] ORCID:0000-0003-3078-2296;
[1, 2] Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE Don State Agrarian University, Zernograd, Russia

***** Corresponding author (p-kostylev[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of the study of hybrids of grain sorghum. Hybrids of the first generation emerged from crossing sterile sorghum lines with domestic varieties and samples were studied under field conditions in the control nursery. It was found that hybrids formed a grain yield of 7.45-8.35 t/ha, exceeding the Zernogradskoye 53 standard by 1.75-2.65 t/ha. In terms of plant height, hybrids differed slightly from the standard, from 103 to 130 cm. Heterosis in leaf-stem mass was more significant than in mass of panicles and grain. Among the studied hybrids of the first generation, the A-36TX x Perspective 1 hybrid combination was especially distinguished, which turned out to be the earliest (54 days) and the most fruitful (8.35 t/ha).

Keywords: sorghum, variety, line, hybrid, heterosis, productivity.

Введение

Сорго (Sorghum bicolor L. Moench) является важной зерновой культурой мира, особенно в Азии и Африке, где оно является основным продуктом питания, особенно в полузасушливых агроценозах [1, С.10]. В России площадь под зерновым сорго невелика, его основными производителями являются Приволжский (28,5–141,6 тыс. га) и Южный (23,8–94,0 тыс. га) федеральные округа, причем в последнем 46–69% площади посева сорго приходится на Ростовскую область. Большая часть площадей возделывания сорго в Ростовской области размещается в засушливых районах (восточная, северо-восточная и северо-западная части области) [2, С.48].

Урожайность сорго осталась низкой из-за постоянного использования малоурожайных сортов. Идентификация и использование высокопродуктивных гибридов могут значительно увеличить производство и улучшить качество зерна сорго. Использование гибридного сорго может значительно увеличить урожайность зерна на 20-60% [3, С. 217].

Использование гетерозиса у гибридов первого поколения в настоящее время является одним из наиболее эффективных способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и сорго.

Потенциал гибридов сорго оценивается по проценту увеличения или уменьшения их продуктивности по сравнению со средним родителем (средний гетерозис), лучшим родителем (истинный гетерозис) или стандартным сортом или гибридом (конкурсный гетерозис) [4, С. 427].

При этом проявление гетерозиса по признакам продуктивности должно быть максимальным, а по высоте растений я продолжительности вегетационного периода – минимальным.

Основным направлением работы при создании гибридов зернового сорго являются раннеспелость, высокая урожайность, низкорослость, холодостойкость, особенно в начальный период развития, пригодность к механизированной уборке, устойчивость к болезням и вредителям.

Для успешного осуществления программы селекции на гетерозис необходимо наличие ценных стерильных линий, используемых в качестве материнских форм при получении гибридов.

Цель исследований – изучение урожайности и проявления некоторых хозяйственно-ценных признаков у гибридов первого поколения от скрещивания стерильных линий зернового сорго с отечественными сортами и образцами.

Материалы и методы

В качестве исходного материала были использованы стерильные линии белозерного сорго из Молдавии (МСЛ-21С), Индии (А-1202 А-1258 и А-10240) и США (А-36ТХ), а также в качестве опылителей – фертильный селекционный материал, созданный во ВНИИ сорго, ГУНПП «Сорс» и других учреждениях России: продуктивные образцы (Зерноградское 83, ГСИ-1695, ГСИ-1702, ГСИ-1705, ЗСК-204, ГСИ-1790, ГСИ-1711), устойчивые к тле (ГСИ-1676, ГСИ-1681, ГСИ-1718), скороспелые (ГСИ-1480, ГСИ-1560, Перспективное 1) [5, С.130-132].

В качестве стандарта использовали районированный сорт Зерноградское 53. Растения сорго выращивали согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985) [6, С.17]. Площадь делянок составляла 10 м^2 в трехкратной повторности. Сев проводили 11-15 мая сеялкой СПЧ-6 с междурядьями 70 см на глубину 4-5 см. В фазу полных всходов проводили проверку их густоты стояния и при необходимости прореживание. Для борьбы с сорной растительностью использовали междурядную культивацию и ручную прополку.

Уборку сорго проводили при достижении полной спелости зерна вручную, срезая серпами метелки. Обмолот метёлок производили на лабораторной молотилке при влажности зерна 13-14%. В лабораторных условиях проводили структурный анализ.

Математическую обработку полученных данных исследования проводили по Б.А. Доспехову (1985) [7]. Для статистической обработки данных использовали программы Excel и Statistica 8.

Результаты исследований

В 2015-2017 гг. нами в контрольном питомнике были изучены гибриды от более 40 комбинаций скрещивания. Оценка реакции на ЦМС показала, что все использованные нами опылители, за исключением Зерноградского 83, ГСИ-1790, ГСИ-1711, являются восстановителями фертильности, что делает их пригодными для создания зерновых гибридов.

По результатам анализа роста и развития гибридов первого поколения установлено, что у части из них проявляется гетерозис по высоте и размерам метелок. Гибридные растения были развиты мощнее и имели большую высоту, чем исходные родительские формы. Так, например, средняя высота растений F_1 А-1202 х ЗСК 204 была 137,5 см, тогда как у родительских форм 120 и 106 см соответственно, F_1 МСЛ-21с х Перспективное 1 – 112 см, а у родительских форм – 81 и 97см, F_1 А-36ТХ х Перспективное 1 – 130 см, а у родительских форм – 107 и 97 см. Величина истинного гетерозиса составила у них 14,2, 15,5, 21,5%, соответственно.

По длине метелки положительный истинный гетерозис варьировал от 10,6 до 17,1%, тогда как диапазон величин гетерозиса по ширине метелки составлял от 17,9 до 21,0%.

По срокам созревания наблюдались отклонения от исходных форм, как в сторону скороспелости, так и в сторону позднеспелости. Самыми ранними оказались гибриды на основе скороспелых родительских форм: МСЛ-21С х ГСИ-1480 (58 дней до цветения), МСЛ-21С х ГСИ-1560 (61 день) и А-36ТХ х Перспективное 1 (54 дня). Все гибриды F_1 показали высокую устойчивость к бактериозу, тле и полеганию.

Делянки гибридов в контрольном питомнике были оценены по зерновой продуктивности и другим признакам. В результате эксперимента выделены лучшие гибриды, отличающиеся по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Эти гибриды F_1 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика лучших гибридов F_1 зернового сорго в контрольном питомнике в 2015-2017 гг.

Комбинации	Вегетационный период всходы-цветение, дней	Высота растений, см	Урожайность зерна, т/га	Отклонение от стандарта, т/га	% метелок от биомассы
Зерноградское 53, стандарт	70	115,0	5,70	-	43,2
А-1202 х ГСИ-1695	78	103,0	7,75	2,05	29,3
А-1202 х ГСИ-1702	80	113,5	7,80	2,10	31,3
А-1202 х ГСИ-1705	102	153,0	7,45	1,75	31,6
А 1202 х ЗСК-204	83	137,5	8,00	2,30	32,0
А-1258 х ГСИ-1676	89	103,5	8,10	2,40	39,1
А-1258 х ГСИ-1681	69	157,5	7,80	2,10	28,6
А-10240 х ГСИ-1718	69	127,5	7,50	1,80	38,5
МСЛ-21С х ГСИ-1480	58	101,0	7,60	1,90	33,8
МСЛ-21С х ГСИ-1560	61	112,0	8,30	2,60	36,9
А-36ТХ х Перспективное 1	54	130,0	8,35	2,65	40,7
НСР $_{05}$			1,49		

По продолжительности вегетационного периода «всходы-цветение» гибриды варьировали от 54 до 102 дней, т.е. они зацветали и раньше, и позже стандарта Зерноградское 53 (70 дней).

По высоте растений гибриды незначительно отличались от стандарта, кроме А-1202 х ГСИ-1705 и А-1258 х ГСИ-1681, у которых она превышала 150 см. Гетерозис по таким признакам листостебельной массы, как диаметр стебля, длина и ширина листа, был значительнее, чем по массе зерна с метелок, поэтому доля продуктивной части в общей биомассе, согласно данным структурного анализа, меньше, чем у Зерноградского 53.

В среднем, за годы изучения гибриды сформировали урожайность зерна 7,45-8,35 т/га, превысив стандарт Зерноградское 53 на 1,75-2,65 т/га. Величина конкурсного гетерозиса по урожайности зерна значительно варьировала по комбинациям скрещивания, от 30,2 до 46,5%.

В исследованиях Haussmann et al. (2000) сообщалось о гетерозисе 88% по урожайности зерна с делянки [8, С.319], а у Hemlata et al. (2006) – до 69,5% по урожайности семян с метелки [9, С.245]. Это подтверждает необходимость использования гетерозиса на основе разнообразной зародышевой плазмы, использованной в нашем исследовании для создания гибридного сорго. Выявленные линии, использованные в скрещиваниях, являются потенциальными источниками новых гибридов и могут быть включены в селекционную программу.

Некоторые из родителей, участвующих в комбинациях скрещивания, имеют превосходство по нескольким признакам. Например, А-36ТХ дает в результате скрещивания гибрид с ранним созреванием и высокой урожайностью, в то время как МСЛ-21 произвел гибриды с ранним созреванием и низким ростом. Линия А-1202 была невысокого роста, но формировала длинные метелки. Это исследование показало, что гетерозисный урожай и его компоненты предпочтительным образом были выражены лишь в некоторых комбинациях скрещивания, демонстрирующих преобладающую роль случайных взаимодействий генов [10, С. 9].

Среди отобранных гибридов первого поколения особенно выделилась гибридная комбинация А-36ТХ х Перспективное 1. Она оказалась самой скороспелой (54 дня) и самой урожайной (8,35 т/га). У нее был самый высокий гетерозис, который составил 46,5%. Положительный значительный гетерозис по урожайности зерна у этого гибрида обусловлен высоким гетерозисом для числа продуктивных побегов и длины метелки.

Стерильная линия А-36ТХ зацветает на 7-10 дней позже сорта-опылителя Перспективное 1, однако высокая степень кустистости отцовской формы значительно продлевает период его цветения и способствует успешному опылению и завязыванию гибридных семян.

Раннее созревание гибрида позволяет провести уборку в августе, в жарких сухих условиях, и не тратить энергию на сушку зерна. В публикации Bantilan et al. (2004), сообщалось, что сорго раннего созревания может избежать негативного влияния засухи в богарном земледелии, преобладающей во многих районах [3, С. 202].

Поэтому данный гибрид рекомендуется для размножения, передачи на ГСИ и широкого испытания в производственных условиях.

Выводы

1. Продолжительность периода вегетации от всходов до цветения у гибридов колебался от 54 до 102 дней, т.е. меньше и больше стандарта Зерноградское 53.
2. По высоте растений почти все гибриды незначительно отличались от стандарта, от 103 до 130 см. Гетерозис по листостебельной массе был более существенным, чем по массе метелок и зерна.
3. В среднем за годы изучения лучшие гибриды сформировали урожайность зерна в пределах 7,45-8,35 т/га, превысив стандарт Зерноградское 53 на 1,75-2,65 т/га. Величина конкурсного гетерозиса по урожайности зерна значительно варьировала по комбинациям скрещивания, от 30,2 до 46,5%.
4. Среди изученных гибридов выделилась гибридная комбинация А-36ТХ х Перспективное 1, которая была наиболее скороспелой (54 дня) и самой урожайной (8,35 т/га). Гибрид сорго раннего созревания может избежать негативного влияния засухи, поэтому рекомендуется для передачи на ГСИ.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Doggett H. Sorghum. 2nd edition / H. Doggett // New York, USA: John Wiley and Sons. Inc., NY, 1988. – P. 512.
2. Ковтунов В.В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового / В.В. Ковтунов // Зерновое хозяйство России, 2018. – №3(57). – С.47-49. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49
3. Bantilan M.C.S. Sorghum genetic enhancement: Research process, dissemination and impacts / M.C.S. Bantilan, U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilama, R.E. Evenson // ICRISAT, 2004. – P.201-221.
4. Hochholdinger F. Towards the molecular basis of heterosis / F. Hochholdinger, N. Hoeckenger // Trends Plant Sci., 2007. – 12. – P. 427-432.
5. Костылев П.И. Оценка на продуктивность гибридов F_1 на стерильной основе зернового белозерного сорго / П.И. Костылев, Л.М. Костылева // Зерновые и кормовые культуры России: Сборник научных трудов ВНИИСЗК, Зерноград, 2002. – С.130-132.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1 / под общ. ред. М. А. Федина. – Москва, 1985. – 269 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Доспехов Б.А. // М.: Колос, 1988. – 351 с.
8. Haussmann B.I. Yield and yield stability of four population types of grain sorghum in a semi-arid area of Kenya / B.I. Haussmann, A.B. Obilana, P.O. Ayiecho, A.A. Blum, W. Schipprack, H.H. Geiger // Crop Sci., 2000. – 40. – P. 319-329.

9. Hemlata S. Heterosis in Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench.) / S. Hemlata, S. Vithal // Agr. Sci. Digest., 2006. – 26(4). – P. 245-248.

10. Ringo J. Heterosis for yield and its components in sorghum (Sorghum bicolor L. Moench.) hybrids in dry lands and sub-humid environments of East Africa / J. Ringo, A. Onkware, M. Mgonja, S. Deshpande, A. Rathore, E. Mneney, S. Gudu // Australian Journal of Crop Science, 2015. – 9(1). – P. 9-13.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Doggett H. Sorghum. 2nd edition / H. Doggett // New York, USA: John Wiley and Sons. Inc., NY, 1988. – P. 512.

2. Kovtunov V.V. Posevnaya ploshchad' i urozhaynost' sorgo zernovogo [Sown area and productivity of grain sorghum] / Kovtunov V.V // Zernovoye khozyaystvo Rossii [Grain Economy of Russia], 2018. – 3(57). – P. 47-49. [in Russian] https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49

3. Bantilan M.C.S. Sorghum genetic enhancement: Research process, dissemination and impacts / M.C.S. Bantilan, U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilama, R.E. Evenson // ICRISAT, 2004. – P.201-221.

4. Hochholdinger F. Towards the molecular basis of heterosis / F. Hochholdinger, N. Hoeckenger // Trends Plant Sci., 2007. – 12. – P. 427-432.

5. Kostylev P.I. Otsenka na produktivnost' gibridov F1 na steril'noy osnove zernovogo belozernogo sorgo [Evaluation of the productivity of F_1 hybrids on a sterile basis of white-grain sorghum grain] / Kostylev P.I., Kostyleva L.M. // Zernovyye i kormovyye kul'tury Rossii: Sbornik nauchnykh trudov VNIISZK [Cereals and feed crops of Russia: Collection of scientific works of VNIISZK], Zernograd, 2002. – P. 130-132. [in Russian]

6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, Vyp. 1 [Methodology of state variety testing of crops]. Vol. 1 // Under total. ed. M.A. Fedin, Moscow, 1985. – 269 p.

7. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience] / Dospehov B.A. – M.: Kolos, 1988. – 351 p. [in Russian]

8. Haussmann B.I. Yield and yield stability of four population types of grain sorghum in a semi-arid area of Kenya / B.I. Haussmann, A.B. Obilana, P.O. Ayiecho, A.A. Blum, W. Schipprack, H.H. Geiger // Crop Sci., 2000. – 40. – P. 319-329.

9. Hemlata S. Heterosis in Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench.) / S. Hemlata, S. Vithal // Agr. Sci. Digest., 2006. – 26(4). – P. 245-248.

10. Ringo J. Heterosis for yield and its components in sorghum (Sorghum bicolor L. Moench.) hybrids in dry lands and sub-humid environments of East Africa / J. Ringo, A. Onkware, M. Mgonja, S. Deshpande, A. Rathore, E. Mneney, S. Gudu // Australian Journal of Crop Science, 2015. – 9(1). – P. 9-13.

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.009

МОНИТОРИНГ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ РОЛИ ПРИБАЛОЧНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ЮГЕ РФ

Научная статья

Полуэктов Е.В.[1], Скрыпанёв С.Ф.[2], Петрова И.А.[3, *]

[2] ORCID: 0000-0003-0199-4492;

[1, 2, 3] Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (НИМИ ФГБУ ВО Донской ГАУ), Новочеркасск, Россия

* Корреспондирующий автор (petroffa_i[at]mail.ru)

Аннотация

Процессы линейной эрозии сопровождаются разрушением земельных угодий и их изъятием из сельскохозяйственного оборота. Таких земель только в Ростовской области насчитывается порядка 180 тыс. га. В качестве одной из эффективных мер борьбы с данным видом деградации почвенного покрова предлагается лесогидротехнический комплекс, представленный прибалочной лесной полосой, усиленной валами, канавами, запрудами.

Многолетними исследованиями установлена высокая почвозащитная эффективность по предотвращению смыва и размыва почвы в местах его наибольшей концентрации (ложбины, лощины) при совмещении прибалочной лесной полосы с запрудами, валами и канавами. Продолжительность их действия во многом зависит от системного применения элементов почвозащитного комплекса на водосборе.

Ключевые слова: прибалочная лесная полоса, вал, канава, запруда, сток талых и ливневых вод, смыв почвы, высота и диаметр стволов деревьев.

MONITORING THE SOIL PROTECTION ROLE OF RAVINE FOREST BELT IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FEDERATION

Research article

Poluektov E.V.[1], Skrypanev S.F.[2], Petrova I.A.[3, *]

[2] ORCID: 0000-0003-0199-4492;

[1, 2, 3] Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunova FSBEI HE Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia

* Correspondent author (petroffa_i[at]mail.ru)

Abstract

The processes of linear erosion are accompanied by the destruction of land and its removal from agricultural circulation. There are about 180 thousand ha of such lands in the Rostov region alone. As one of the effective measures to combat this type of soil cover degradation, a forestry and hydroscheme complex is proposed, which is represented by a ravine forest belt reinforced with ramparts, ditches, dams.

Long-term studies confirm high soil-protective effectiveness of preventing soil washout and erosion in places of its highest concentration (ravines, hollows) when combining a ravine forest belt with dams, ramparts and ditches. The duration of their action depends largely on the systemic application of elements of the soil protection complex on the water-collecting header.

Keywords: ravine forest belt, shaft, ditch, dam, drain of ice and storm water, soil erosion, height and diameter of tree trunks.

Введение

Значительные площади земель под оврагами и балками в Ростовской области являются резервом для их вовлечения в сельскохозяйственный оборот. Данное мероприятие невозможно без применения системы почвозащитных средств, приёмов, технологий, т.к. овражно-балочная сеть является наиболее уязвимым звеном водосбора в части смыва и размыва почв и грунтов. Именно здесь плоскостной смыв почвы переходит в линейный с изъятием земель из сельскохозяйственного оборота. Среди мер борьбы с эрозией важное место занимают прибалочные лесные полосы в сочетании с другими противоэрозионными приёмами [1], [2], [3]

Прибалочные лесные полосы, усиленные простейшими гидротехническими сооружениями, являются одним из важнейших звеньев почвозащитной системы в местах, где поверхностный смыв почвы переходит в линейный. В данной работе анализируются многолетние исследования по противоэрозионной роли прибалочных лесных полос, усиленных по ложбинам валами, канавами, запрудами.

Материалы и методы

При исследовании использовались материалы полевых исследований, таксационный анализ деревьев.

Обсуждение результатов

Стационарный опыт по изучению эффективности сочетания лесных полос с простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов-канав по ложбинам, был заложен в 1978 г на склоне западной экспозиции, крутизной 5-7°, в прибалочной лесной полосе из робинии лжеакации. Возраст лесной полосы (1965 г. посадки) на год закладки опыта составлял 13 лет. Число рядов – 6. Размещение посадочных мест в лесополосе – 3×1 м. Высота древостоя в среднем равнялась 8,0 м, а средний диаметр достигал 9,1 см. Данная лесополоса расположена на берегу балки Большой Лог.

Непосредственно к опыту прилегает поле полевого севооборота, на котором в отдельные годы (1978-1983) и (1997-2003) сельскохозяйственные культуры располагались контурно-полосно, с шириной полос в пределах 55-60 м.

Нижняя часть склона изрезана ложбинами и потяжинами, по которым концентрировалась основная часть стока талых и дождевых вод. По классификации А.С. Козменко, склон относится к 4 классу расчленённости ложбинами [4].

Почва под опытом на поле представлена чернозёмом обыкновенным легкоглинистым, карбонатным, среднеэродированным, переходящим в зоне лесной полосы в сильноэродированный на лессовидных породах.

Схема опыта включала четыре варианта:

1. Водосбор элементарной ложбины + лесная полоса (контроль).
2. То же самое + вал-канава, заполненные соломой.
3. То же самое + вал-канава, заполненные стеблями подсолнечника.
4. То же самое + вал по нижней опушке и мелиоративные канавы, заполненные соломой, в нижнем междурядье (в зоне прудка) (рисунок 1).

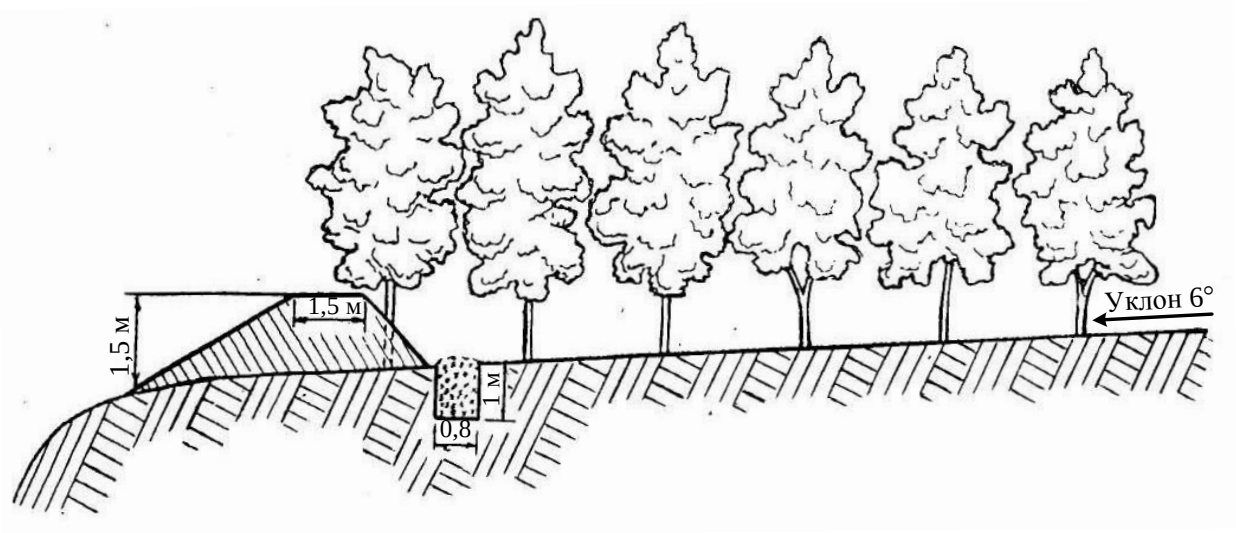


Рис. 1 – Поперечный профиль лесной полосы, усиленный валом и канавами (1978 г.)

Наблюдения за стоком талых и ливневых вод системно проводились с 1979 по 1988 гг. Исследования позволили объективно оценить почвозащитную роль лесной полосы в годы с различной интенсивностью и объёмом стока [5], [6]. Как показали исследования при слабой и средней интенсивности стока лучшими показателями характеризовались варианты сочетания лесной полосы с валами-канавами (табл.1).

Таблица 1 – Противоэрозионная эффективность прибалочной лесной полосы и гидротехнических сооружений

Вариант	Запас воды + осадки за период стока, мм	Сток с поля, мм	Поглотилось и задержалось перед гидросооруже-нием, мм	Сток за пределы гидросооружен ий, мм	Коэффициент стока
1979 год					
1. Водосбор элементарной ложбины + лесная полоса (контроль)	29,9	26,4	5,5	20,9	0,70
2. То же самое + вал-канава с соломой	30,1	25,9	22,5	3,4	0,11
3. То же самое + вал-канава со стеблями подсолнечника	30,8	27,1	23,3	3,8	0,12
4. То же самое + вал по нижней опушке-канава с соломой	32,5	27,5	27,5	0	0,00
1980 год					
1. - // -	32,4	15,9	5,8	10,1	0,64
2. - // -	33,6	13,7	12,9	0,8	0,02
3. - // -	32,9	14,1	13	1,1	0,03
4. - // -	33,9	16,6	16,6	0	0,00
1981 год					
1. - // -	31,6	6,1	5,8	0,3	0,009
2. - // -	31,6	5,3	5,3	0	0,00
3. - // -	31,6	5,1	5,1	0	0,00
4. - // -	31,6	5,8	5,8	0	0,00

Наблюдения за руслами по ложбинам, по которым формировались временные водные потоки, показали, что на контрольном варианте в среднем за три года (1979-1981 гг.) глубина их под пологом лесной полосы увеличилась до 15-19 см, а ширина водотока составила 30-35 см. На вариантах с гидросооружениями размыв русла наблюдался только лишь при входе в лесную полосу (на 2 и 3 вариантах опыта). Глубина его составляла 5-8 см, ширина 12-17см. Вал по нижней опушке, создавал подпор талым водам, практически сводил на нет его размывающую скорость, поэтому на данном варианте опыта русло старых водотоков осталось таким же, как и до закладки опыта.

Подобные исследования проводились в Ростовской области и ранее [8]. Схема опыта включала поле, обработанное под зябь поперёк склона, то же самое плюс прерывистое бороздование зяби и эти же варианты в сочетании с прибалочной лесной полосой.

Как показали результаты исследований в годы с умеренной интенсивностью стока (1970, 1971), совместное влияние прерывистого бороздования зяби и прибалочной лесной полосы на склоне без ложбин, привело к тому, что поверхностный сток резко снизился или полностью отсутствовал. На склоне с выраженной ложбинностью прерывистое бороздование зяби в сочетании с лесной полосой по берегу балки незначительно уменьшало эрозионные процессы. Противостоять разрушительному действию водных потоков по ложбинам могли лишь простейшие гидротехничсекие сооружения в виде насыпных валов.

Дальнейшие наши исследования выявили следующее: осенью 1983 г. на поле, перед прибалочной лесной полосой, была посеяна озимая пшеница. Однако недостаток влаги в почве и сухая осень привели к изреживанию посевов. Количество взошедших растений на 1 м^2 не превышало 40-60 штук.

Холодная и ветреная зима 1984 г. способствовала возникновению пыльных бурь. Поле перед лесной полосой, лишённое растительного покрова, подверглось интенсивной дефляции. Несмотря на то, что стационарный опыт находился на заветренном склоне западной экспозиции, посевы озимой пшеницы перед ним были подвержены процессам дефляции. Наблюдениями установлено, что за весь период пыльных бурь (с января по март включительно) вынос мелкозёма составил в среднем 143 т/га.

Ложбины и лощины, расчленившие часть склона, явились как бы руслами, в которых скорость ветра, по сравнению с ровным пространством, увеличивалась в 1,3-1,4 раза. Так, замеры, проведённые 3 марта в 13.00 часов показали, что скорость ветра на ровных участках склона (расстояние от поверхности почвы 0,5 м) составляла 8 м/с, а в ложбинах она достигала 10,4-11,2 м/с. В связи с чем, основная часть мелкозёма переносилась по тальвегу ложбин и лощин и задерживалась прибалочной лесной полосой. Мощность наносов в лесной полосе составляла 90-120 см. Шлейфы из снега и пыли, выходили за пределы лесной полосы, в сторону поля на 5-10 м. На вариантах опыта с гидросооружениями, вся эта масса из пыли и снега задерживалась валами, и к концу пыльных бурь практически все прудки перед гидросооружениями были погребены слоем 40-140 см мелкозёма, перемешанного со снегом. К середине апреля после таяния снега мощность наносов уменьшилась наполовину до 25-75 см.

Дальнейший мониторинг эрозионных процессов на стационарном опыте выявил следующее: весной 1984 г. погибшие посевы озимой пшеницы на поле перед лесной полосой были пересеяны кукурузой. Когда она была в фазе двух листьев, 29 и 30 мая, с промежутком в 10 часов выпали два ливневых дождя, общим слоем осадков 44,8 мм. Интенсивность ливневой части составила 1,48 мм/мин. Величина смыва почвы, определённая по объёму водороин, составила на расстоянии 250 м от прибалочной лесной полосы 13,2 т/га, 150 м – 31,7 т/га, 50 м – 52,4 т/га. При входе в прибалочную лесную полосу, ширина одной из водороин, по тальвегу ложбины, составила 397 см, а глубина – 11 см. Уже в конце третьего междурядья она рассредоточилась, так как поток воды, встречая на своём пути подпор в виде наносов и водозадерживающего вала, который выступал над поверхностью мелкозёма на 15-25 см, резко гасил скорость. Перед валом образовался прудок, где оседала снесённая с полей почва. Но ёмкость его была не достаточной для того, чтобы удержать весь объём попавшей туда воды, и она перетекала через хорошо задернованный вал, не причиняя ему разрушений. После окончания ливней мощность наносов в запруде перед валом, увеличилась на 4-7 см за счёт принесённой с поля почвы и перераспределения имеющегося в насаждении мелкозёма после пыльных бурь (рисунок 2).

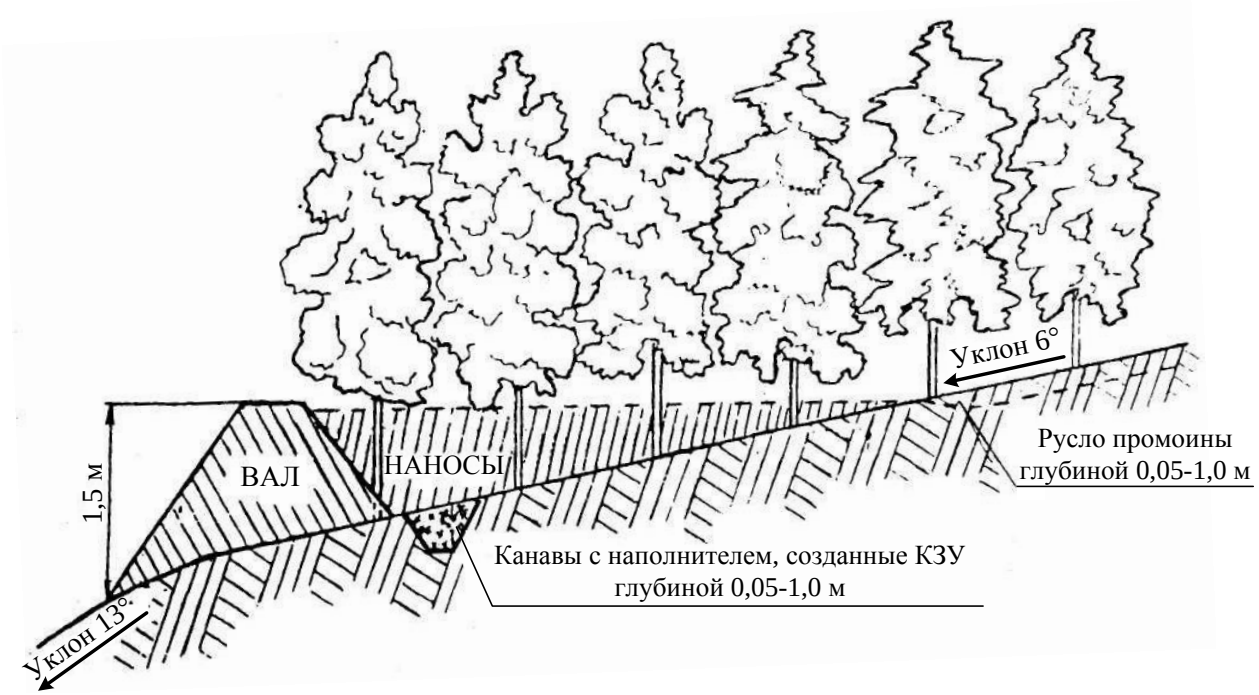


Рис. 2 – Отложение мелкозёма в лесополосе перед валом (2018 г.).

В контрольном варианте мощность наносов в ложбине в результате пыльных бурь составила 45-50 см. Ливневые потоки промыли в теле наносов русло шириной 100 и глубиной 55 см через всю лесную полосу.

Негативные последствия пыльных бурь сказались в дальнейшем. При весеннем снеготаянии в 1988 г. с посевов многолетних трав, примыкающих к прибалочной лесной полосе, в насаждение поступило от 29,3 до 34,5 мм талой воды. На контрольном варианте поглотилось и задержалось лесной полосой всего лишь около 5 мм талой воды. Остальная часть беспрепятственно проходила по ранее проложенному руслу и поступала в балку. На вариантах с валами-канавами, заполненных когда-то органическими наполнителями, мелкозём к этому времени немного осел. Канавы были обозначены впадинами, а вал выступал над поверхностью на 12-15 см. Величина задержанного стока составила 15-17 мм. Почти столько же талой воды уходило со стоком за пределы этих сооружений. По сравнению с контролем коэффициент стока снизился вдвое.

Лучшие показатели были в 4 варианте, где ёмкость запруды была больше, чем в вышерассмотренных вариантах. Величина задержанного стока составила 20,1 мм. За пределы сооружения ушло 14,4 мм талой воды (см. табл. 2).

Таблица 2 – Сток талых вод на опыте в 1988 г.

Вариант	Запас воды в снеге + осадки за период стока, мм	Сток с поля, мм	Задержалось перед гидросооружениями, мм	Сток за пределы гидросооружений, мм	Коэффициент стока
1	65,3	31,3	4,8	26,6	0,41
2	64,9	29,3	15,3	14,0	0,22
3	66,1	32,7	16,7	15,8	0,24
4	68,9	34,5	20,1	14,4	0,21

Заметную роль в снижении объёмов задержанного стока сыграла резкое сокращение водопроницаемости водопоглощающих канав, занесённых мелкозёмом. Если до пыльных бурь и ливневых дождей водопроницаемость на дне канав составляла 3,10-4,95 мм/мин, то после вышеупомянутых событий уменьшилась до 0,75-0,91 мм/мин.

В последующие годы вплоть до 2017 г эрозионные процессы, сопровождающиеся стоком талых и ливневых вод, были зафиксированы на контрольном варианте в 1991, 1994, 1995, 1997, 1998, 2003, 2006, 2014 и 2017 гг. Наиболее интенсивный сток талых вод наблюдался: 1998 г - 33,6 мм, 2003 г - 65,9 мм, 2006 г - 24,6 мм, 2014 г - 13,4 мм и 2017 г - 19,3 мм. На вариантах с гидросооружениями он был на 5-12 мм меньше, чем на контроле.

Обследование вариантов опыта в лесной полосе в 2018 г. позволили установить следующее: на контроле при входе в лесную полосу чётко прослеживается водоток шириной 135 см, глубиной до 23 см. Он проходит через всю лесную полосу с параметрами на выходе (ширина – 140 см, глубина – 53 см). Сразу же за лесной полосой сформировался линейный размыв (овраг) шириной до 270 см и глубиной 220 см.

Во втором варианте в лесной полосе так же прослеживается водоток, шириной 63 и глубиной до 10-12 см. Ёмкость перед валом практически полностью заилена. В отдельных местах вал выступает над поверхностью на 10-12 см (рис. 3). В центре вала образовался размыв шириной до 140 см и глубиной 20-23 см. На склоне вала со стороны балки размывов нет, что вероятно связано с высокой степенью его задернованности злаковыми и другими видами

растений.

В третьем варианте со стороны поля в лесную полосу входит водороина, шириной 60-76 см и глубиной 5-6 см. Вал и прудок перед ним полностью занесены мелкозёмом. На валу имеется промоина, шириной 70-80 см и глубиной до 5 см. Так же, как и во 2-ом варианте вал со стороны балки (сухой откос) хорошо задернован и размывов на нём не зафиксировано.

В четвёртом варианте со стороны поля при входе в лесную полосу сформировалась куртина из сливы колючей, площадью около 30 м^2, полностью перекрывая водоток. Она в значительной мере аккумулировала твёрдый сток с поля и резко гасила скорость временных водных потоков. Следы водороины в лесной полосе практически не прослеживаются, тем не менее прудок перед валом полностью заполнен мелкозёмом, а сам вал выступает над поверхностью на 4-6 см. Слабый размыв вала наблюдается ближе к левой стороне ложбины шириной 40-48 см глубиной 4-5 см (рисунок 2).

Это соответствует концепции, предложенной В. М. Ивониным, об аккумуляции твёрдого стока системой почвозащитных мероприятий в балках [9].

Значительный интерес представляет состояние деревьев в лесной полосе. Наблюдения за ходом роста и сохранностью робинии ложноакациевой с 1979 по 2018 г.г. позволили установить следующее. Лучшее увлажнение почвы на вариантах с гидросооружениями (дополнительно задерживалось от 10 до 80 мм талых и дождевых вод) обеспечивало более благоприятные условия роста деревьев (табл. 3).

Высокие показатели прироста деревьев в высоту и диаметру наблюдались в 2, 3 и 4 вариантах, т.е. там, где воды поверхностного стока задерживались валами и поглощались канавами. По сравнению с началом проведения опыта к 2018 г. высота деревьев увеличилась на контроле на 11,4 м, во 2-ом варианте – на 12,7 м, 3-ем – на 13,6 м, 4-ом – 14,2 м. Аналогичные данные получены и по диаметру деревьев. Для сравнения приведём данные по состоянию деревьев межложбинного пространства. В 1979 г их высота составляла 7,1 м, диаметр ствола 8,2 см. В 2018 г. соответственно 15,0 м и 17,6 см, т.е. они значительно уступали деревьям на вариантах опыта с гидросооружениями. Что касается сохранности деревьев, то в 1979 г. она была на всех вариантах опыта практически одинакова – 91-96 %. Снижение сохранности деревьев через пятьдесят лет (50-70%) можно объяснить следующими обстоятельствами. Это – прежде всего несанкционированные рубки древостоя. Кроме того, в данной лесной полосе никогда не проводились уходные работы и в последние 18-20 лет в междурядья лесной полосы широко внедрились сорные и другие виды растений, которые оказались мощными конкурентами по отношению к древесным культурам в борьбе за влагу (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика хода роста робинии ложноакациевой за период исследований

Вариант	Диаметр по годам, см				Высота деревьев, м			Сохранность деревьев на 2018 г, %
	1979	1981	1988	2018	1979	1988	2018	
1	9,9	10,5	14,0	21,2	8,1	11,0	19,5	50
2	9,6	10,3	14,7	21,8	8,3	11,5	21,0	56
3	9,7	10,3	13,3	23,2	8,2	11,8	21,8	60
4	10,7	11,8	16,2	26,5	8,4	13,0	22,6	70

Выводы

Лесогидротехнический комплекс, представленный прибалочной лесной полосой в сочетании с канавами и валом, по ложбинам эффективно функционирует только лишь в системе почвозащитных мероприятий на всём водосборе. Отсутствие таковых на прилегающем поле севооборота в целый ряд лет способствовал постепенному заносу прудков перед валом мелкозёмом и сокращением объёма задержанного стока талых и дождевых вод. Кроме того, в ситуацию вмешались аномальные явления природы в виде пыльных бурь, которые так же оказали негативное воздействие на полезный объём прудка перед гидросооружением и резко снизили водопроницаемость почвы в канавах. Тем не менее, даже по прошествии почти сорока лет после закладки опыта лесная полоса в сочетании с валами-канавами по ложбинам выполнила почвозащитные функции по предотвращению линейного размыва о чём наглядно свидетельствует сформировавшийся овраг в контрольном варианте.

Гидротехнические сооружения в лесной полосе дополнительно задерживали под её пологом от 10 до 80 мм стока талых и дождевых вод. Это положительно отразилось на росте деревьев. Их высота на 1,3-2,8 метра была выше по отношению к контрольному варианту. То же самое касается прироста деревьев по диаметру ствола. На вариантах с гидросооружениями он был больше в 1,10-1,25 раза, чем на контроле.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Ивонин В.М. Адаптивная лесомелиорация степных ландшафтов: монография. / Ивонин В.М., Танюкевич В.В., Лобов Н.В. // Под ред. В.М. Ивонина – Новочеркасск, 2009. – 284 с.

2. Ивонин В.М. Эрозиоведение: учебник для вузов, обучающихся по специальности 250201- «Лесное хозяйство» бакалавров по направлению 250100.62-"Лесное дело" / В.М. Ивонин, А.В. Тертерьян. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2014. - 215 с.

3. Зыков И.Г. Лесная мелиорация оврагов и балок / Зыков И.Г., Васенко Г.И. // Обзорная информация. М.: ЦБНТИ

Гослесхоза СССР, 1985. -32 с.

4. Козьменко А.С. Борьба с эрозией почв./ Козьменко А.С. – 2-е изд. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 207 с.

5. Полуэктов Е.В. Комплексная мелиорация в районах эрозии и дефляции / Полуэктов Е.В., Скрипанёв С.Ф. // Лесное хозяйство – 1990. – №6. – С. 38-41.

6. Полуэктов Е.В. Противоэрозионные мелиорации земель: монография. / Е.В. Полуэктов – Новочеркасск; Лик, 2011. – 250 с.

7. Полуэктов Е.В. Почвозащитные системы на овражно-балочных землях / Полуэктов Е.В. // Мелиорация и водное хозяйство – 2017. – №5. – С. 16-19.

8. Ивонин В.М. Раздельное и совместное применение элементов противоэрозионного комплекса на почвах склонов в Ростовской области / Ивонин В.М., Миронченко Ф.А. // Почвоведение – 1973. – №3. – С. 86-90.

9. Ивонин В.М. Лесные насаждения и аккумулятивные процессы в балках / Ивонин В.М. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации –2017. – №1. – С.117-130.

10. Шабаев А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья. / А. И. Шабаев. - Саратов: Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова, 2003. – 296 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ivonin V.M. Adaptivnaya lesomelioratsiya stepnykh landshaftov: monografiya [Adaptive Forest Land Reclamation of Steppe Landscapes: Monograph]. / Ivonin V.M., Tanyukevich V.V., Lobov N.V – Novocherkassk, 2009. – 284 p. [in Russian]

2. Ivonin V.M. Eroziovedenie: uchebnik dlya vuzov, obuchayushchikhsya po spetsialnosti 250201 – “Lesnoe khozyaistvo” bakalavrov po napravleniyu 250100.62 – “Lesnoe delo” [Erosology: Textbook for Universities Enrolled in the Specialty 250201 – “Forestry” of Bachelors in the Direction 250100.62 – “Forestry”] / V.M. Ivonin, A.V. Terterian. – Rostov-on-Don: Publishing House of the North Caucasian Scientific Centre of Higher Education, 2014. – 215 p. [in Russian]

3. Zykov I.G. Lesnaya melioratsiya ovragov i balok [Forest Reclamation of Ravines and Beams] / Zykov I.G., Vasenko G.I. // Overview. – M.: Central Office for Scientific and Technical Information, Gosleskhoz USSR, 1985. – 32 p. [in Russian]

4. Kozmenko A.S. Borba s eroziey pochv [Soil Erosion Control]. – 2nd ed. – M.: Selkhozgiz, 1957. – 207 p. [in Russian]

5. Poluektov E.V. Kompleksnaya melioratsiya v rayonakh erozii i deflyatsii [Integrated Land Reclamation in Areas of Erosion and Deflation] / Poluektov E.V., Skripanev S.F. // Lesnoye khoziaystvo [Forestry] – 1990. – No. 6. – P. 38-41.

6. Poluektov E.V. Protivoerozionnye melioratsii zemel: monografiya [Anti-erosion Land Reclamation: Monograph]. / E.V. Poluektov – Novocherkassk; Lick, 2011. – 250 p. [in Russian]

7. Poluektov E.V. Pochvozashchitnye sistemy na ovrazhno-balochnykh zemlyakh [Soil Protection Systems on Ravine-Girder Lands] / Poluektov E.V. // Land Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo [Reclamation and Water Management] – 2017. – No. 5. – P. 16-19. [in Russian]

8. Ivonin V.M. Razdelnoe i sovmestnoe primenenie elementov protivoerozionnogo kompleksa na pochvakh sklonov v Rostovskoi oblasti [Separate and Combined Use of Anti-Erosion Complex Elements on Slope Soils in the Rostov Region] / Ivonin V.M., Mironchenko F.A. // Pochvovedeniye [Soil Science] – 1973. – No.3. – P. 86-90. [in Russian]

9. Ivonin V.M. Lesnye nasazhdeniya i akkumulyativnye protsessy v balkakh [Forest Vegetation and Accumulative Processes in Beams] / Ivonin V.M. // Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta melioratsii [Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation] – 2017. – No.1. – P.117-130. [in Russian]

10. Shabaev A.I. Adaptivno-ekologicheskie sistemy zemledeliya v agro-landshaftakh Povolzhya. [Adaptive Ecological Farming Systems in Agro-Landscapes of the Volga Region] / A.I. Shabaev. – Saratov: Sarat. State Agrarian Un. named after N.I. Vavilov, 2003. – 296 p. [in Russian]

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.010

ПРОГРАММА ЭКСПРЕСС ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ГИДРОБИОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С КОМПЛЕКСА «САЛЬПА М»

Научная статья

Жук В.Ф. *
ORCID: 0000-0003-2654-296X,
ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН (ФИЦ ИнБЮМ), Севастополь, Россия

* Корреспондирующий автор (vfzhuk[at]mail.ru)

Аннотация

В статье описывается программа для обработки массивов данных, полученных при работе с гидробиофизическим комплексом «Сальпа М». Программа создана с целью оперативной оценки полученных данных и визуализации информации о биолюминесценции и фоновых характеристиках среды (температура, соленость) и подготовки данных в виде рисунков, текстовых файлов, файлов Excel и таблиц в Word для дальнейшей обработки. Программа использовалась при подготовки к печати «Атласа биолюминесценции Черного моря» по результатам экспедиций с 2010 по 2019г.

Ключевые слова: гидробиология, биолюминесценция, планктон.

PROGRAM OF EXPRESS PROCESSING OF LARGE BODIES OF HYDROBIOPHYSICAL DATA OBTAINED FROM THE SALPA M COMPLEX

Research article

Zhuk V.F. *
ORCID: 0000-0003-2654-296X,
Federal Publicly Funded Institution of Science Federal Research Centre A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, RF, Sevastopol, Russia

* Corresponding author (vfzhuk[at]mail.ru)

Abstract

The article describes the program for processing bodies of data obtained when working with the Salpa M hydrobiophysical complex. The program was created with the aim of quickly evaluating the data and visualizing information on bioluminescence and background environmental characteristics (temperature, salinity) and preparing the data in the form of drawings, text files, Excel files and tables in Word for further processing. The program was used during the preparation of the “Atlas of Bioluminescence of the Black Sea” for printing based on the results of expeditions from 2010 to 2019.

Keywords: hydrobiology, bioluminescence, plankton.

Введение

Работы по изучению биолюминесценции были начаты в ИнБЮМ в 1965 г. под руководством к.б.н. Э.П. Битюкова. Были разработаны несколько поколений приборов, последние из них «Свеча» и «Сальпа» активно использовались до 2000г. В 2008 году в отделе биофизической экологии ИнБЮМ был разработан и собран комплекс «Сальпа М» на новой материальной базе, работающий в связке с персональным компьютером [3]. С 2010г. начались регулярные исследования биолюминесценции Черного моря на НИС «Профессор Водяницкий».

Материал и методы

Среди методов исследования пространственно-временной структуры планктона широкое распространение получил метод зондирования поля биолюминесценции, созданного его агрегациями, с помощью гидробиофизических комплексов. При этом выяснилось, что существует большая неоднородность распределения планктона и для выявления мелкомасштабной структурированности поля биолюминесценции на каждой станции выполняется от 10 до 30 зондирований. Глубина зондирования зависит от глубины места, где выполняется станция. Для Черного моря глубина зондирования не более 150 метров. После каждого зондирования создается текстовый файл. Пример такого файла приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Данные одного зондирования комплексом «Сальпа М»

Глубина зонди-рования, м	Билюмине-сценция 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$	Температура °С	Соленость ‰	Чувстви-тельность прибора	Скорость зондирования М\сек
1	747,285	11,676	18,216	1	0,174
2	261,677	11,676	18,21	1	1,915
3	437,338	11,669	18,213	1	1,589
4	530,33	11,676	18,209	1	1,033
5	638,78	11,689	18,202	1	0,907
6	533,724	11,669	18,212	1	1,722
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
64	149,91	8,85	18,383	1	1,529
65	91,757	8,84	18,447	1	1,325

Результаты и обсуждение

Интерфейс программы обработки представлен на рисунке 1.

Для подготовки программы к работе и обнуления всех вычисляемых и заносимых параметров мышкой выбирается кнопка «настройка». Затем кнопкой «зонд+» выбираются файлы данных зондов, желательно во временной последовательности, т.к. дата и время выполнения станции выбирается по времени выполнения первого зонда. Биолюминесценция, температура, соленость текущего зонда отображаются на графиках во втором ряду. Если текущий зонд по каким то причинам бракуется его можно удалить из дальнейшей обработки нажав кнопку «зонд-». В первом ряду графиков накапливаются и отображаются профили биолюминесценции, температуры, солености всех выбранных зондов. После того как для обработки выбраны все зонды необходимо в выделенные красным цветом графы занести номер рейса, номер станции, координаты станции, скорость ветра, направление ветра, температуру воздуха, волнение моря, глубину места, где выполняется станция. Если введется в рейсе «дневник экспедиции», то эти данные заносятся автоматически из этого файла.

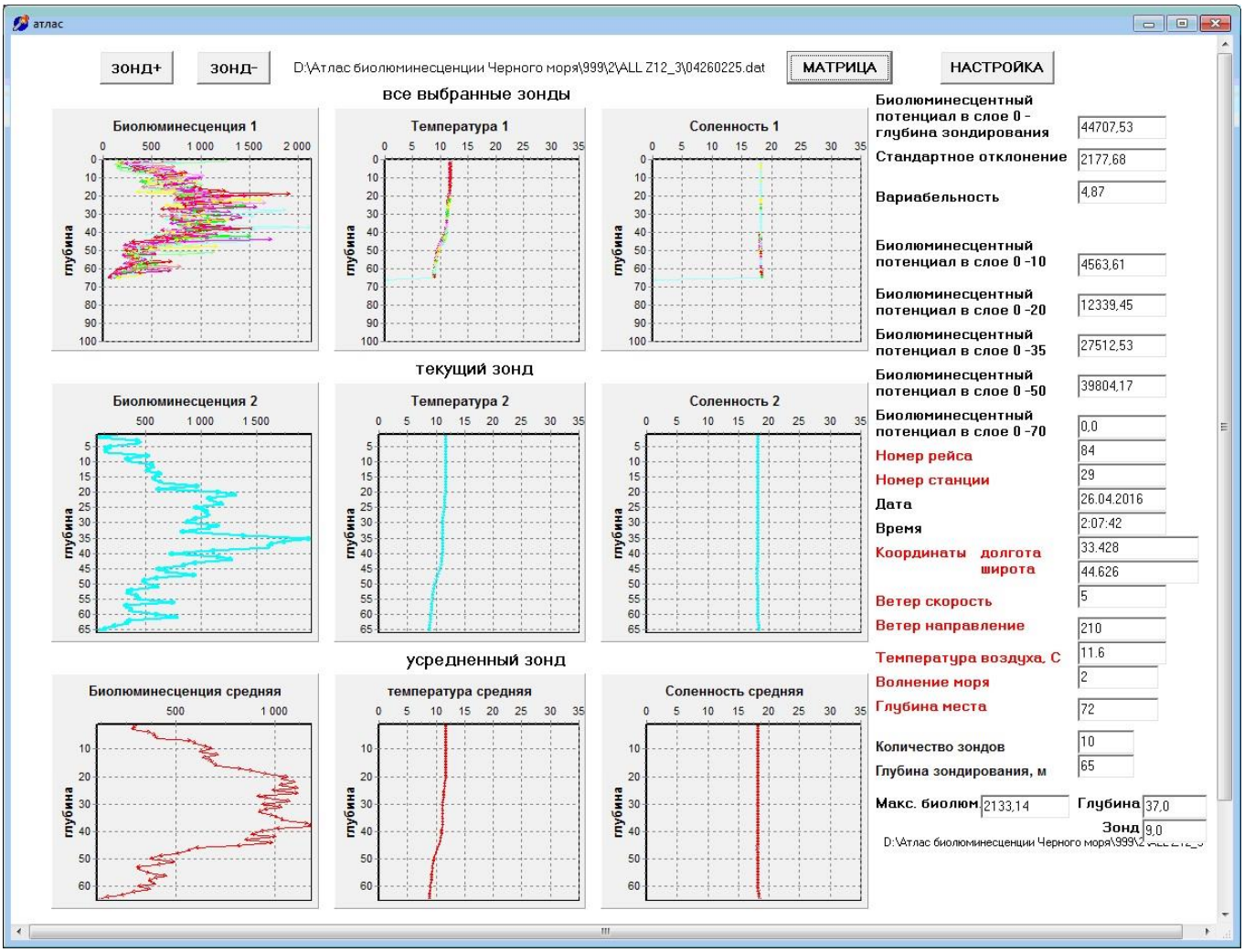


Рис. 1 – Интерфейс программы обработки данных

После нажатия кнопки «матрица» вычисляются средние значения биолюминесценции, температуры, солености для каждого метра по глубине зондирования и отображаются в третьем ряду графиков. Формируется файл EXCEL, в котором в столбцах записаны глубина, средние значения биолюминесценции, температуры, солености для построения графиков. Пример графика представлен на рисунке 2.

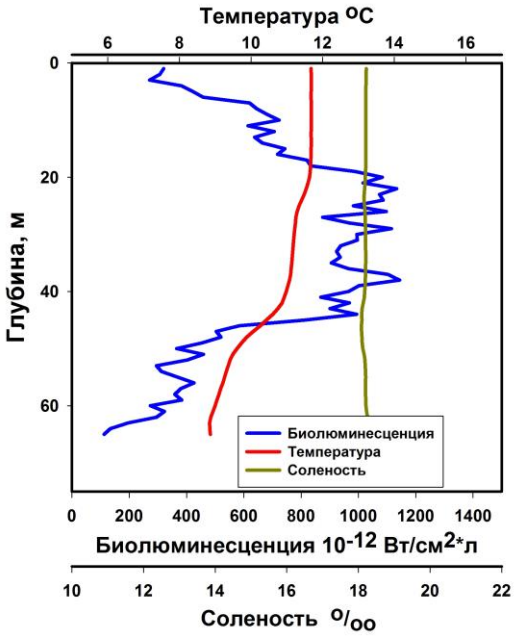


Рис. 2 – Графики средних значений биолюминесценции, температуры, солености для выбранной совокупности зондов на одной станции

В программе WORD заполняется таблица с вычисленными и внесенными в программу данными, в которой указывается:

- номер рейса, номер станции;
- дата выполнения станции;
- время выполнения станции;
- координаты станции широта, долгота;
- скорость ветра, направление ветра;
- волнение моря;
- температура воздуха;
- глубина в точке, глубина зондирования;
- количество выполненных зондов;
- максимум биолюминесценции, на какой глубине, в каком зонде. Вычисляется биолюминесцентный потенциал в слое 0 – максимальная глубина зондирования. Два статистических параметра: стандартное отклонение, коэффициент вариации характеризуют разброс биолюминесцентного потенциала в совокупности зондов.

Также вычисляется биолюминесцентный потенциал в стандартных слоях 0 – 10, 0 – 20, 0 -35, 0 – 50, 0 – 70 метров. Пример в таблице 2.

Таблица 2 – Вычисленные и занесенные параметры для одной станции

Рейс, Станция	PV84 Ст.29
Дата	26.04.2016
Время	2:07:42
Координаты: долгота широта	33,428E 44,626N
Ветер скорость\направление	5м/сек\210°
Температура воздуха	11,6 °С
Волнение моря, балл	2
Количество зондов	10
Глубина зондирования\станции	65м \72м
Мах биолюминесценция \ на глубине \ номер зонда	2133,14 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$ 37,0м \10,0
Биолюминесцентный потенциал в слое 0-глубина зондирования Стандартное отклонение Коэффициент вариации	44551,81 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$ 1981,17 4,45
Биолюм. Потенциал в слое 0-10м	4828,31 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$
Биолюм. Потенциал в слое 0-20м	12636,85 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$
Биолюм. Потенциал в слое 0-35м	27678,44 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$
Биолюм. Потенциал в слое 0-50м	39830,49 10^{-12} Вт·см$^{-2}$·л$^{-1}$
Биолюм. Потенциал в слое 0-70м	0,0

Заключение

Данная программа была написана и использовалась при подготовки к печати «Атласа биолюминесценции Черного моря» по результатам экспедиций с 2010 по 2019г. За это время состоялось 24 экспедиций, число станций, выполненных в них около 1000, число зондирований более 15000. Обработать такой большой массив информации без такой программы было бы затруднительно.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ РАН имени А. О. Ковалевского по теме «Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем», № АААА-А-18-118020790229-7.

Funding

This work was carried out as part of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution of Science and Technology of the A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS on the topic “Structural and Functional Organization, Productivity and Sustainability of Marine Pelagic Ecosystems,” No.AAAA-A-18-118020790229-7.

Благодарности

Автор благодарен сотрудникам отдела биофизической экологии ФИЦ ИнБЮМ за помощь в сборе данных в экспедициях.

Acknowledgement

The author is grateful to the staff of the Department of Biophysical Ecology of the A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS for their help in collecting data on expeditions.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Биолюминесценция океана / Гительзон И.И., Левин Л.А., Утюшев Р.Н. [и др.] Спб: Гидрометеоиздат. 1992. 283 с.

2. Токарев Ю.Н. Основы биофизической экологии гидробионтов. / Токарев Ю.Н. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2006. 342 с.

3. Токарев Ю.Н. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем / Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 3 (г. Москва, 25–27 ноября 2009 г.). М.: Изд-во РАН, 2009. С. 23–27.

4. Новый метод экпрессной обработки и анализа данных гидробиофизических съёмок в экспедиционных условиях / Ю.Н Токарев, В.В. Мельников, В.Ф. Жук [и др.] // Морской экологический журнал. 2013. № 2. Т. 12. С. 63–68.

5. Поле биолюминесценции - характерный показатель структуры планктонного сообщества Черного моря / Ю.Н. Токарев, Э.П. Битюков, В.И. Василенко [и др.] // Экология моря. 2000. Вып. 53. С. 20–25.

6. Токарев Ю.Н. Программный продукт «База данных Биолюминесценция Атлантического бассейна» / Токарев Ю.Н., Мельников В.В., Василенко В.И., Жук В.Ф. Св. № 52524 от 11.12.2013.

7. Биофизические исследования Жук В.Ф., Василенко В.И., Белогурова Ю.Б., Мельников В.В. // Геолого-океанологические исследования в Чёрном море / Гл. ред. академик НАНУ Е.Ф. Шнюков. – К.: Логос, 2014 – С. 96-106.

8. Токарев Ю.Н. Выявление пространственной неоднородности поля биолюминесценции с помощью буксируемого гидробиофизического комплекса «Сальпа-М» / Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. // Морской экологический журнал. – 2014. – Т.13, №. 2. - С. 71-81.

9. Серикова И.М. Влияние гидрофизических параметров на интенсивность поля биолюминесценции в северо-западной части Черного моря в осенний период. / Серикова И.М., Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. // Материалы VII Съезда Гидроэкологического общества Украины 5 - 8 октября 2015 г., Киев, 4 стр.

10. Мельник А. В. абиотических и биотических факторов в формировании сезонной изменчивости поля биолюминесценции Азовского моря / Мельник А. В., Токарев Ю. Н., Белогурова Ю. Б., Георгиева Е. Ю., Жук В. Ф., Силаков М. И. // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, № 2. С. 64-72. https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.2.05

11. Мельников В. В. Историческая база данных по морской биолюминесценции / Мельников В. В., Мельник А. В., Мельник Л. А., Белогурова Ю. Б., Жук В. Ф. // Системы контроля окружающей среды. 2018. Вып. 12 (32). С. 44-51. https://elibrary.ru/item.asp?id=35629189 [РИНЦ 0.099]

Список литературы на английском языке / References in English

1. Biolyuminestsentsiya okeana [Ocean Bioluminescence] / Gitelson I.I., Levin L.A., Utyushev R.N. [et al.] St. Petersburg: Hydrometeoizdat. – 1992. – 283 p. [in Russian]

2. Tokarev Yu.N. Osnovy biofizicheskoi ekologii gidrobiontov. [Fundamentals of Biophysical Ecology of Aquatic Organisms] / Tokarev Yu.N. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics. – 2006. – 342 p. [in Russian]

3. Tokarev Yu.N. Novyi gidrobiofizicheskii kompleks dlya ekspressnoi otsenki sostoyaniya pribrezhnykh ekosistem [New Hydrobiophysical Complex for Rapid Assessment of Coastal Ecosystems] / Tokarev Yu.N., Vasilenko V.I., Zhuk V.F. // Sovremenniye metody I sredstva okeanologicheskogo issledovaniya [Modern Methods and Means of Oceanological Research]: Materials of the XI Intern. Scientific and Technical conf. Part 3 (Moscow, November 25–27, 2009). – M.: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, – 2009. – P. 23–27. [in Russian]

4. Novyi metod ekpressnoi obrabotki i analiza dannykh gidrobiofizicheskikh syomok v ekspeditsionnykh usloviyakh [New Method of Express Processing and Analysis of Hydrobiophysical Survey Data under Field Conditions] / Yu.N Tokarev, V.V. Melnikov, V.F. Beetle [et al.] // Morskoy ekologicheskiy zhurnal [Marine Ecological Journal]. – 2013. – No. 2. – V. 12. – P. 63–68. [in Russian]

5. Pole biolyuminestsentsii - kharakternyi pokazatel struktury planktonnogo soobshchestva Chernogo morya [Bioluminescence Field - Characteristic Indicator of the Structure of Plankton Community of the Black Sea] / Yu.N. Tokarev, E.P. Bityukov, V.I. Vasilenko [et al.] // Ekologiya moria [Ecology of the Sea]. – 2000. – Issue. 53. – P. 20–25. [in Russian]

6. Tokarev Yu.N. Programmnyi produkt «Baza dannykh Biolyuminestsentsiya Atlanticheskogo basseina» [Software Product “Bioluminescence Database of the Atlantic Basin”]. / Tokarev Yu.N., Melnikov V.V., Vasilenko V.I., Zhuk V.F. St. No.52524 of December 11, 2013. [in Russian]

7. Biofizicheskie issledovaniya [Biophysical Studies] Zhuk V.F., Vasilenko V.I., Belogurova Yu.B., Melnikov V.V. // Geologicheskoye I Okeanograficheskoye issledovaniye v Chornom More [Geological and Oceanological Research in the Black Sea] / Ch. ed. Academician of NASU E.F. Shnyukov. – K.: Logos, 2014 – P. 96-106. [in Russian]

8. Tokarev Yu.N. Vyiavlenie prostranstvennoi neodnorodnosti polya biolyuminestsentsii s pomoshchyu buksiruemogo gidrobiofizicheskogo kompleksa «Salpa-M» [Identification of Spatial Heterogeneity of Bioluminescence Field using Towed Hydrobiophysical Complex “Salpa-M”] / Tokarev Yu.N., Vasilenko V.I., Zhuk V.F. // Morskoy ekologicheskiy zhurnal [Marine Ecological Journal] – 2014. – V.13. – No. 2. – P. 71-81. [in Russian]

9. Serikova I.M. Vliyanie gidrofizicheskikh parametrov na intensivnost polya biolyuminestsentsii v severo-zapadnoi chasti Chernogo morya v osennii period [Influence of Hydrophysical Parameters on the Intensity of Bioluminescence Field in Northwestern Part of the Black Sea in Autumn]. / Serikova I.M., Tokarev Yu.N., Vasilenko V.I., Zhuk V.F. Materials of the VII Congress of the Hydroecological Society of Ukraine October 5 - 8, 2015, Kyiv, 4 p. [in Russian]

10. Melnik A. V. Rol abioticheskikh i bioticheskikh faktorov v formirovanii sezonnoi izmenchivosti polya biolyuminestsentsii Azovskogo morya [Role of Abiotic and Biotic Factors in the Formation of Seasonal Variability of the Bioluminescence Field of the Sea of Azov] / Melnik A. V., Tokarev Yu. N., Belogurova Yu. B., et al. // Morskoy Biologicheskiy Zhurnal [Marine Biological Journal]. – 2018. – V. 3. – No. 2. – P. 64-72. https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.2.05 [in Russian]

11. Melnikov V. V. Istoricheskaya baza dannykh po morskoi biolyuminestsentsii [Historical Database on Marine Bioluminescence] / Melnikov V. V., Melnik A. V., Melnik L. A. et al. // Sistemy kontrolia okruzhayushchey sredy [Environmental Control Systems]. – 2018. – Issue. 12 (32). – P. 44-51. https://elibrary.ru/item.asp?id=35629189 [RSCI 0.099] [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.011

БОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОЧИЩА «КОПТЕВ ОВРАГ» (КРАСНОГЛИНСКИЙ РАЙОН, Г. САМАРА)

Научная статья

Митрошенкова А.Е.[1], Ильина В.Н.[2, *]
[1] ORCID: 0000-0001-9683-5827;
[2] ORCID: 0000-0002-6692-2580;
[1, 2] Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия

* Корреспондирующий автор (5iva[at]mail.ru)

Аннотация

Приводятся данные о проведённых научных исследованиях фиторазнообразия растительных сообществ в урочище «Коптев овраг» в Красноглинском районе г. Самары. Рассмотрены вопросы флористического и фитоценотического богатства изученной территории в условиях урбосреды. Выявлено произрастание 216 видов высших сосудистых растений, принадлежащих к 162 родам, 54 семействам и 3 отделам. Почти весь природный комплекс покрыт лесом – основные ассоциации представлены дубравами и кленовниками. Зарегистрировано 11 редких видов растений.

Ключевые слова: фиторазнообразие, лесные сообщества, флора, урочище Коптев овраг, г. Самара.

BOTANICAL CHARACTERISTIC OF THE NATURAL LIMIT “KOPTEV RAVINE” (KRASNOGLINSKY DISTRICT, SAMARA)

Research article

Mitroshenkova A.E.[1], Ilyina V.N.[2, *]
[1]ORCID: 0000-0001-9683-5827;
[2]ORCID: 0000-0002-6692-2580;
[1, 2] Samara State University of Social Sciences and Education, Samara, Russia

* Corresponding author (5iva[at]mail.ru)

Abstract

The paper contains data on the scientific research of phyto-diversity of plant communities in the natural limit “Koptev ravine” in the Krasnoglinsk district of Samara. The issues of floristic and phytocenotic diversity of the studied territory under the conditions of the urban environment are considered. The growth of 216 species of higher vascular plants belonging to 162 genera, 54 families and 3 divisions is revealed. Nearly the entire natural complex is covered with forest whereas the main associations are represented by oak forests and maple trees. 11 rare plant species are registered.

Keywords: phyto-diversity, forest communities, flora, natural limit Koptev ravine, Samara.

Введение

В современный период активного воздействия человека на природу, лесные сообщества испытывают все возрастающие нагрузки в результате интенсивного их освоения, пожаров и воздействия локального и регионального промышленного загрязнения. Особую тревогу вызывает состояние лесов пригородных зон крупных промышленных центров, к которым относится и г. Самара. В связи с этим целью исследования является проведение флористического и геоботанического изучения урочища «Коптев овраг». Среди задач исследования следует отметить определение его видового и фитоценотического разнообразия, а также современного состояния природного объекта.

Большая часть городской территории (г. Самара) размещается в междуречье Волги и ее левых притоков – Самары и Сока. Возвышенный левый берег р. Волги сильно расчленен глубокими оврагами, что придает местности характер настоящих гор. Высота Сокольих гор невелика, она не превышает 300 м. Сокольи горы представляют собой возвышенную территорию, занимающую площадь около 180 кв. км. Они простираются вдоль русла р. Волги на 15 км, от устья р. Сок до Лысой горы (Студеного оврага) и вглубь вверх по течению р. Сок на 12 км, где они переходят в более низкие Сокские горы [5]. Сокольи горы сложены серыми известняками средне карбонового возраста, мощностью от 40 до 46 м. Главной породой являются доломиты, которые сочетаются с пластами ангидритов и гипса. Осыпи сложены рухляком карбонатных пород, зернами кварца, глауконита и пирита. Отложения неогена в Сокольих горах представлены глинами, песками и суглинками озер и речных наносов. Эти слои неравномерны, их мощность колеблется от 5 до 25 м. Четвертичная система представлена глинами и суглинками, часто нарушенными эрозионными процессами [7]. На различных элементах рельефа Сокольих гор сформировались серые лесные почвы (занимают округлые вершины гор и курганов). Они чередуются с оподзоленными выщелоченными черноземами в основном легкого механического состава, которые покрывают нижние части склонов вплоть до подошвы гор. Значительное место в почвенном покрове принадлежит маломощным остаточно-карбонатным щебнистым черноземам (расположены на наиболее крутых склонах). Вследствие смыва здесь повсеместно наблюдается выход на поверхность обломков камня и щебня [14].

Методы и принципы исследования

Полевые исследования растительного покрова проводились нами в 2018-19 гг. В природе осуществлялся сбор гербарного материала, составлялись подробные флористические списки и проводились полевые описания растительных сообществ. Изучение растительных сообществ осуществляли по общепринятым методикам [1], [2], [3].

При изучении почв были использованы данные, имеющиеся в справочных пособиях [17], [18]. При описании растительности обязательно указывали влияние на неё хозяйственной деятельности человека. Наряду с описанием пробных площадей и описанием местоположения производили также описание геоботанических профилей. В камеральный период анализировались собранные данные, проводилось уточнение видовой принадлежности растений, и анализировались более ранние гербарные сборы. Определение растений проводилось по определителям [11], [15], [20].

Основные результаты

Урочище «Коптев овраг» находится в пределах Красноглинского района г. Самары. Коптев овраг прорезывает крутые береговые склоны Сокольих гор и открывается своим устьем в левобережную долину р. Волги. Это один из наиболее крупных оврагов. Он является началом памятника природы «Сокольи горы и берег Волги между Студёным и Коптевым оврагами» [6]. Главное русло Коптевого оврага тянется с северо-запада на юго-восток более чем на 2 км. Правый склон довольно крутой, угол его наклона меняется от 50^0 в верхней части до 80^0 – в нижней. Левый склон более пологий с углом наклона 45-50^0. Сложены склоны коренными породами и имеют хорошо сохранившуюся естественную растительность. На днище оврага имеется грунтовая дорога (шириной 6 м) ведущая к пристани «Роса», и протекает постоянный водоток, который меандрирует то вдоль правого, то вдоль левого склона оврага и сохраняется в течение всего года. Доминирующим типом растительности оврага являются широколиственные леса. В составе древостоя заметен *Quercus robur* L. Отмечены деревья в возрасте 80-100 лет. Однако наиболее старовозрастные деревья находятся в угнетенном состоянии, суховершинят и нередко выпадают из древостоя. Значение вида – эдификатора приобретает *Acer platanoides* L., хорошо размножающийся как семенным, так и порослевым способом. Деревья достигают высоты 18-22 м, диаметр их стволов составляет до 40 см. Дубово-кленовые сообщества характеризуются развитым подлеском, кустарники покрывают местами до 50% поверхности почвы. Значительное место в лесных сообществах принадлежит *Tilia cordata* Mill. На увлажненных местообитаниях она выходит на первый план и определяет характер древостоя. Роль *Populus tremula* L., *Ulmus laevis* Pall., *Betula pendula* Roth незначительна. Обычно они встречаются в виде примеси. Непосредственно к бровке правого склона Коптевого оврага примыкают гаражные строения пос. Управленческий. Поэтому здесь ощущается сильное влияние антропогенного фактора (нередки свалки мусора, старого кирпича, металлолома и т.д.). Бровка служит своеобразной буферной зоной между трансформированной и естественной растительностью. По бровке произрастают заросли *Ulmus pumila* L., *Cerasus fruticosa* Pall. и *Amygdalus nana* L., среди которых встречаются единичные экземпляры *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klask. Очень часто эти кустарники бывают оплетены короткокорневищной многолетней лианой – *Humulus lupulus* L. Из травянистых растений встречаются *Allium oleraceum* L., *Asparagus officinalis* L., *Cichorium intybus* L., *Arctium lappa* L., *Achillea millefolium* L., *Cuscuta europaea* L., *Convolvulus arvensis* L., *Calystegia sepium* (L.) R.Br., *Erodium cicutarium* (L.) L'Her., *Geum urbanum* L. и *Stellaria media* (L.) Vill. На заросших кучах мусора можно встретить *Tussilago farfara* L., *Taraxacum officinale* Wigg. s. 1. и *Matricaria perforata* Merat. Далее происходит постепенный переход к сообществам с преобладанием *Prunus spinosa* L. и *Rhamnus cathartica* L. с примесью *Padus avium* Mill. и *Crataegus sanguinea* Pall. Среди них имеются единичные деревья *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L. и *Acer tataricum* L.

Правый склон Коптевого оврага имеет северную экспозицию. Длина правого склона 137 м. Здесь было описано 2 сообщества сменяющие друг друга вниз по склону: Дубрава липово-снытевая и Кленовник лещиново-осоковый.

В целом для оврага характерно 4 типа лесных сообществ: Дубрава липово-снытевая (*Quercus robur – Tilia cordata – Aegopodium podagraria*), Кленовник лещиново-осоковый (*Acer platanoides – Corylus avellana – Carex rhizina*), Дубрава бересклетово-разнотравная (*Quercus robur – Euonymus verrucosa* – разнотравье), Дубрава караганово-разнотравная (*Quercus robur – Caragana frutex* – разнотравье).

При изучении растительных сообществ урочища «Коптев овраг» значительное внимание было уделено инвентаризации их видового состава. В результате обработки полученных материалов установлено, что флора изученной территории представлена 216 видами высших сосудистых растений. Они принадлежат к 162 родам, 54 семействам и 3 отделам. Названия систематических групп приводятся по системе, принятой во «Флоре…» [21]. Наименования видов даны в соответствии с флористической сводкой С.К. Черепанова [23].

Соотношение крупных таксономических групп показывает, что наибольшее число видов (210; 97,2%) насчитывает отдел MAGNOLIOPHYTA, из них 180 видов (83,3%) являются представителями класса Magnoliopsida и 30 видов (13,9%) относятся к классу Liliopsida. Цветковые растения относятся к 50 семействам и 158 родам.

Отдел EQUISETOPHYTA содержит одно сем. Equisetaceae, представленное 1 родом и 3 видами: *Equisetum hyemale* L., *Equisetum pratense* Ehrh. и *Equisetum sylvaticum* L. Отдед POLYPODIOPHYTA содержит 3 семейства по одному виду в каждом. Сем. Onocleaceae представлено *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. Сем. Aspidiaceae – *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. Сем. Hypolepidaceae – *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.

Довольно высокая степень устойчивости флоры отмечается у следующих семейств: Asteraceae (24 вида), Fabaceae (20 видов), Rosaceae (20 видов), Poaceae (14 видов), Lamiaceae (10 видов), Apiaceae (11 видов), Ranunculaceae (9 видов), Caryophyllaceae (9 видов), Brassicaceae (8 видов). В этих семействах зарегистрировано в сумме 125 видов (57,9%). Остальные 41 семейство представлено меньшим количеством видов (всего 91 таксон).

Наиболее многочисленную группу среди жизненных форм растений [19] здесь составляют травянистые многолетники (поликарпики) – 155 видов (71,8%).

В них довольно существенная роль принадлежит корневищным (58 видов; 26,9%), стержнекорневым (27 видов; 12,5%), длиннокорневищным (25 видов; 11,7%) и короткокорневищным (19 видов; 8,9%) растениям. Кистекорневые (3 вида; 1,4%), корнеотпрысковые (3 вида; 1,4%), клубнекорневые (9 видов; 4,2%), луковичные (5 видов; 2,3%) и дерновинные формы, включая рыхлодерновинные (3 вида; 1,4%) и густодерновинные (3 вида; 1,4%) также характерны для флоры изученного урочища. На деревья, кустарники и полукустарники приходится 35 видов или

16,4%. Монокарпики, в сумме составляют 26 видов или 12,2%. Однолетники представлены 12 видами (5,6%), двулетники – 14 видами растений (6,6%).

Проведённый эколого-фитоценотический анализ видового состава [4] показывает доминирование лесной (72 вида; 33,3%) и лесостепной (56 видов; 26,2%) группы растений. Это объясняется характером исследуемой местности, расположенной в пригородных лесах г. Самары и входящих в лесостепную природную зону.

Большой процент (15,9%; 34 вида) из состава флоры приходится на лугово-лесные растения, которые хорошо приспособлены к опушечным местообитаниям. В сложении растительного покрова немаловажная роль принадлежит луговым видам (26 видов; 12,1%), что объясняется наличием в Коптевом овраге лесных полян и опушек. Одинаковым количеством (по 10 видов, 4,7%) представлены лугово-степная и степная группы. Лугово-болотная и прибрежно-водная эколого-фитоценотические группы содержат по 1 виду (0,5%) и встречаются лишь там, где имеются соответствующие экологические условия. 6 видов сорной группы (2,8%) зарегистрированы вдоль дороги, проходящей по дну Коптевого оврага, ведущей на пристань.

Экологический анализ состава растений по отношению к водному режиму [10] выявил наличие 7 экологических групп растений. Из них преобладают мезофиты – 156 видов, что составляет 72,2% от общего видового состава. Доминирование растений мезофитного характера свидетельствует о преобладании в Коптевом овраге достаточно увлажнённых местообитаний. Промежуточные экологические группы мезо-ксерофитов и ксеро-мезофитов представлены примерно одинаковым количеством видов (20 видов, 9,3% и 22 вида, 10,3% соответственно). Гигро-мезофиты содержат 9 видов растений (4,2%) и встречаются главным образом вдоль водотока на дне оврага. Там же можно встретить 4 вида гигрофитов (1,9%) и 1 вид мезо-гигрофитов (0,5%). Небольшим числом видов представлена группа ксерофитов (4 вида, 1,9%), так как эти растения мало приспособлены к данным условиям местообитания.

Ресурсный потенциал флоры урочища «Коптев овраг» показал принадлежность изученных растений к 21 группе по ресурсному и хозяйственному значению. Среди них преобладают лекарственные виды (115 таксонов). Также значительным числом представлены медоносные (97 видов), кормовые (75 видов), декоративные (62 вида) растения. Красильные (34), пищевые (36) и ядовитые (37) растения представлены меньшим количеством видов. От 11 до 27 видов растений содержат такие группы как эфирномасличные (20), дубильные (27), пыльценосные (21), поделочные (11), технические, в т.ч. текстильные (13), витаминоносные (19), пряные (15) и сорные (18). Остальные группы представлены количеством от 1 до 9 видов.

В результате проведённых исследований флоры выявлено 11 видов раритетных растений [8], [9], что составляет 5,09% от общего числа их флоры. Это: *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Euphorbia uralensis* Fisch. Ex Link, *Crataegus volgensis* Pojark., *Fritillaria ruthenica* Wikstr., *Tulipa quercetorum* Klok. et Zoz, *Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub, *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Lychnis chalcedonica* L., *Laser trilobum* (L.) Borkh., *Festuca altissima* All., *Bupleurum longifolium* L. subsp. aureum (Fisch. ex Hoffm.) Soo (*B. aureum* Fisch. ex Hoffm.).

Влияние различной хозяйственной деятельности человека на флору и растительность природного комплекса «Коптев овраг» отличается интенсивностью и разнообразием: рубка деревьев и кустарников; проведение земляных работ; несанкционированные свалки мусора; постоянная и интенсивная эксплуатация дороги на днище оврага; непосредственное уничтожение человеком отдельных видов растений (в основном редких и лекарственных представителей). Полное разрушение структуры растительных сообществ происходит в случае проведения земляных работ, прокладки дорог и т.д. Лесные, луговые и степные растительные сообщества урочища «Коптев овраг» отличаются друг от друга своей реакцией на воздействие антропогенного фактора. Наиболее заметно отрицательное воздействие хозяйственной деятельности человека сказывается на степной растительности. Несколько большей устойчивостью характеризуются луговые и лесные фитоценозы исследуемой территории.

Заключение

В настоящее время территория Коптевого оврага сохранила флористическое и фитоценотическое разнообразие. Флора объекта представлена 216 видами высших сосудистых растений, которые принадлежат к 162 родам, 54 семействам и 3 отделам. Фитоценозы представлены типичными для региона сообществами, в основном это дубравы, однако зачастую их современное состояние вызывает опасение ввиду трансформации при рекреации и загрязнении.

Антропогенное воздействие на фитоценозы урочища «Коптев овраг» в целом искажает и замедляет естественный процесс флорогенеза, что негативно может отразиться на флористическом разнообразии данной территории. Избежать потери ценных природных объектов можно лишь при условии, что в его пределах не будет продолжаться строительство новых предприятий и жилых зданий, а тем более создание свалок. На данной территории необходимо ограничить хозяйственную деятельность.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Алёхин В. В. Методика полевых ботанических исследований / В. В. Алёхин. – М.: Наука, 1987. – 218 с.
2. Быков Б. А. Геоботаника / Б. А. Быков. – Алма-Ата: АН КазССР, 1957. – 382 с.
3. Воронов А. Г. Геоботаника / А. Г. Воронов. – М.: Высшая школа, 1973. – 384 с.
4. Горышина Т. К. Экология растений / Т. К. Горышина. – М.: Высшая школа, 1979. – 310 с.
5. Захаров А. С. Рельеф Куйбышевской области / А. С. Захаров. – Куйбышев: Кн. изд-во, 1971. – 85 с.
6. «Зеленая книга» Поволжья: Охраняемые природные территории Самарской области. – Самара: Кн. изд-во, 1995. – 352 с.

7. Иванов А. М. Геологическое строение Куйбышевской области / А. М. Иванов, К.В. Поляков. – Куйбышев, 1960. – 82 с.

8. Красная книга Российской Федерации (растения). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

9. Красная книга Самарской области: в 2 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара, 2017. – Т. 1: Редкие виды растений и грибов. – 378 с.

10. Культиасов И. М. Экология растений / И. М. Культиасов. – М.: Изд. МГУ, 1982. – 359 с.

11. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части СССР / П.Ф. Маевский. – М: Колос, 1964. – 880 с.

12. Методы выделения растительных ассоциаций / Под ред. В. Д. Александровой. – Л.: Наука, 1971. – 256 с.

13. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 240 с.

14. Носин В. А. Почвы Куйбышевской области / В. А. Носин, И. П. Агафодоров, В. П. Крылов, Б. А. Ситников. – Куйбышев: ОРГИЗ, 1949. – 382 с.

15. Определитель растений Среднего Поволжья / Под ред. В. В. Благовещенского. – Л.: Наука, 1984. – 391 с.

16. Полевая геоботаника / Под ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагиной. – М.-Л.: Из-во АН СССР, Ленингр. отд., 1959. – Т. 1. – 436 с.

17. Почвы Куйбышевской области / Отв. ред. Г. Г. Лобов. – Куйбышев: Кн. изд-во, 1984. – 392 с.

18. Почвы СССР / Под ред. Т. В. Афанасьева, В. И. Васильченко, Т. В. Терешиной, Б. В. Шеремет. – М.: Мысль, 1979. – 380 с.

19. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И. Г. Серебряков / Полевая геоботаника. – М.-Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – С. 146–205.

20. Терехов А. Ф. Определитель весенних и осенних растений Среднего Поволжья и Заволжья / А.Ф. Терехов. – Куйбышев: Куйбыш. кн. изд-во, 1969. – 464 с.

21. Флора европейской части СССР. – Л: Наука, 1974–1996. – Т. 1-12.

22. Флора СССР / Под ред. В. Л. Комарова. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1934–1960.

23. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alokhin V. V. Metodika polevykh botanicheskikh issledovaniy [Methods of field botanical research] / V. V. Alokhin. – M.: Nauka, 1987. – 218 p. [in Russian]

2. Bykov B. A. Geobotanika [Geobotany] / B. A. Bykov. – Alma-Ata: AN KazSSR, 1957. – 382 p. [in Russian]

3. Voronov A. G. Geobotanika [Geobotany] / A. G. Voronov. – M.: Vysshaya shkola, 1973. – 384 p. [in Russian]

4. Goryshina T. K. Ekologiya rasteniy [Ecology of plants] / T. K. Goryshina. – M.: Vys-shaya shkola, 1979. – 310 p. [in Russian]

5. Zakharov A. S. Rel'yef Kuybyshevskoy oblasti [Relief of the Kuibyshev region] / A. S. Zakharov. – Kuybyshev: Kn. izd-vo, 1971. – 85 p. [in Russian]

6. «Zelenaya kniga» Povolzh'ya: Okhranyayemyye prirodnyye territorii Samarskoy oblasti [The Green Book of the Volga Region: Protected natural areas of the Samara region]. – Samara: Kn. izd-vo, 1995. – 352 p. [in Russian]

7. Ivanov A. M. Geologicheskoye stroyeniye Kuybyshevskoy oblasti [Geological structure of the Kuibyshev region] / A. M. Ivanov, K.V. Polyakov. – Kuybyshev, 1960. – 82 p. [in Russian]

8. Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya) [The Red Book of the Russian Federation (plants)]. – M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. – 855 p. [in Russian]

9. Krasnaya kniga Samarskoy oblasti [The Red Book of the Samara Region]: v 2. – 2-nd edition., revised and enlarged edition. – Samara, 2017. – V. 1: Redkiye vidy rasteniy i gribov [Rare species of plants and mushrooms]. – 378 p. [in Russian]

10. Kul'tiasov I. M. Ekologiya rasteniy [Ecology of plants] / I. M. Kul'tiasov. – M.: Izd. MGU, 1982. – 359 p. [in Russian]

11. Mayevskiy P. F. Flora sredney polosy yevropeyskoy chasti SSSR [Flora of the middle band of the European part of the USSR] / P.F. Mayevskiy. – M: Kolos, 1964. – 880 p. [in Russian]

12. Metody vydeleniya rastitel'nykh assotsiatsiy [Methods for isolating plant associations] / Edited by. V. D. Aleksandrovoy. – L.: Nauka, 1971. – 256 p. [in Russian]

13. Metody izucheniya lesnykh soobshchestv [Methods of studying forest communities]. – SPb.: NII Khimii SPbGU, 2002. – 240 p. [in Russian]

14. Nosin V. A. Pochvy Kuybyshevskoy oblasti [Soils of the Kuibyshev region] / V. A. Nosin, I. P. Agafodorov, V. P. Krylov, B. A. Sitnikov. – Kuybyshev: ORGIZ, 1949. – 382 p. [in Russian]

15. Opredelitel' rasteniy Srednego Povolzh'ya [Key to plants of the Middle Volga] / Pod red. V. V. Bla-goveshchenskogo. – L.: Nauka, 1984. – 391 p. [in Russian]

16. Polevaya geobotanika [Field geobotany] / Pod red. Ye. M. Lavrenko, A. A. Korchaginoy. – M.-L.: Iz-vo AN SSSR, Leningr. otd., 1959. – V. 1. – 436 p. [in Russian]

17. Pochvy Kuybyshevskoy oblasti [Soils of the Kuibyshev region] / editor. G. G. Lobov. – Kuybyshev: Kn. izd-vo, 1984. – 392 p. [in Russian]

18. Pochvy SSSR [Soil of the USSR] / edited by. T. V. Afanas'yeva, V. I. Vasil'chenko, T. V. Tereshinoy, B. V. Sheremet. – M.: Mysl', 1979. – 380 p. [in Russian]

19. Serebryakov I. G. Zhiznennyye formy vysshikh rasteniy i ikh izucheniye [Life forms of higher plants and their study] / I. G. Serebryakov / Polevaya geobotanika [Field geobotany]. – M.-L.: Nauka, 1964. – V. 3. – P. 146–205. [in Russian]

20. Terekhov A. F. Opredelitel' vesennikh i osennikh rasteniy Sredne-go Povolzh'ya i Zavolzh'ya [Key to spring and autumn plants of the Middle Volga and Trans-Volga] / A.F. Terekhov. – Kuybyshev: Kuybysh. kn. izd-vo, 1969. – 464 p. [in Russian]

21. Flora yevropeyskoy chasti SSSR [Flora of the European part of the USSR]. – L: Nauka, 1974–1996. – V. 1-12.

22. Flora SSSR [Soil of the USSR] / Pod red. V. L. Komarova. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1934–1960.

23. Cherepanov S. K. Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)] / S.K. Cherepanov. – SPb.: Mir i se-m'ya, 1995. – 992 p. [in Russian]

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.012

НАБЛЮДЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ С САМОЛЕТА В ПРОЕКТЕ DELICAT

Научная статья

Федорова О.В.[1, *], Мамонтов А.Е.[2], Коваль О.А.[3]

[1, 2, 3] Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (ovfedorova[at]mail.ru)

Аннотация

Основной задачей проекта DELICAT (DEmonstration of LIdar based CAT detection) была проверка новой возможности заблаговременного обнаружения областей турбулентности ясного неба с целью повышения безопасности полетов. Было предложено решать эту задачу путем регистрации интенсивности обратного рассеяния лазерного излучения при помощи установленного на борту самолета специально разработанного лидара, работающего в ультрафиолетовом диапазоне длин волн. Летные испытания проводились в период с 17 июля по 12 августа 2013 г. над западной частью Европы и прилегающими морскими территориями. В большинстве случаев вдоль трасс полета присутствовали аэрозольные скопления различной мощности и/или области турбулентности. В этой работе мы приводим базу данных, иллюстрирующую полученные результаты, в виде набора двумерных пространственно-временных изображений, описывающих наблюдения в выделенных интервалах времени (зонах), где измерения наиболее надежны. Эта база будет служить основой для отбора пространственно-временных интервалов для более детального изучения полученных данных.

Ключевые слова: проект DELICAT, лидар, аэрозоль, турбулентность ясного неба, молекулярное рассеяние.

OBSERVATIONS OF ATMOSPHERIC AEROSOL FROM PLANE IN THE DELICAT PROJECT

Research article

Fedorova O.V.[1, *], Mamontov A.E.[2], Koval O.A.[3]

[1, 2, 3] A. M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* Corresponding author (ovfedorova[at]mail.ru)

Abstract

The main objective of DELICAT (DEmonstration of LIdar based CAT detection) project was to test a new way of early detection of clear sky turbulence areas in order to increase flight safety. It was proposed to solve this problem by recording the intensity of backscattering of laser radiation with a specially designed lidar mounted on board the aircraft operating in the ultraviolet wavelength range. Flight tests were carried out from July 17 to August 12, 2013 over the western part of Europe and adjacent maritime territories. In most cases, aerosol clusters of various thicknesses and/or turbulence areas were detected along the flight paths. In this work, we present the database illustrating the results obtained in the form of a set of two-dimensional spatial and temporal images describing observations in selected time intervals (zones), where the measurements are most reliable. This base will serve as the foundation for the selection of spatial and temporal intervals for a more detailed study of the data.

Keywords: DELICAT project, lidar, aerosol, clear sky turbulence, molecular scattering.

Введение

Проект DELICAT (DEmonstration of LIdar based Clear Air Turbulence detection) был нацелен на решение одной из важных задач авиационной безопасности – заблаговременного обнаружения впереди по курсу самолета областей турбулентности ясного неба [1], [2]. Выполнение проекта началось в 2009 г., летные испытания проводились летом 2013 г. Это европейский международный проект, основными участниками которого являются: Thales Avionics (международная промышленная группа, выпускающая информационные системы для авиакосмического, военного и морского применения); CNRS (Centre national de la recherche scientifique), Франция; DLR (немецкий аэрокосмический центр), Германия; Hovemere, Великобритания; Meteo France, Франция; NLR (нидерландский аэрокосмический центр), Нидерланды; ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aerospatiales), Франция; INOE 2000 (National Institute for Research and Development in Optoelectronic), Румыния; Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Россия; Laser Diagnostic Instruments, Эстония; Варшавский университет, Польша; EADS (Innovation Works), Германия. Сотрудники Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН участвовали в проекте как на этапе планирования, так и в процессе обработки и интерпретации данных (см. [3, С. 19-32], [4], [5]).

Подробное описание деталей реализации проекта дано в отчетах [3], [6], [7] и в работе [9]. Заблаговременное обнаружение областей турбулентности ясного неба – важная практическая задача (далее турбулентность ясного неба будем кратко обозначать CAT – clear air turbulence). CAT возникает на высотах больше 5 км при ясной погоде или при наличии облаков верхнего яруса и не обнаруживается ни визуально, ни метеорадарами. Запас времени после ее обнаружения должен быть достаточным для того, чтобы пассажиры успели пристегнуться, то есть не менее 2-3 минут. Важность этой проблемы подчеркивается тем фактом, что число происшествий, связанных с попаданием самолетов в области атмосферной турбулентности, увеличивается примерно в 3 раза быстрее числа полетов [8, С. 9]. В 40% случаев это турбулентность ясного неба. Число прецедентов попадания самолетов в CAT по разным источникам колеблется от 750 до 1500 в год. Большая их часть не причиняет вреда пассажирам и экипажу, однако авиакомпании

страдают от задержек и перебоев рейсов. Травмируется в год порядка сотни человек, и это становится проблемой также для страховых компаний. К настоящему моменту задача заблаговременного обнаружения CAT еще не нашла удовлетворительного решения.

Авторы проекта DELICAT предложили следующий способ решения задачи: с помощью установленного на борту самолета ультрафиолетового лидара регистрировать интенсивность обратного рассеяния лазерного излучения на достаточно большом расстоянии впереди по курсу и определять наличие области турбулентности по возмущениям этой интенсивности.

Подробное описание лидара можно найти, например, в работе [9]. Его основные характеристики: длина волны 355 нм, длительность импульса 7 нс, частота импульсов 100 Гц, угловая расходимость пучка 0.2 мрад, диаметр приемника 14 см. У лидара 2 приемных канала для ко- и кросс-поляризованного излучения. Минимальное расстояние зондирования 1.5 км, максимальное 15 км, что соответствовало 1 – 1.5 мин полета. Разрешение по расстоянию 5 м. Установлена система зеркал, которая направляет зондирующий луч вперед по курсу самолета. Имеется фильтр, отсекающий солнечное излучение с полосой пропускания 0.5 нм. В летных испытаниях был задействован самолет Cessna-citation-2, принадлежащий нидерландскому аэрокосмическому центру и дооборудованный для работы с установленным в салоне лидаром.

На рисунке 1 показана карта полетов, которые проводились из амстердамского аэропорта Скипхол с 17 июля по 12 августа 2013 года. Полеты происходили над западной частью Европы с Британскими островами и прилегающими морскими территориями. Полеты нумеруются с 1 по 11, в 4-х случаях в один день выполнялись по 2 полета. Полет 1 был тренировочным, его данные неполны и не обрабатывались. В соответствии с задачей проекта полеты проводились в условиях ясной погоды.

Как правило, в отсутствие сбоев аппаратуры непрерывные измерения происходили в интервалах длительностью 695 секунд, далее следовал 5-секундный промежуток без измерений. Для удобства мы присвоили полученным в таких интервалах группам данных короткие условные номера, которые и фигурируют на рисунках 1 и 2.

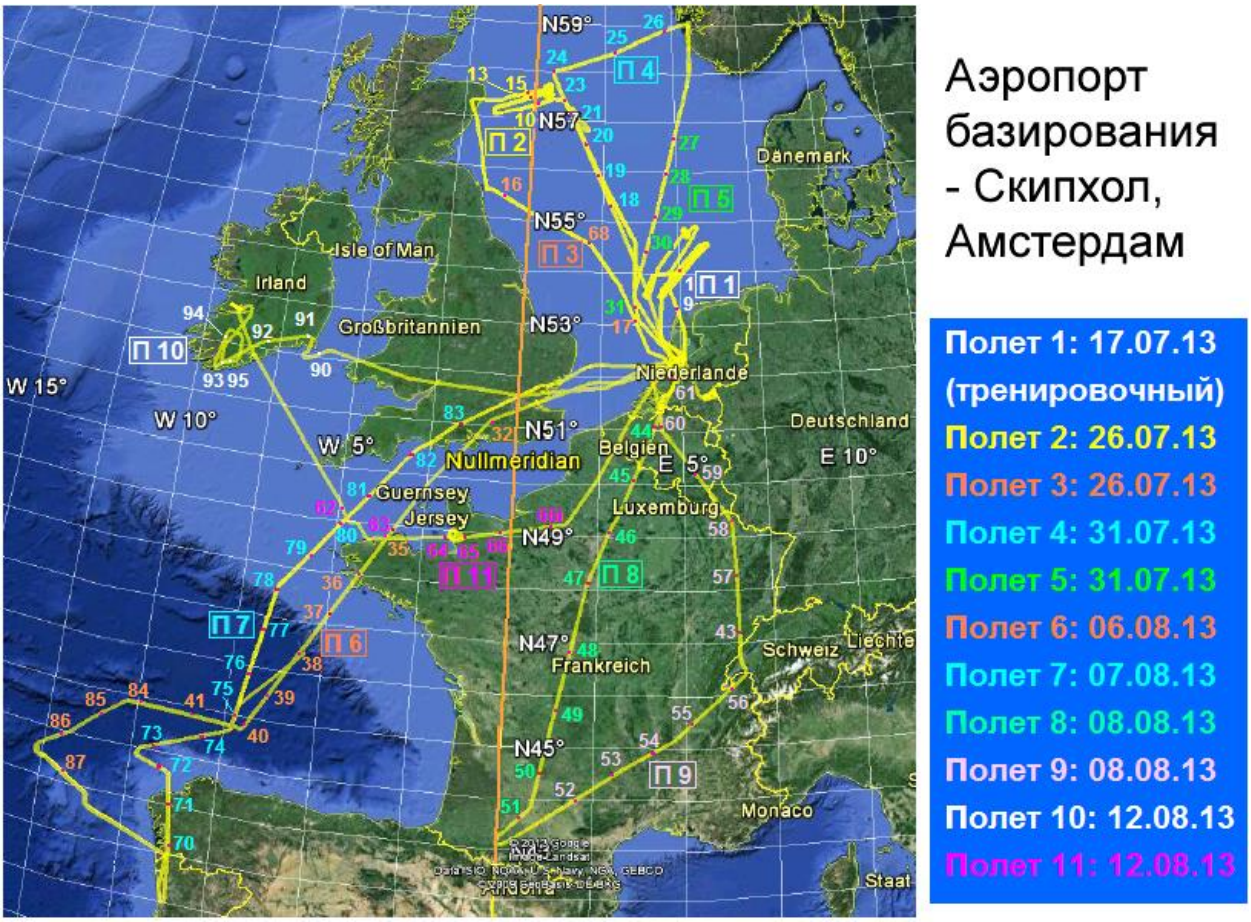


Рис. 1 – Карта полетов проекта DELICAT. Полеты обозначены номерами разного цвета. Цифры рядом с траекториями – условные номера групп данных, поставленные в моменты начала измерений групп

Статистика количества полученных данных по времени измерений:

общее летное время примерно 33 часа;

общая продолжительность измерений для полетов с 2 по 11 – почти 16 часов;

суммарная продолжительность измерений в так называемых зонах ~ 6 часов (зоны – выделенные участки траекторий, в которых незначительно менялись высота и направление полета, а также достаточно надежно работала система компенсации отклонений зондирующего луча от направления полета, то есть интервалы наиболее надежных измерений);

общий объем полученных данных ~ 1.1 терабайт.

К данным измерений прилагаются сведения о таких параметрах полета, как высота, углы тангажа, рысканья и крена, вертикальное ускорение, GPS-координаты и воздушная скорость. На рисунке 2 для всех полетов показаны их высоты, был охвачен высотный интервал от 7.5 до почти 12 км. Всего в полетах выделено 30 зон (отмеченных на рисунке голубым цветом), измерения производились в 27 из них.

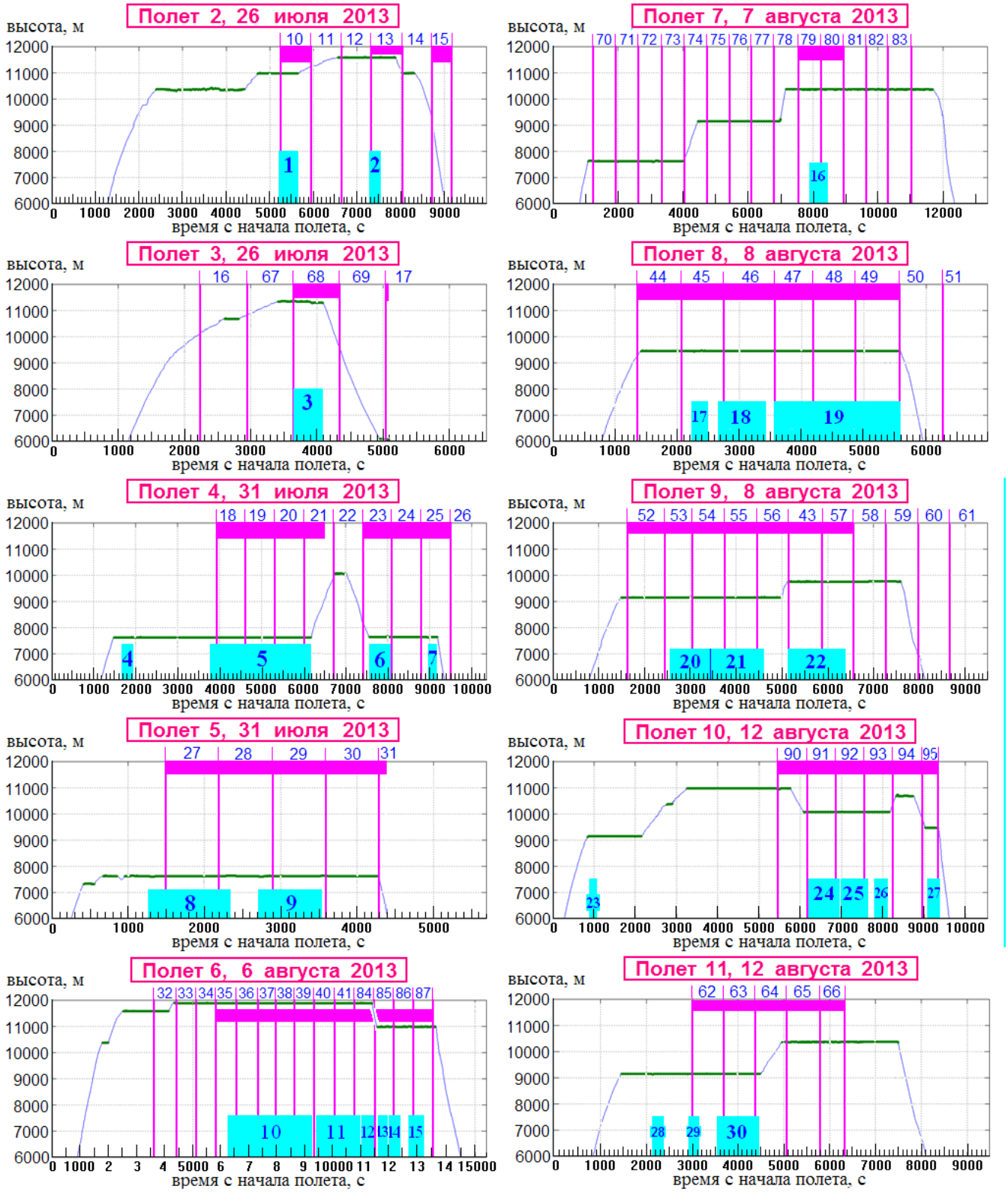


Рис. 2 – Сведения о высотах для всех полетов. На нижней части каждой панели голубым цветом показано положение зон, вверху стоят условные номера групп данных, розовыми прямоугольниками выделены те группы, для которых результаты измерений были нами обработаны

В каждом полете были зарегистрированы заметные возмущения интенсивности обратного рассеяния, которые являются следствием появления на трассе самолета скоплений аэрозоля (мы будем называть их также облаками) и/или

САТ. Следуя основным авторам проекта, мы называем аэрозолем все виды частиц, встречающихся в измерениях – это может быть водный аэрозоль, пылевые частицы и т.д. Задача отождествления типа аэрозоля и строгого отделения его скоплений от областей САТ в данной работе не ставится. Аэрозоль в данном случае выступает в 3-х ролях: 1) как средство для тестирования и валидации процесса измерений, 2) как помеха, вносящая искажения в сведения о возможных областях САТ, 3) как объект изучения, в частности, исследования размеров и пространственно-временной эволюции его скоплений. Самолетных лидарных исследований аэрозоля не так уж много – их обзор можно найти в [5], поэтому полученные в проекте данные представляют большой интерес.

Основная задача этой работы – представить базу данных, демонстрирующую результаты измерений, для последующего детального анализа полученной информации о скоплениях аэрозоля или областях турбулентности. Мы рассматривали главным образом данные, полученные в выделенных зонах и их окрестностях, в наших дальнейших планах – изучение всей имеющейся информации.

Методы и принципы исследования

Наш подход к изучению данных подробно изложен в работах [10] и [11], здесь мы только кратко коснемся методики. Для выделения деталей и рассмотрения пространственной и временной эволюции скоплений довольно эффективным является представление данных измерений в виде двумерной картины, где по оси абсцисс откладывается расстояние от самолета X в километрах, по оси ординат – время t в секундах. Движение самолета в пространстве одномерно, двумерное представление получено следующим образом: данные об интенсивности в момент первого лидарного импульса укладываются на горизонтальную прямую, соответствующую этому моменту времени, для следующего импульса – на следующую прямую и т.д. Интенсивность обратного рассеяния умножается на квадрат расстояния для компенсации расхождения луча. Кроме того, для снижения влияния шума мы усреднили интенсивность по 3-м точкам расстояния и 9-ти временным точкам, что соответствует пространственному разрешению 15 м и временному 0.09 сек. Пример такого представления данных показан на рисунке 3.

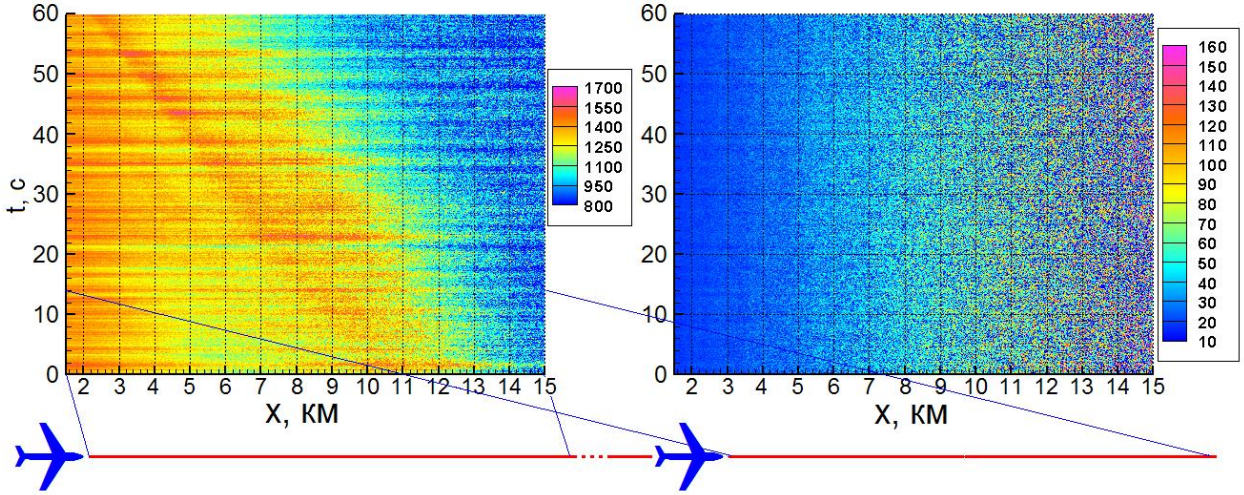


Рис. 3 – Интенсивность обратного рассеяния, умноженная на квадрат расстояния и усредненная по 3-м точкам расстояния и 9-ти временным точкам. Слева – ко-поляризация, справа – кросс-поляризация. Полет 4, 31 июля 2013, часть зоны 5, UTC 11:47:05.66 - 11:48:05.66, высота 7600 м

На рисунке 3 можно видеть, как выглядит в таком представлении облако аэрозоля или область турбулентности (они практически одинаковы). Область повышенной интенсивности смещается влево и вверх по мере приближения к облаку, угол наклона определяется воздушной скоростью самолета. Общее снижение интенсивности с увеличением расстояния от самолета объясняется главным образом молекулярным рассеянием [10]. Интенсивность в канале кросс-поляризации, как правило, существенно меньше, и во многих случаях, как и на данном рисунке, анализ показывает, что в этом канале регистрируются в основном шумы измерений. Далее мы будем рассматривать в основном интенсивность в канале ко-поляризации.

Если в некоторых случаях структура облаков отчетливо видна, то для выявления присутствия слабых скоплений необходимо использовать специальную методику обработки [10]. Эта методика позволяет, с одной стороны, учесть влияние молекулярного рассеяния (вдали от самолета) и аппаратных эффектов (вблизи) путем построения некоторой «кривой чувствительности», и, с другой стороны, в значительной степени избавиться от шума измерений, пронормировав интенсивность на ее среднее значение в некотором выбранном интервале высот. Пример применения такой методики представлен на рисунке 4.

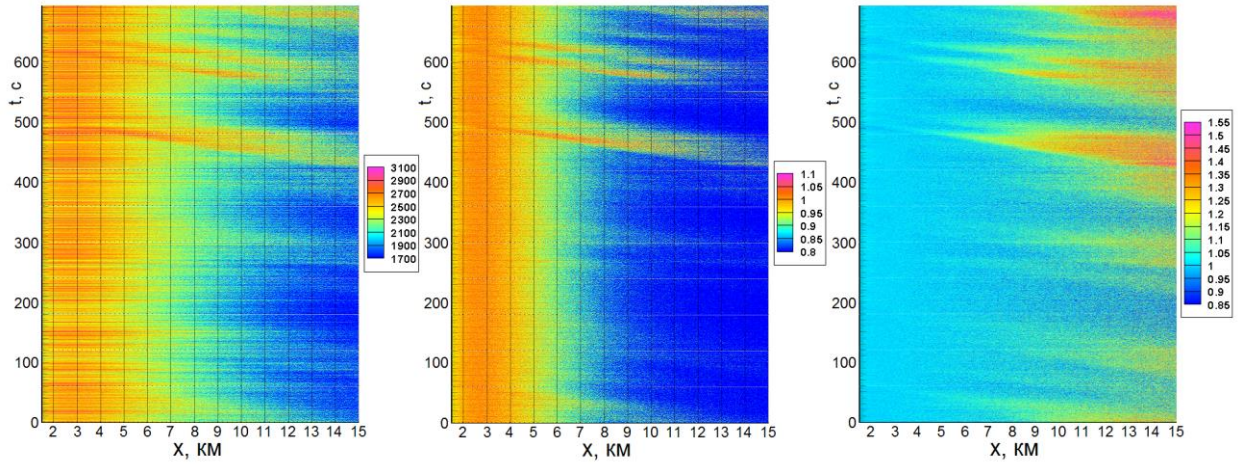


Рис. 4 – Результат обработки данных, позволяющий увидеть тонкую структуру слабых скоплений аэрозоля. Слева – исходные данные, в центре – нормированные на среднее значение интенсивности в интервале [2], [3], [4], км, справа – дополнительно нормированные на «кривую чувствительности». Полет 9, 8 августа 2013, средняя часть зоны 21, UTC 20:08:18.95 - 20:19:53.95, высота 9400 м

Основные результаты

Основным результатом данной работы является совокупность рисунков, представляющих собой двумерные картины распределения интенсивности в зонах и их окрестностях в канале ко-поляризации (за одним исключением). Для краткости будем далее называть представленные данные просто распределением интенсивности. Как и на рисунках 3 и 4, на последующих рисунках с 5-ого по 17-ый представлена интенсивность обратного рассеяния, умноженная на квадрат расстояния от самолета X и усредненная по 3-м точкам расстояния и 9-ти временным точкам, в зависимости от расстояния X и времени t. Для некоторых зон, в которых наблюдались слабые облака, даны результаты обработки по методу выявления слабых деталей, продемонстрированному на рисунке 4. Для зоны 3 показана также картина интенсивности, измеренной в канале кросс-поляризации – для демонстрации одного из случаев практического совпадения наблюдаемых деталей в 2-х каналах. Кроме того, на рисунке 16 показаны данные в интервале вне зон в полете 10, где видно, как выглядят области поворота самолета и изменения высоты.

Как показывает рисунок 2, разным полетам соответствует разное число зон. Для полетов 2, 3, 5, 7, 8, 9, 11 все имеющиеся в них зоны объединены в общем рисунке для каждого полета. Для полетов 4 и 6 данные показаны на 2-х рисунках для каждого из них. Для полета 10 один рисунок дает информацию о зонах, а другой соответствует промежутку между зонами.

На всех рисунках, за исключением рисунка 16, справа от каждой панели голубой линией показана временная протяженность зоны. Если протяженность зоны невелика – меньше длительности записи группы 695 секунд – то, как правило, показана картина интенсивности для большего интервала для представления ситуации до начала зоны и после ее окончания. Время по оси ординат для каждой панели отсчитывается от ее начала (приближенное расположение зон по времени от начала полета, а также соответствующие им высоты см. на рисунке 2, точные временные границы зон приведены в [6]). В случае больших по протяженности зон, не содержащих заметных деталей, рисунки сжаты по вертикали по сравнению с большинством остальных.

Справа от каждой панели указаны цветовые обозначения уровней интенсивности. Обращаем внимание на то, что для разных зон интервалы уровней различны – они подбирались в каждом случае так, чтобы все картины были примерно одинаковой яркости. Различие в средней интенсивности объясняется как реальным изменением условий измерений, так и аппаратурными эффектами (последнее хорошо заметно по ряду случаев резкого изменения интенсивности по ходу измерения, как, например, на рисунках 9 и 15). После каждого рисунка даются краткие комментарии о наличии облаков аэрозоля и/или зон турбулентности.

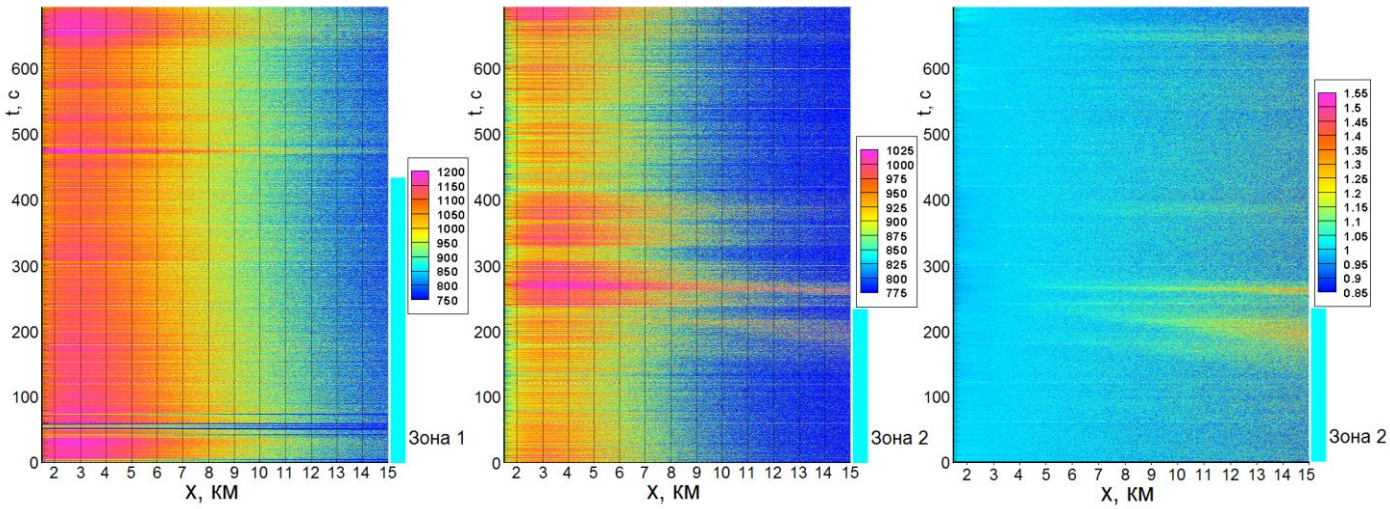


Рис. 5 – Распределение интенсивности для зон 1 (слева) и 2 (в центре). Панель справа показывает результат выделения слабых деталей в зоне 2. Полет 2, 26 июля 2013 г.

В зоне 2 наблюдаются слабые облака, которые исчезают при приближении к самолету.

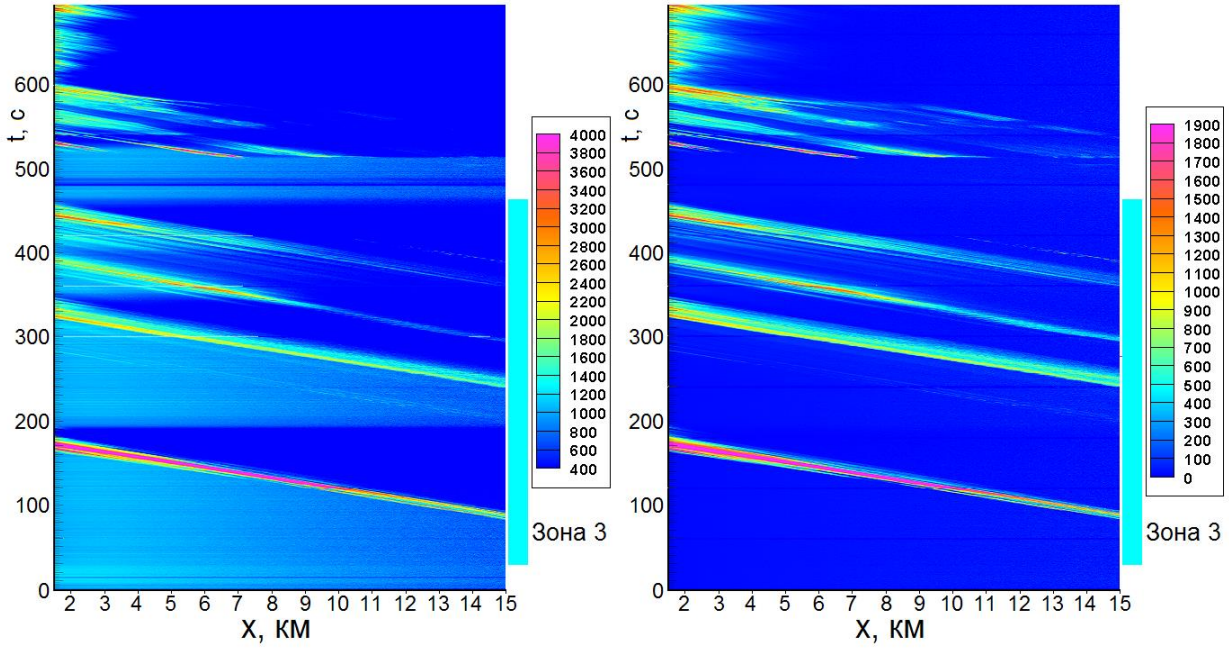


Рис. 6 – Распределение интенсивности для зоны 3 (слева). Панель справа – интенсивность в канале кросс-поляризации. Полет 3, 26 июля 2013 г.

Один из случаев наблюдения сильных облаков, хорошо видимых и в канале кросс-поляризации, что, возможно, объясняется наличием в облаках большого количества несферических частиц [12]. Интересны случаи возникновения деталей при приближении к самолету.

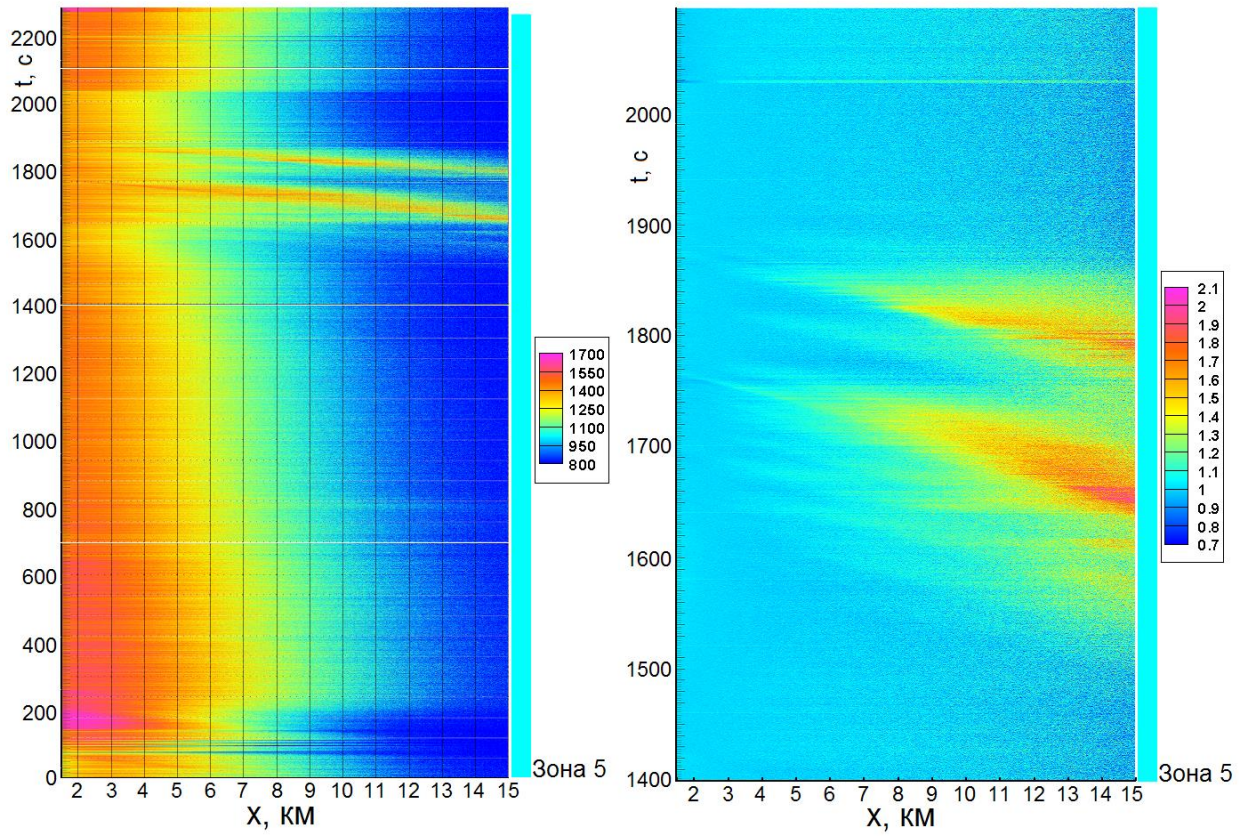


Рис. 7 – Распределение интенсивности для зоны 5 (слева). Панель справа показывает результат выделения слабых деталей для части зоны 5 – интервала времени с 1400 до 2095 секунд. Полет 4, 31 июля 2013 г.

Облачные детали, на левой панели представляющиеся довольно узкими, после обработки демонстрируют сложную структуру, которая, в отличие от предыдущего рисунка, при приближении к самолету теряет интенсивность.

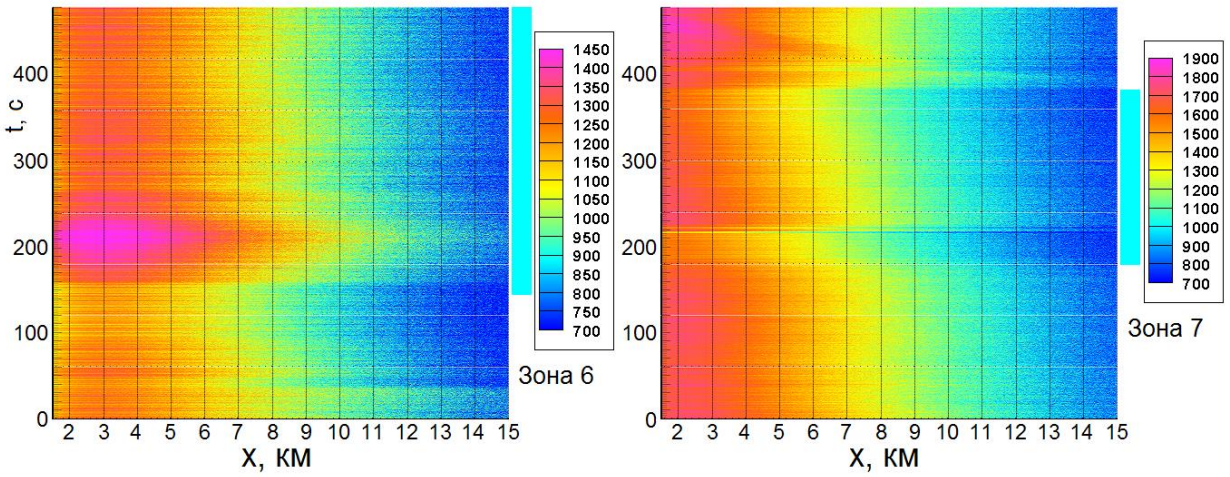


Рис. 8 – Распределение интенсивности для зон 6 (слева) и 7 (справа). Полет 4, 31 июля 2013 г.

Каких-либо деталей в пределах зон не заметно. Выше границы зоны 7 в ходе приближения к самолету возникает облако.

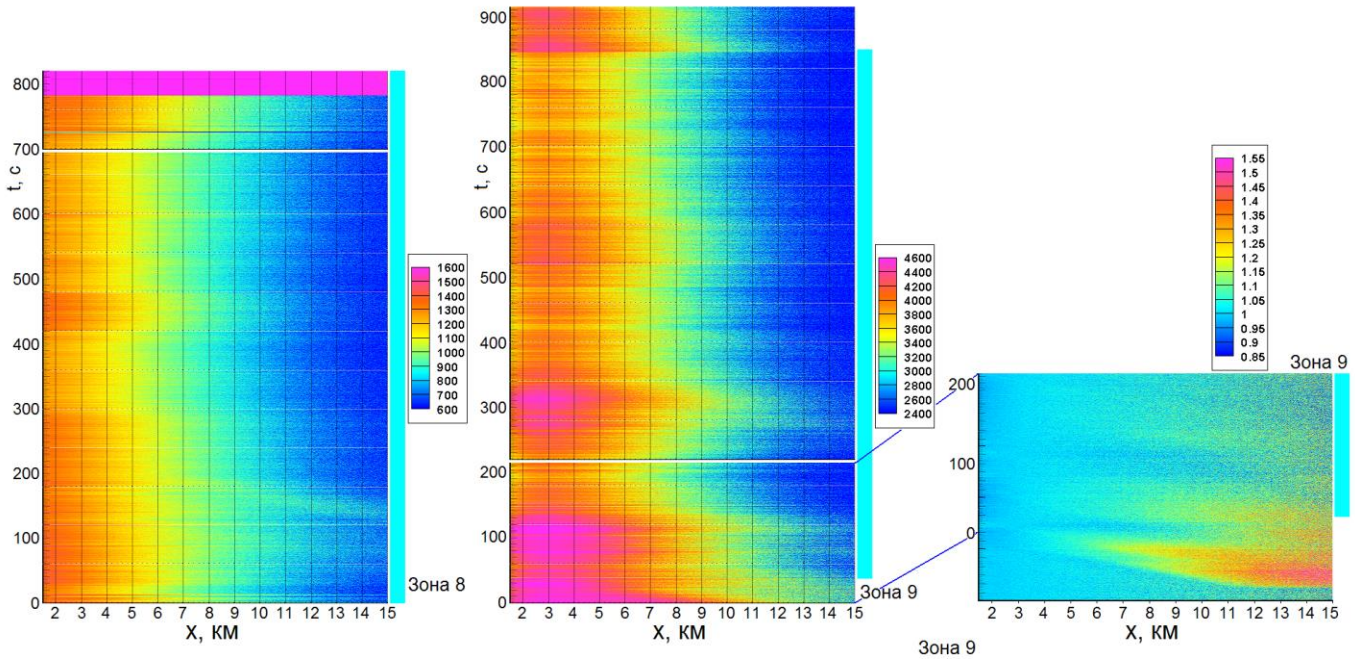


Рис. 9 – Распределение интенсивности для зон 8 (слева) и 9 (в центре). Панель справа показывает результаты выделения слабых деталей для нижней области зоны 9. Полет 5, 31 июля 2013 г.

Наблюдаются слабые облака в зоне 8 и вблизи нижней границы зоны 9. Ниже этой границы наблюдается интересная деталь: внезапное возникновение довольно интенсивного облака, что, как показало наше исследование, нельзя приписать резким изменениям каких-либо параметров полета.

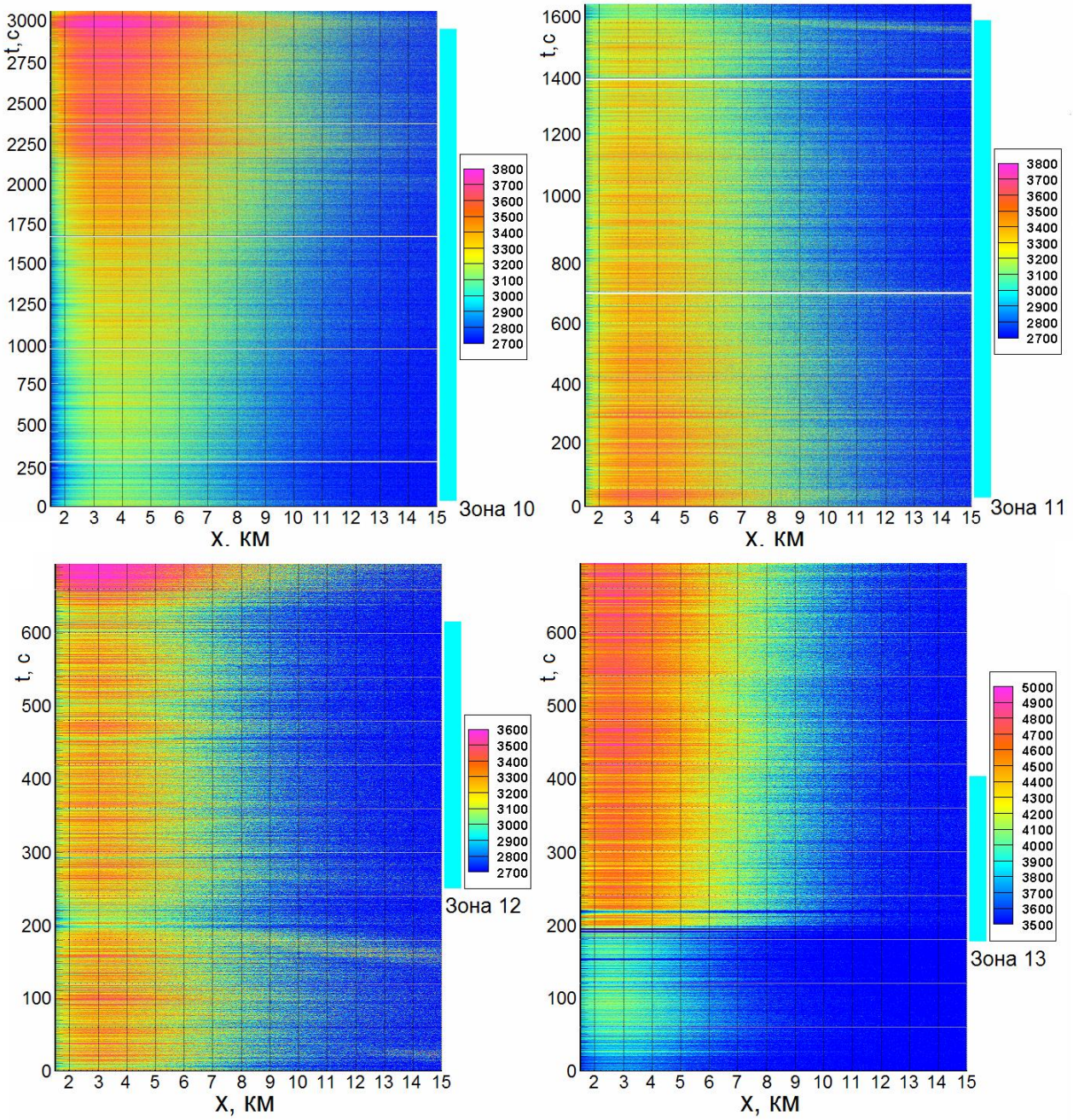


Рис. 10 – Распределение интенсивности для зон 10 (вверху слева), 11 (вверху справа), 12 (внизу слева), 13 (внизу справа). Полет 6, 6 августа 2013 г.

В пределах зон можно заметить только слабую деталь вблизи верхней границы зоны 11. В зоне 10 идет постепенное увеличение средней интенсивности.

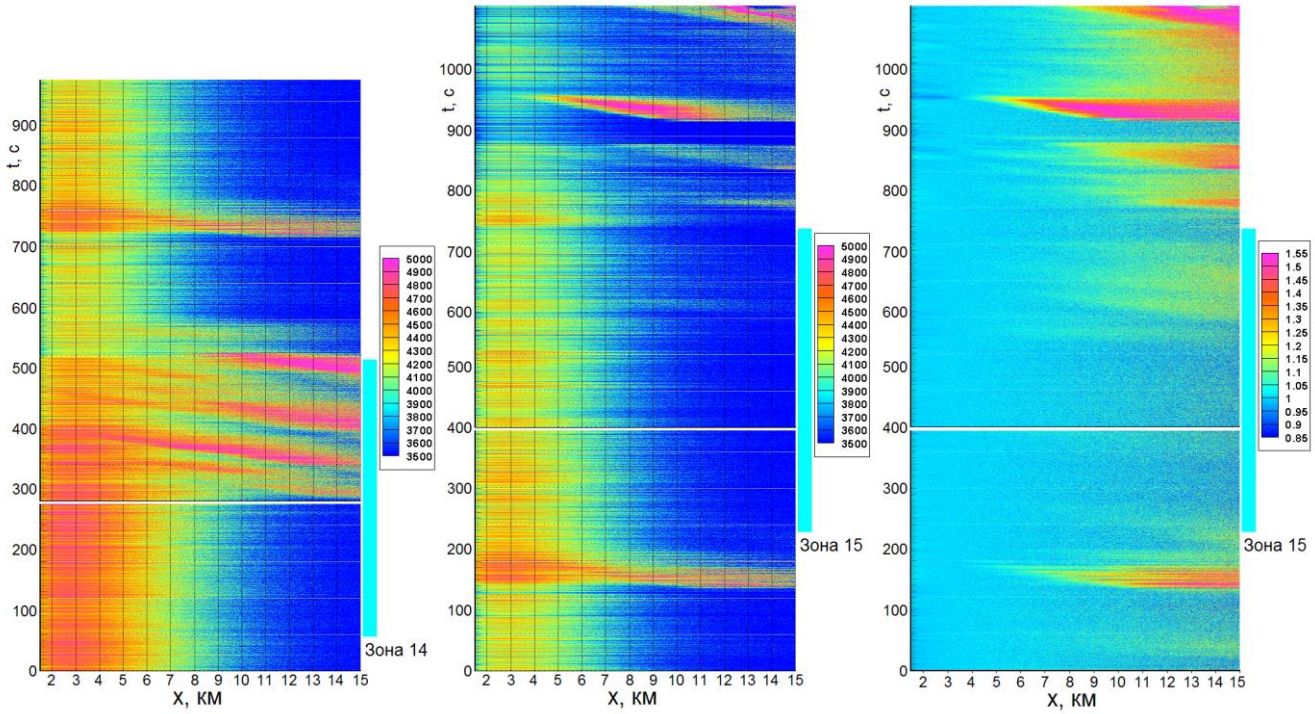


Рис. 11 – Распределение интенсивности для зон 14 (слева) и 15 (в центре). Панель справа показывает результаты выделения слабых деталей для зоны 15. Полет 6, 6 августа 2013 г.

В верхней части зоны 14 наблюдаются довольно интенсивные облака, слабеющие при приближении к самолету. В пределах зоны 15 облака слабые, однако ниже и выше ее границ так же, как и в зоне 9, видны внезапно появляющиеся облака.

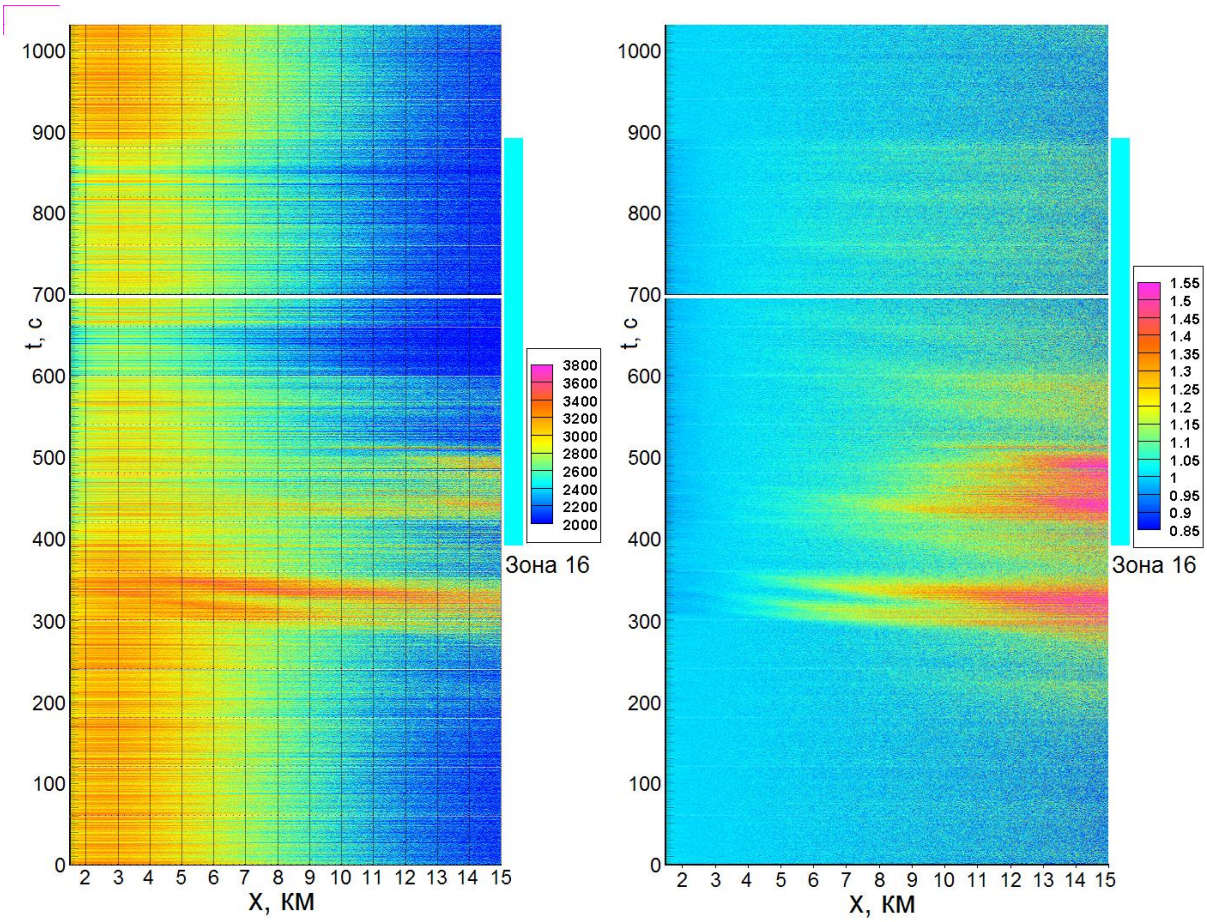


Рис. 12 – Распределение интенсивности для зоны 16 (слева). Панель справа показывает результаты выделения слабых деталей. Полет 7, 7 августа 2013 г.

Эта зона характеризуется наличием как достаточно мощных облаков в нижней части, так и слабых по всей протяженности.

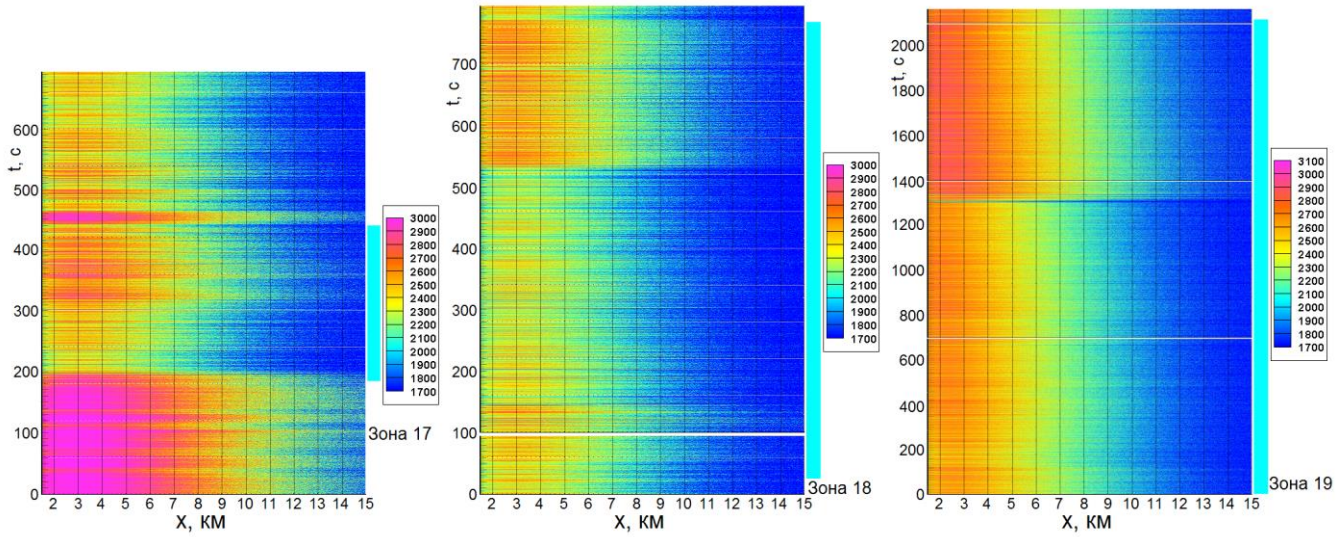


Рис. 13 – Распределение интенсивности для зон 17(слева), 18(в центре), 19 (справа). Полет 8, 8 августа 2013 г.

Каких-либо деталей не заметно. Нижняя часть зоны 17 характеризуется резким снижением средней интенсивности – по-видимому, вследствие изменения аппаратных характеристик.

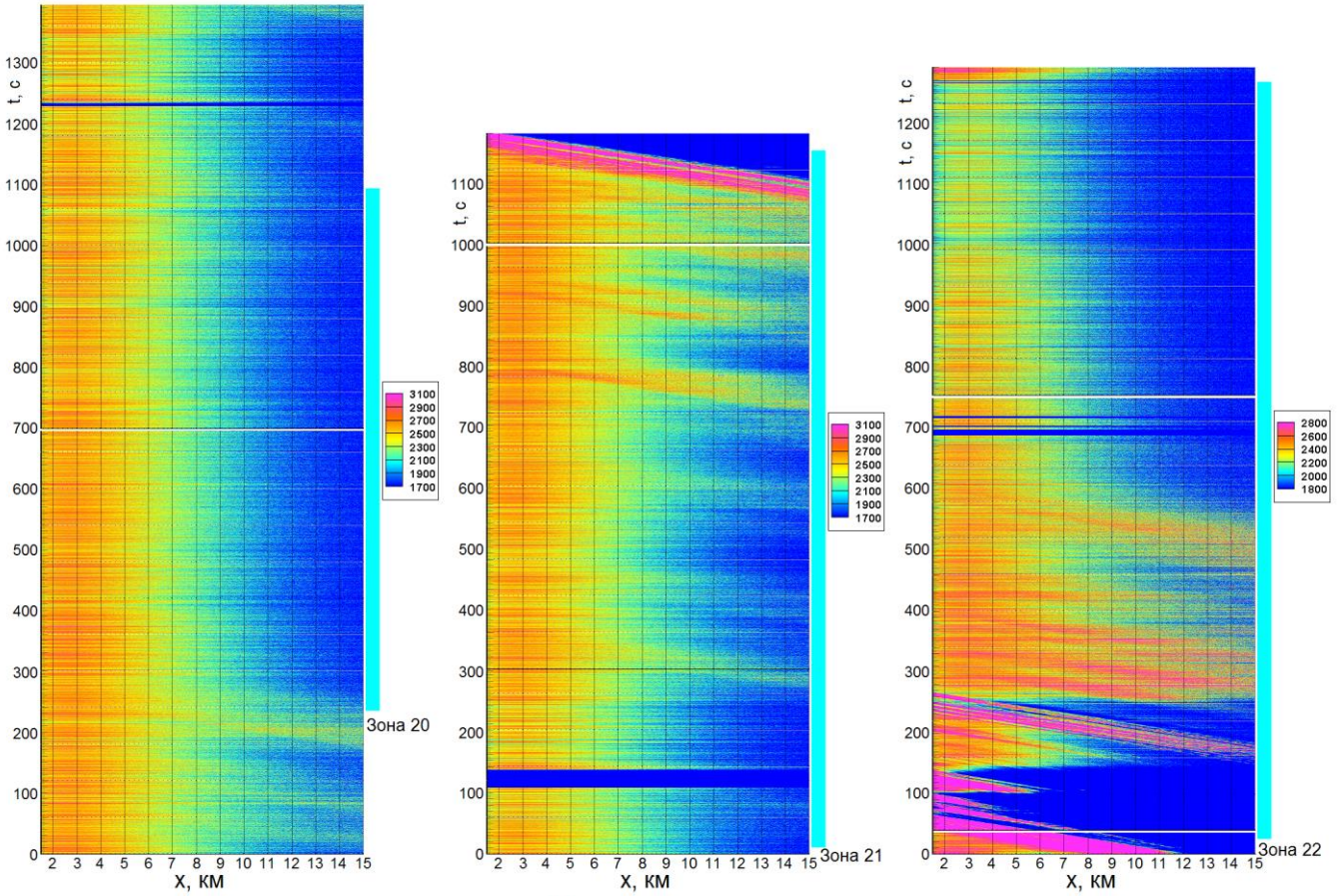


Рис. 14 – Распределение интенсивности для зон 20 (слева) 21 (в центре), 22 (справа). Полет 9, 8 августа 2013 г.

На каждой панели видны промежутки минимальной интенсивности, соответствующие временным отключениям лидара. Этот полет проходил вблизи Альп и характеризуется случаями наблюдения самых интенсивных облаков за время эксперимента – в верхней части зоны 21 и нижней части зоны 22. (Эти зоны примыкают друг к другу, но изображения в самом вверху средней панели и в самом низу правой немного различаются из-за разного выбора интервалов интенсивности.) Кроме сильных облаков, в зоне 21 и в средней части зоны 22 наблюдается много более слабых.

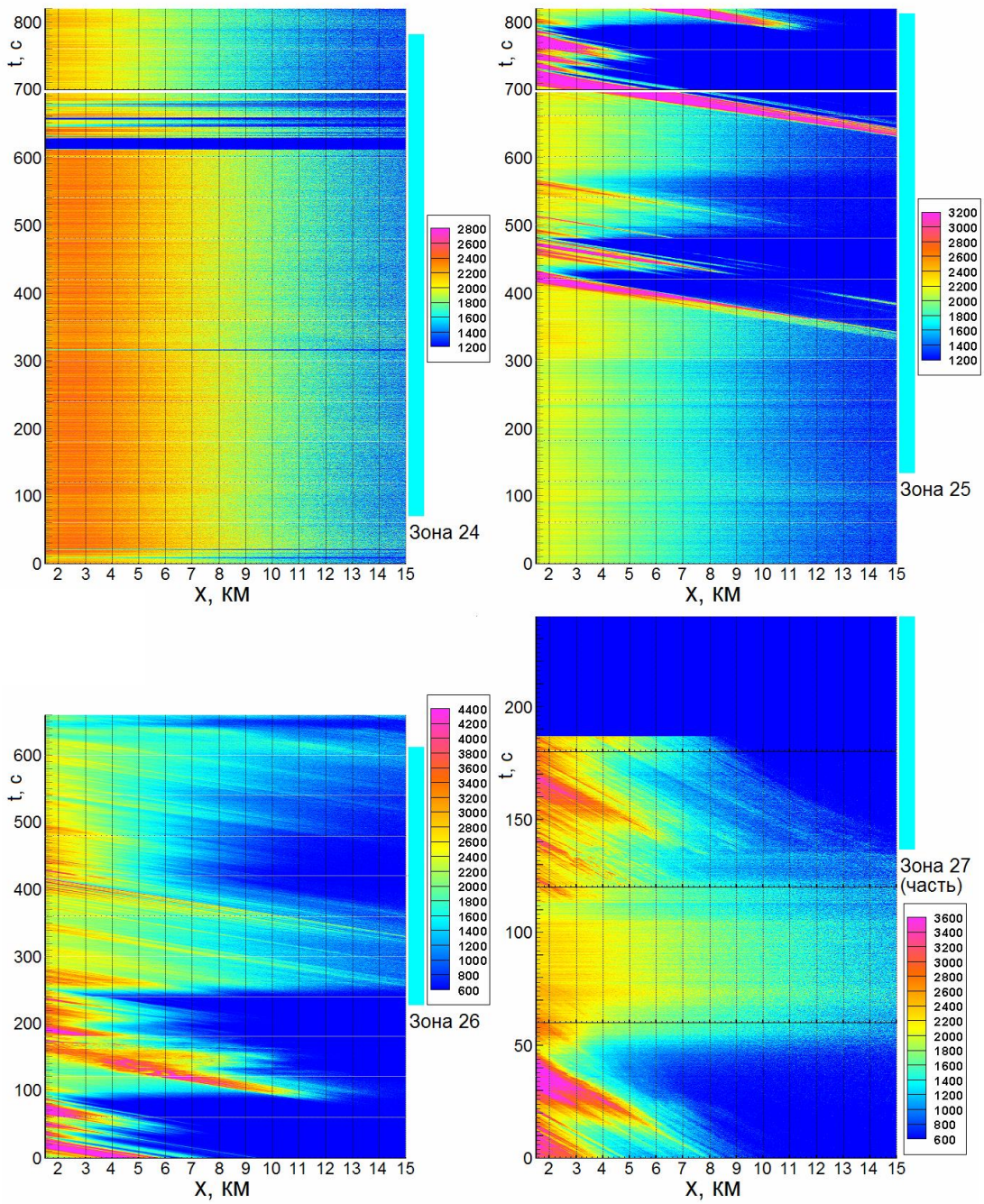


Рис. 15 – Распределение интенсивности для зон 24 (вверху слева), 25 (вверху справа), 26 (внизу слева), и части 27 (внизу справа). Полет 10, 12 августа 2013 г.

В зоне 24 деталей не наблюдается. В зонах 25, 26 – сильные облака. Внезапное появление части из них при приближении к самолету может объясняться поглощением в сравнительно мощных предшествующих облаках. В ходе измерений в зоне 27 имело место отключение лидара.

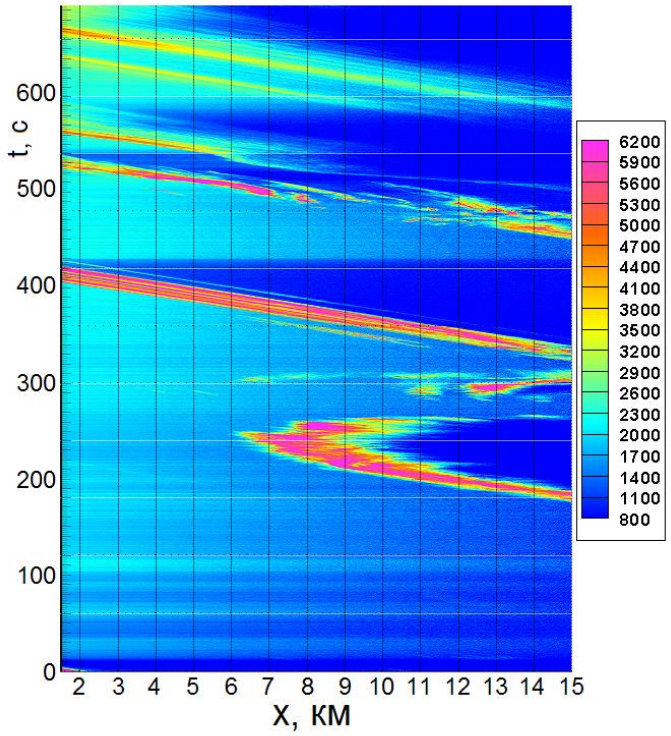


Рис. 16 – Распределение интенсивности для интервала между зонами 26 и 27. Полет 10, 12 августа 2013 г.

Этот рисунок демонстрирует одновременно два эффекта: закругленное облако в его нижней части – следствие поворота самолета при мало меняющейся высоте, а сложная картина в верхней части показывает, как могут появляться и исчезать облака при снижении самолета примерно на 800 м.

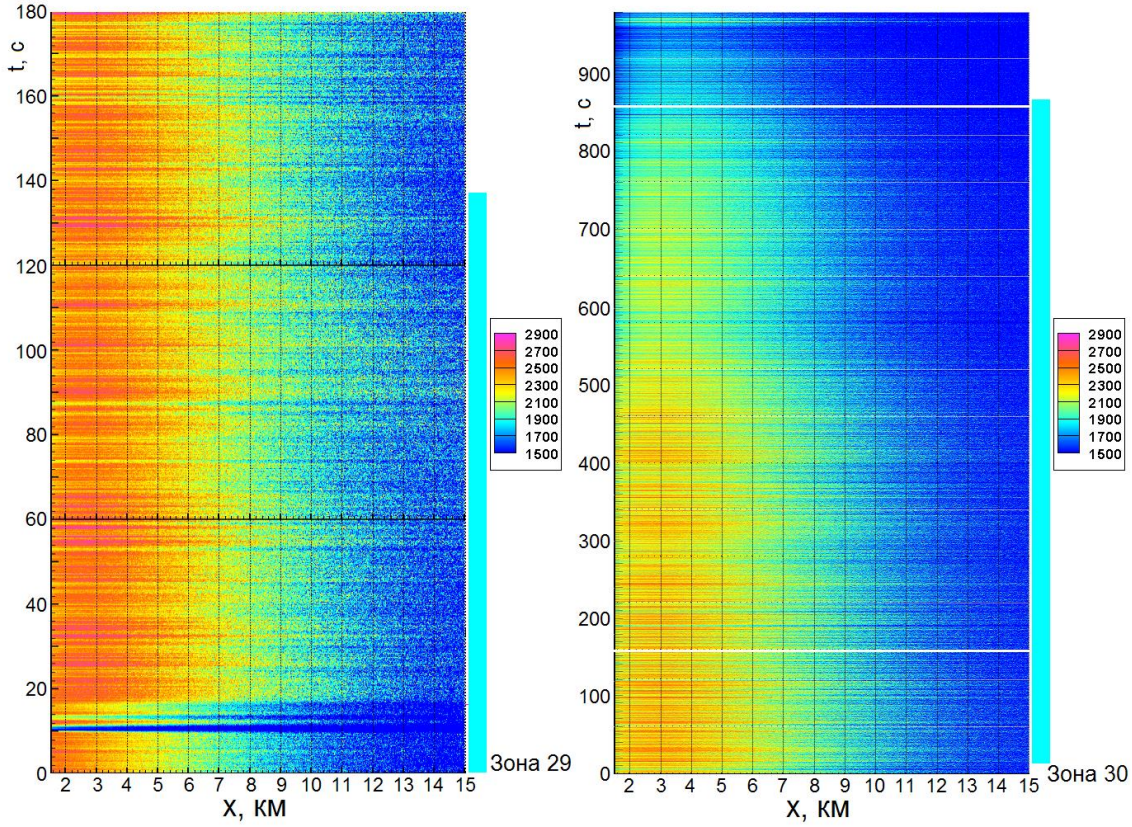


Рис. 17 – Распределение интенсивности для зон 29 (слева) и 30 (справа). Полет 11, 12 августа 2013 г.

Каких-либо деталей не заметно. Последняя треть зоны 30 характеризуется постепенным снижением средней интенсивности.

Заключение

В работе представлена база данных, состоящая из двумерных изображений, демонстрирующих результаты измерений интенсивности обратного рассеяния излучения ультрафиолетового лидара с самолета в проекте DELICAT. Эта база может служить основой для отбора пространственно-временных интервалов для более детального изучения результатов наблюдения скоплений аэрозоля и/или зон турбулентности. Представленные изображения показывают большое разнообразие пространственных форм скоплений и характера их изменений во времени. Мы можем сделать следующие выводы: скопления аэрозоля и, возможно, области турбулентности присутствуют в 15 из 27 зон, из них в 5-ти случаях скопления слабые, в 7-ми довольно мощные, в остальных наблюдаются промежуточные варианты. Данные позволяют оценивать характерные размеры скоплений аэрозоля (несколько километров) и прослеживать их временную эволюцию (времена жизни 20-30 секунд). Вне зон – в интервалах набора высоты и снижения самолета – можно получить оценки вертикальных размеров скоплений, в некоторых случаях они достигают 800 м. Представленные результаты также могут являться основой для оценок возможностей аппаратуры, в частности – точности удержания зондирующего луча по курсу самолета. Мы предполагаем продолжить изучение этого материала.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-36-00368.

Funding

The study was funded by RFBR, project number 18-36-00368.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Feneyrou P. Performance evaluation for long range turbulence detection using ultraviolet lidar / P. Feneyrou, J. C. Lehureau, H. Barny // Applied Optics. – 2009. – V. 48. – No. 19. – P. 3750–3759.
2. Porteneuve J. Development of Rayleigh lidar for clear air turbulence detection / J. Porteneuve, T. Gaudo, A. Hauchecorne et al. // 25th International Laser Radar Conference 2010 (ILRC 25). – 2010. – P. 118–121.
3. DELICAT Report D5200. – 2014.
4. Гурвич А. С. Диагностика короткоживущих аэрозольных скоплений при помощи самолетных лидаров / А. С. Гурвич, В. А. Куликов // Оптика атмосферы и океана. – 2016. – Т. 29. – № 4. – С. 263–267. – doi: 10.15372/AOO2016020402.
5. Gurvich A. S. Impact of pitch angle fluctuations on airborne lidar forward sensing along the flight direction / A. S. Gurvich, V. A. Kulikov // Atmospheric Measurement Techniques. – 2017. – V. 10. – No. 10. – P. 3851–3864.
6. DELICAT Report D5300. – 2014.
7. DELICAT Report RoyMetSoc_20140115_DLR-ICM. – 2015.
8. DELICAT Report D6300. – 2016.
9. Vrancken P. Airborne forward-pointing UV Rayleigh lidar for remote clear air turbulence detection: system design and performance / P. Vrancken, M. Wirth, G. Ehret et al. // Applied Optics. – 2016. – V. 55. – No. 32. – P. 9314–9328.
10. Федорова О. В. Лидарные наблюдения строения и эволюции скоплений аэрозоля в проекте DELICAT / О. В.Федорова, О. А. Коваль, А. Е. Мамонтов // Турбулентность, динамика атмосферы и климата: сборник трудов / под ред. Г. С. Голицына, И. И. Мохова, С. Н. Куличкова, М. В. Курганского, И. А. Репиной, О. Г. Чхетиани. – М.: Физматкнига, 2018. – 587 с. – ISBN 978-5-89155-312-5. – С. 574–582.
11. Fedorova O. V. Lidar observations of the structure and evolution of aerosol clusters in the DELICAT project / O. V. Fedorova, O. A. Koval, A. E. Mamontov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – V. 231. – 012016. – doi:10.1088/1755-1315/231/1/012016.
12. Burton S. P. Observations of the spectral dependence of linear particle depolarization ratio of aerosols using NASA Langley airborne High Spectral Resolution Lidar / S. P. Burton, J. W. Hair, M. Kahnert et al. // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2015. – V. 15. – No. 23. – P. 13453–13473. https://doi.org/10.5194/acp-15-13453-2015.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Feneyrou P. Performance evaluation for long range turbulence detection using ultraviolet lidar / P. Feneyrou, J. C. Lehureau, H. Barny // Applied Optics. – 2009. – V. 48. – No. 19. – P. 3750–3759.
2. Porteneuve J. Development of Rayleigh lidar for clear air turbulence detection / J. Porteneuve, T. Gaudo, A. Hauchecorne et al. // 25th International Laser Radar Conference 2010 (ILRC 25). – 2010. – P. 118–121.
3. DELICAT Report D5200. – 2014.
4. Gurvich A. S. Diagnostika korotkozhivushhih aerozolnyh skoplenij pri pomoshhi samoletnyh lidarov [Diagnostics of short-lived aerosol clusters using airborne lidars] / A. S. Gurvich, V. A. Kulikov // Optika atmosfery i okeana [Atmospheric and oceanic optics]. – 2016. – V. 29. – № 4. – P. 263–267. – doi: 10.15372/AOO2016020402. [in Russian]
5. Gurvich A. S. Impact of pitch angle fluctuations on airborne lidar forward sensing along the flight direction / A. S. Gurvich, V. A. Kulikov // Atmospheric Measurement Techniques. – 2017. – V. 10. – No. 10. – P. 3851–3864.
6. DELICAT Report D5300. – 2014.
7. DELICAT Report RoyMetSoc_20140115_DLR-ICM. – 2015.
8. DELICAT Report D6300. – 2016.
9. Vrancken P. Airborne forward-pointing UV Rayleigh lidar for remote clear air turbulence detection: system design and performance / P. Vrancken, M. Wirth, G. Ehret et al. // Applied Optics. – 2016. – V. 55. – No. 32. – P. 9314–9328.
10. Fedorova O. V. Lidarnye nablyudeniya stroeniya i evolyucii skoplenij aerozolya v proekte DELICAT [Lidar observations of the structure and evolution of aerosol clusters in the DELICAT project] / O. V.Fedorova, O. A. Koval, A. E.

Mamontov // Turbulentnost', dinamika atmosfery i klimata: sbornik trudov / pod red. G. S. Golicyna, I. I. Mohova, S. N. Kulichkova, M. V. Kurganskogo, I. A. Repinoj, O. G. Chhetiani [collection of works / eds. G. S. Golitsyn, I. I. Mokhov, S. N. Kulichkov, M. V. Kurganskij, I. A. Repina, O. G. Chkhetiani]. – M.: Fizmatkniga, 2018. – 587 p. – ISBN 978-5-89155-312-5. – P. 574–582. [in Russian]

11. Fedorova O. V. Lidar observations of the structure and evolution of aerosol clusters in the DELICAT project / O. V. Fedorova, O. A. Koval, A. E. Mamontov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – V. 231. – 012016. – doi:10.1088/1755-1315/231/1/012016.

12. Burton, S. P. Observations of the spectral dependence of linear particle depolarization ratio of aerosols using NASA Langley airborne High Spectral Resolution Lidar / S. P. Burton, J. W. Hair, M. Kahnert et al. // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2015. – V. 15. – No. 23. – P. 13453–13473. https://doi.org/10.5194/acp-15-13453-2015.

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.013

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИРОДНЫХ БИОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАВКАЗСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА НА ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Научная статья

Подчасова Т.А.[1,] *, Закалюкина Ю.В.[2], Бирюков М.В.[3], Григорьева И.Ю.[4]

[1, 2, 3, 4] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

* Корреспондирующий автор (taniasimple[at]gmail.com)

Аннотация

Цель

Целью данной работы является анализ влияния минерального состава пород, потребляемых дикими копытными животными на территории Кавказского государственного биосферного заповедника на их антибактериальные свойства.

Методы

Гранулометрический состав пород определялся ситовым методом по ГОСТ 12536-2014, минеральный состав пород определялся методом рентгеновской дифрактометрии. Оценка численности и разнообразия комплекса актиномицетов осуществлялась методом посева водных суспензий образцов на плотную питательную среду. Первоначальное дифференцирование культур проводили на основе изучения морфологических признаков колоний в оптическом микроскопе. Филогенетическое исследование выделенных штаммов проводили на основе анализа фрагментов 16S рРНК, и сопоставления их с аналогичными фрагментами из базы данных GenBank. Скрининг на наличие антибиотической активности проводился *in vitro* методом лунок.

Результаты

Установлена приуроченность наибольшей численности прокариот к более мелкой фракции отобранных образцов (менее 1 мм), представленной в основной массе глинистыми минералами – иллитом, смектитом и каолинитом. В данной фракции наблюдается большое количество стрептомицетов, обладающих антагонистической активностью к патогенным микроорганизмам и гельминтам. ***Заключение.*** В процессе развития актиномицеты накапливают и/или выделяют во внешнюю среду вторичные метаболиты, обладающие антагонистическими свойствами в отношении других прокариот (антибиотики). Поедание животными горных пород, с активно развивающимися в них актиномицетами, может являться способом профилактики или лечения расстройств желудочно-кишечного тракта. Обнаружить в горных породах зоны, где активно развиваются актиномицеты, животные могут, ориентируясь на запах геосмина – летучего органического вещества терпеновой природы.

Ключевые слова: геофагия, актиномицеты, стрептомицеты, кавказский заповедник, природный биоминеральный комплекс, копытные животные.

INFLUENCE OF COMPOSITION OF ROCKS OF NATURAL BIOMINERAL COMPLEXES OF THE CAUCASUS NATURE RESERVE ON THEIR ANTIBACTERIAL PROPERTIES

Research article

Podchasova T.A.[1,] *, Zakalyukina Yu.V.[2], Biryukov M.V.[3], Grigorieva I.Yu.[4]

[1, 2, 3, 4] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

* Corresponding author (taniasimple[at]gmail.com)

Abstract

The **aim** of this work is to analyze the influence of the mineral composition of rocks consumed by wild ungulate animals in the territory of the Caucasus Nature Reserve on their antibacterial properties.

Methods

The granulometric composition of the rocks was determined by means of the sieve method according to GOST 12536-2014, the mineral composition of the rocks was determined with the help of x-ray diffractometry. The abundance and diversity of the actinomycete complex was estimated by the method of inoculating aqueous suspensions of samples on the solid nutrient medium. The initial differentiation of cultures was carried out on the basis of examining the morphological features of colonies in the optical microscope. A phylogenetic study of the isolated strains was performed by means of the analysis of 16S rRNA fragments and their comparison with similar fragments from the GenBank database. Screening for antibiotic activity was performed *invitro* by the volume displacement method.

Results

The confinedness of the largest number of prokaryotes to a smaller fraction of the selected samples (less than 1 mm) represented in the bulk by clay minerals – illite, smectite and kaolinite, was established. In this fraction, a large number of streptomycetes with antagonistic activity against pathogenic microorganisms and helminths is observed. **Conclusion.** During the development of actinomycetes, secondary metabolites are accumulated and/or secreted into the environment and they have antagonistic properties against other prokaryotes (antibiotics). The fact that animals eat rocks with actinomycetes actively developing in them can be a way of preventing or treating disorders of the gastrointestinal tract. Animals can detect zones in the rocks where actinomycetes are actively developing with the help of the smell of geosmin – a volatile organic substance of terpene nature.

Keywords: geophagy, actinomycetes, streptomycetes, Caucasus Nature Reserve, natural biomineral complex, ungulate animals.

Введение

Во многих горных регионах мира растительноядные животные периодически употребляют в пищу горные породы и минерализованные воды подземных источников. В научной литературе данный феномен обозначается термином – геофагия (*geophagy*) или литофагия. Поедание минеральных веществ осуществляется обычно в одних и тех же местах и сопровождается формированием характерных ландшафтных объектов – природных биоминеральных комплексов (БМ-комплексов). Данные объекты обозначаются различными авторами, как - солонцы, кудюры или кудуры [1], [2], [3]. В англоязычной литературе такие объекты обозначаются термином mineral licks [4]. Для познания причин употребления горных пород в пищу дикими животными различными авторами [5], [6], как правило, проводятся исследования химико-минерального состава пород. На основе данных об их составе выдвигается та или иная гипотеза, объясняющая причины использования животными пород природных биоминеральных комплексов в пищу. Так, были выдвинуты натриевая [7], [4], [8], микроэлементная [9], адсорбционная [10], [6], [11], редкоземельная [12] и ряд других гипотез.

В последнее время появилась и так называемая «микробиологическая» гипотеза геофагии, основанная на наличии высокой численности мицелиальных прокариот (представителей порядка *Actinomycetales*, продуцирующих две трети всех ныне известных антибиотиков) в верхнем выветрелом горизонте горных пород. Подобные предположения были высказаны при анализе термитников, потребляемых шимпанзе в Национальном Парке, Махали Маунтинс [13], [14].

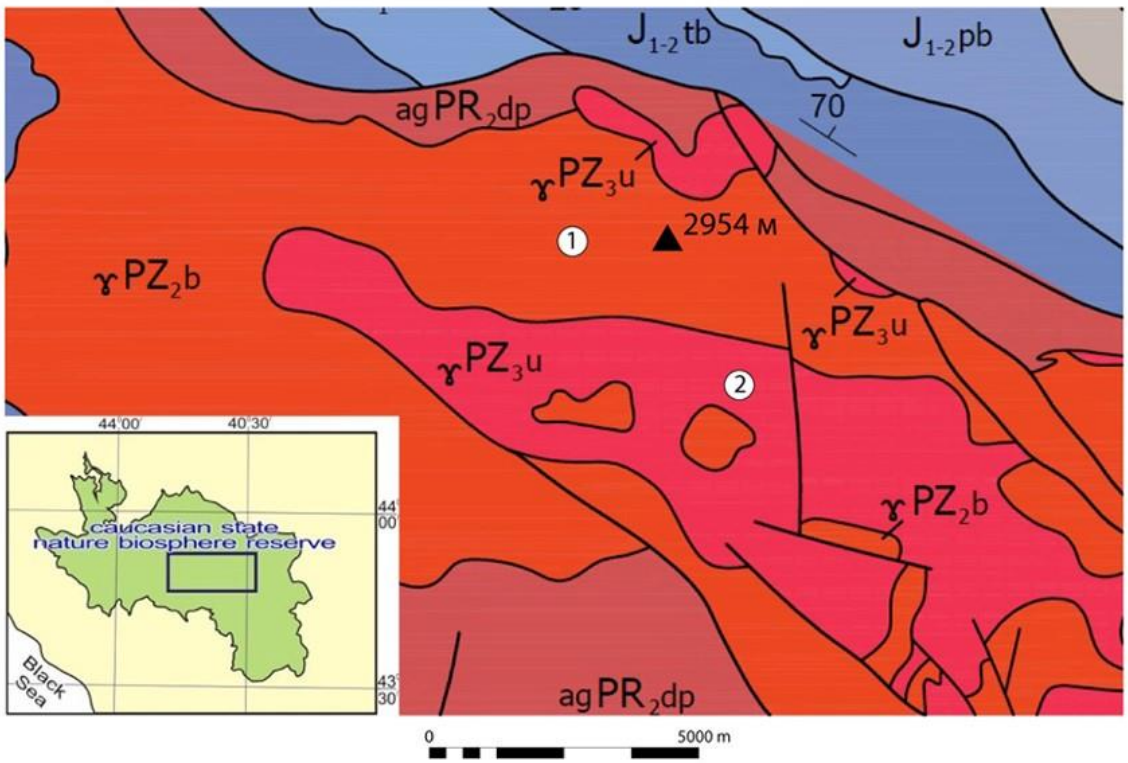
Для установления возможных гипотез потребления горных пород БМ-комплексов дикими копытными животными на территории Кавказского заповедника, в 2017 году были проведены полевые работы и отобраны образцы пород. В данной статье приводятся и обсуждаются результаты проделанной работы.

Материалы и методы

В результате полевых исследований были отобраны пробы пород на двух природных биоминеральных комплексах, образованных на склонах горы Алоус (рис. 1), расположенной в центральной части Кавказского природного биосферного заповедника.

Внешне комплексы похожи и представляют собой серии почти изометричных, освобожденных от растительности и почвы, выбитых копытами животных, площадок на задернованных горных склонах, соединенных между собой звериными тропами (рис. 2, 3А). Размеры таких площадок от 3 до 20 м в поперечнике и до полуметра глубиной с характерными нишами выедания в подпочвенных горизонтах (рис. 3В). На площадках присутствуют свежие отпечатки копыт серн (*Rupicapra rupicapra caukasica*) и кубанских туров (*Capra caucasica*), а также экскременты и шерсть животных.

Данные комплексы ежегодно посещаются сотрудниками заповедника, с целью подсчета численности копытных на территории, однако специальных наблюдений за поведением животных пока не проводилось. Известно лишь, что данные БМ-комплексы привлекают преимущественно кавказских туров. Животные начинают их посещать сразу после стаивания снега, периодически наведываясь в течение всего бесснежного периода.



J_{1-2} tb	Тубинская свита. Аргиллиты алевритистые с прослоями алевролитов		Разрывные нарушения
J_{1-2}pb	Псебайская свита. Аргиллиты, алевролиты, песчаники	▲	Вершина горы Алоус, 2954 м
J_1cb	Чубинская свита. Переслаивание аргиллитов и песчаников	① ②	Природный биоминеральный комплекс (БМ-комплекс) №1/2
agPR_2dp	Дуппухский метаморфический комплекс амфиболит-гнейсовый. Чередование кварц-слюдяных сланцев, гнейсов, амфиболитов, кварцитовидных сланцев, редко мраморов (2000 м)		
$_g$$PZ_3$u	Уллукамский комплекс гранитовый плутонический. Граниты		
$_g$$PZ_2$b	Белореченский комплекс гранитовый. Граниты, диориты до гранодиоритов		

Рис. 1 – Геологическая схема района исследований (на основе геологической карты РФ К-37-V, 2002), на врезке местоположение района исследований в пределах территории Кавказского государственного природного биосферного заповедника

Рис. 2 – Внешний вид (общий) БМ-комплекса №1

Рис. 3А – Внешний вид (общий) БМ-комплекса №2

Рис. 3В – Ниши выедания в подпочвенных горизонтах, БМ-комплекс №2

На БМ-комплексе №1 и №2 было отобрано методом конверта по 2 обобщенных пробы рыхлых горных пород. Пробы отбирались из лизунцовых ниш (расположенных обычно в прикорневой части травяной растительности) с глубины 0-3 см и 10-15 см. Пробы в воздушно-сухом состоянии были просеяны через сито, с размером ячейки 1 мм и использованы в последующих минералогическом и микробиологическом анализах. Анализ гранулометрического и минерального состава отобранных горных пород проводился на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета, микробиологические − на кафедре микробиологии почв факультета почвоведения и микробилогии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

По гранулометрическому составу отобранные породы по данным ситового анализа, выполненного по ГОСТ 12536-2014, согласно классификации ГОСТ 25100-2011, представлены гравелистым песком (БМ-комплекс №2) и гравийным грунтом с песчаным заполнителем (БМ-комплекс №1), элювиально-делювиального происхождения (таблица 1).

Таблица 1 — Характеристика образцов и координаты отбора проб

Лабораторный номер	Наименование	Координаты	Глубина отбора, см	Наименование грунта
3	БМ-комплекс №1	43.807262N 40.513853E	0,0-0,3	Гравийный грунт с песчаным заполнителем (заполнитель: песок крупный)
1	БМ-комплекс №1		10,0-15,0	
2	БМ-комплекс №2	43.789443N 40.537827E	0,0-0,3	Песок гравелистый
4	БМ-комплекс №2		10,0-15,0	

Минеральный состав глинистой фракции определялся на дифрактометре Ultima-IV фирмы Rigaku (Япония). Рабочий режим – 40 кВ при 40 mA, медное излучение, никелевый фильтр, диапазон измерений – 3–55° и 3–65° 2θ, шаг по углу сканирования – 0.02° 2θ, фиксированная система фокусировочных щелей. Для ускорения съемки и повышения качества экспериментальных данных использовался полупроводниковый детектор DTex/Ultra: скорость сканирования – 10° 2θ/минуту.

Оценка численности и разнообразия комплекса актиномицетов производилась методом посева водных суспензий образцов на плотную питательную среду следующего состава (г/л): глюкоза — 10, аспарагин — 0,5, K_2HPO_4 — 0,5, агар — 20. Для ограничения роста мицелиальных грибов в агар был добавлен нистатин (250 мкг/мл). Чашки Петри с посевом инкубировались при 28°С в течение недели, после чего подсчитывались выросшие колонии и выделялись клоны для дальнейшей работы. Выделенные культуры хранились в пробирках со скошенной овсяной средой при температуре +4°С.

Первоначальное дифференцирование культур осуществляли на основе изучения морфологических признаков колоний в оптическом микроскопе (Fisherbrand™AX-500, Fisher Scientific). В дальнейшем, проводили филогенетическое исследование выделенных штаммов на основе анализа фрагментов 16S рРНК по раннее описанной схеме [15], и сопоставляли их с аналогичными фрагментами из базы данных GenBank.

Среди всех выделенных культур был выполнен скрининг на наличие антибиотической активности *in vitro* методом лунок в отношении тест-культур бактерий: *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Bacillus cereus* ATCC 10702, *Escherichia coli* ATCC 25923.

Результаты и обсуждение

Минеральный состав – фракции более 1 мм

В соответствии со степенью геологической изученности данной территории, гора Алоус сложена палеозойскими гранитоидами - Белореченского магматического комплекса (γPZ_2b), а также Уллукамского магматического комплекса (γPZ_3u). Породы комплексов представлены гранодиоритами крупнозернистыми, до порфировых, а также гранитами, включая огнейсованные разновидности. Жильные образования комплекса характеризуются пегматито-аплитовым составом. Граниты, включающие многочисленные ксенолиты амфиболитов, гнейсов и сланцев, слагают крупные массивы, вытянутые в направлении Кавказского хребта. В петрохимическом отношении все породы Белореченского и Уллукамского комплекса относятся к нормальному ряду гранодиоритов и лейкогранитов. Обломки коренных пород на природных биоминеральных комплексах с горы Алоус, исследованные нами ранее [16] в шлифах были определены как граниты полнокристаллические с неравномерной средне-крупнозернистой структурой и такситовой текстурой (встречаются вытянутые зоны, сложенные исключительно кварцем). Главные породообразующие минералы: плагиоклаз (50%), кварц (35%), калиевый полевой шпат (10%) и биотит (5%). Акцессорный минерал – циркон (1%). Вторичные минералы серицит и глинистые развиваются преимущественно по плагиоклазам.

Таким образом, минеральный состав отобранных проб пород, для фракций более 1 мм представлен, в основном, зернами плагиоклаза и кварца гравийной размерности.

Минеральный состав – фракции менее 1 мм

Для всех отобранных образцов характерно преобладание глинистых минералов (иллит с примесью смектита и каолинита), их содержание колеблется от 35 до 46%. В исследованных породах довольно много также обломков кристаллов кварца (от 14 до 25 %), в оставшейся части они состоят из полевых шпатов и хлоритов (таблица 2). Диаграммы распределения минерального состава исследованных образцов представлены на рисунке 4.

Таблица 2 – Результаты количественного рентгенодифракционного анализа потребляемых пород на БМ-комплексах горы Алоус (%)

Лаб. №	**Минеральный состав, (%)**								
	Кварц	**Микроклин**	**Альбит**	**Кальцит**	**Пирит**	**Иллит**	**Смектит и ССМ****	**Каолинит**	**Хлорит**
1	25,5	15,8	18,0	1,3	0	23,5	10,3	1,5	4,1
2	14,7	9,3	21,3	1,7	0,8	25,0	20,3	1,5	5,5
3	24,0	14,1	17,6	3,9	0	26,0	9,0	3,9	1,5
4	24,2	10,1	20,0	2,3	0,8	27,0	9,5	1,2	5,0
Ф-1*	17,0	7,5	7,4	0	0	51,1	0	2,4	8,1
Ф-2*	8,3	7,4	7,5	0	0	69,9	4,3	2,3	0

*Примечание: * - результаты рентгенодифракционного анализа образцов, не потребляемых животными горных пород (фоновые), отобранных с вершины горы Алоус*

*** - ССМ – смешанно-слойные минералы*

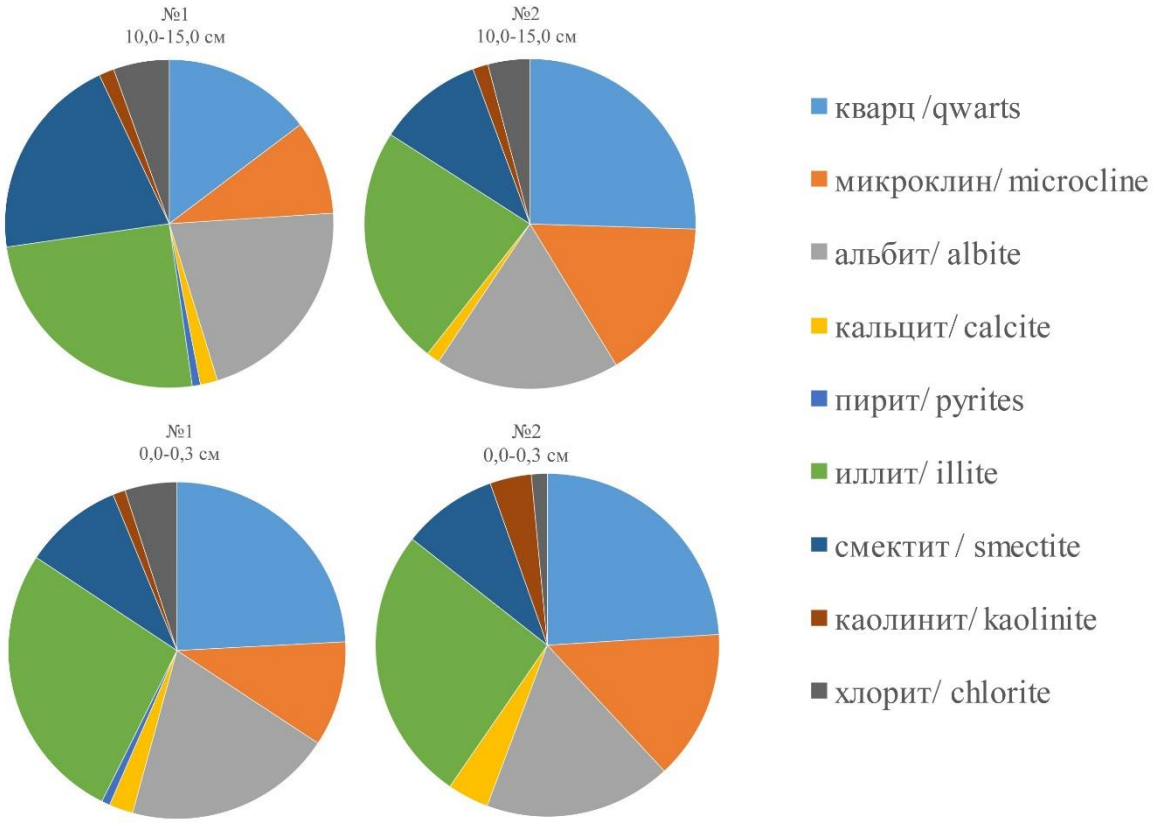


Рис. 4 – Минеральный состав исследованных образцов

Применение в качестве метода пробоподготовки сухого просеивания через сито с диаметром отверстий 1 мм с последующим посевом водных суспензий образцов полученных фракций больше и меньше 1 мм на плотную питательную среду — позволило обнаружить приуроченность прокариотных организмов к более мелкой фракции.

Как известно, в коре выветривания горных пород микроорганизмы находятся в адсорбированном состоянии, благодаря действию различных физико-химических сил, а также молекулярно-биологических механизмов. Кроме того, на взаимодействие клеток с различными минеральными частицами существенно влияют: химический состав минерала (в том числе, электрический заряд поверхности), наличие органических пленок на его поверхности, концентрация катионов в среде, влажность и другие. Но прежде всего, количество адгезированных клеток прямо пропорционально величине поверхности, на которую они могут прикрепиться, поэтому адгезия при расчете на единицу веса сорбента – обратно пропорциональна размеру частиц [17].

Возможно этим и объясняется, что микробиологический посев фракции, оставшейся на сите с диаметром 1 мм и представленной, в основном, обломками плагиоклазов и кварца, показал крайне низкую численность микроорганизмов на питательной среде. Разница в численности выявленных прокариот при посеве водных суспензий из двух размерных фракций составила более чем два порядка (рис. 5).

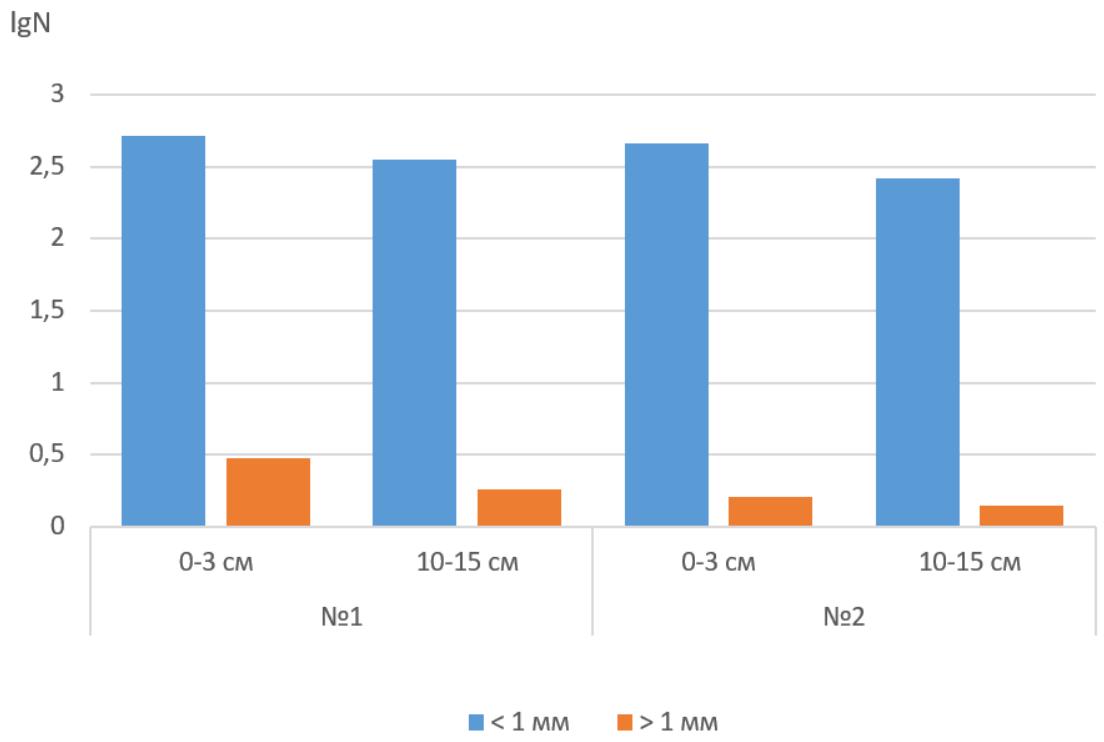


Рис. 5 – Общая численность прокариот (N), выявляемая при посеве двух размерных фракций из образцов БМ-комплексов №1 и №2

Посев суспензий из фракций менее 1 мм обнаружил сравнительно высокую численность актинобактерий, сопоставимую с численностью актиномицетов в гумусовом горизонте черноземов [18]. Численность мицелиальных прокариот в слое 0-3 см составила для обоих БМ-комплексов млн. КОЕ/г (рис. 6). Однако, довольно низкое разнообразие выявленных морфотипов актинобактерий (таблица 3), напротив, скорее характерно для малогумусных («бедных») почв с низким содержанием органики.

Подавляющее большинство актиномицетов, выделенных методом посева из образцов, потребляемых животными горных пород, отобранных в пределах изучаемых ПБК, принадлежат к роду *Streptomyces*, что является характерной чертой для большинства почв. Представителя рода *Micromonospora*, как правило, связаны с растениями или растительными остатками, поэтому в минеральных почвенных горизонтах являются минорными компонентами комплекса (таблица 3).

Таблица 3 – Мицелиальные актинобактерии, выделенные из образцов, исследуемых БМ-комплексов

№	Штамм	Номер БМ-комплекса и глубина отбора	Идентифицирован как	Доля в прокариотном комплексе, %
1	GA1	БМ-комплекс №1, 0-3 см	*Streptomyces sp.*	6
2	GA2		*Streptomyces sp.*	6
3	GA4		*Streptomyces sp.*	6
4	GA5	БМ-комплекс №1, 10-15 см	*Streptomyces sp.*	9
5	GA6		*Streptomyces sp.*	9
6	GA7		*Streptomyces*	9
7	GA8		*Micromonospora sp.*	9
8	GA9	БМ-комплекс №2, 0-3 см	*Streptomyces sp.*	3
9	GA10		*Streptomyces sp.*	3
10	GA15	БМ-комплекс №2, 10-15 см	*Streptomyces sp.*	6
11	GA19		*Streptomyces sp.*	6

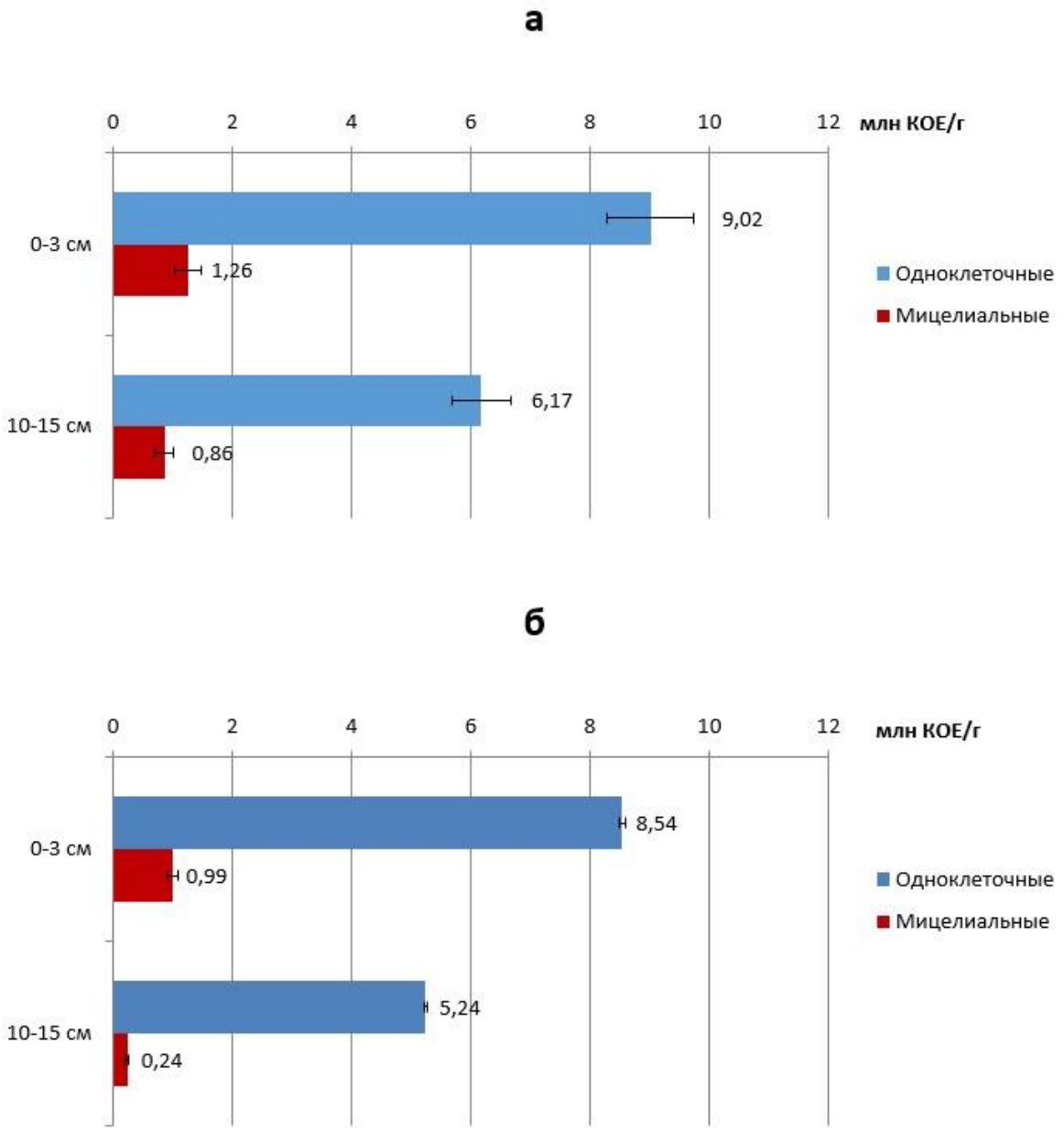


Рис. 6 – Численность одноклеточных и мицелиальных прокариот в исследованных образцах: БМ-комплекс №1 (а), БМ-комплекс №2 (б)

Скрининг антагонистической активности среди всех выделенных штаммов актиномицетов позволил обнаружить стрептомицеты, вызывающие подавление роста тест-организмов: *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Escherichia coli* (таблица 4). Данные виды бактерий широко известны не только благодаря широкому распространению в природе, но и, как патогены человека и животных, вызывающие целый спектр заболеваний от токсикоинфекций до септицемий (СП 1.3.2322-08). Антагонизм в отношении грамположительных организмов (*S. aureus, B. cereus*) встречается среди актиномицетов намного чаще, чем способность противостоять росту грамотрицательных бактерий, в частности *E. coli* (таблица 4). Это связано, во-первых, собственно с особенностями строения клеточной стенки грамотрицательных бактерий, препятствующей проникновению внутрь клетки крупных биомолекул, а с другой, со способностью удалять из клеток мелкие чужеродные молекулы благодаря механизму активного транспорта. Таким образом, штаммы актиномицетов, способные вырабатывать вещества, ограничивающие рост грамотрицательных бактерий, обладают значительными перспективами для дальнейшего исследования и использования их свойств.

С этой точки зрения наиболее перспективным для дальнейшего изучения является штамм *Streptomyces sp*. GA5, проявивший себя не только как активный антагонист в отношении *S. aureus*, но и способный препятствовать росту *E. coli* (рис. 7).

Филогенетическое исследование наиболее антагонистически активных штаммов актинобактерий GA2, GA5 и GA7 показало, что на основании анализа нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК данные штаммы принадлежат к видам рода *Streptomyces* (уровень сходства с ближайшими типовыми культурами составляет 98,99, 100 и 99,72%). Нуклеотидные последовательности этих штаммов были депонированы в базу данных GenBank с присвоением номеров MK942344, MK583685 и MK584536 соответственно (таблица 5).

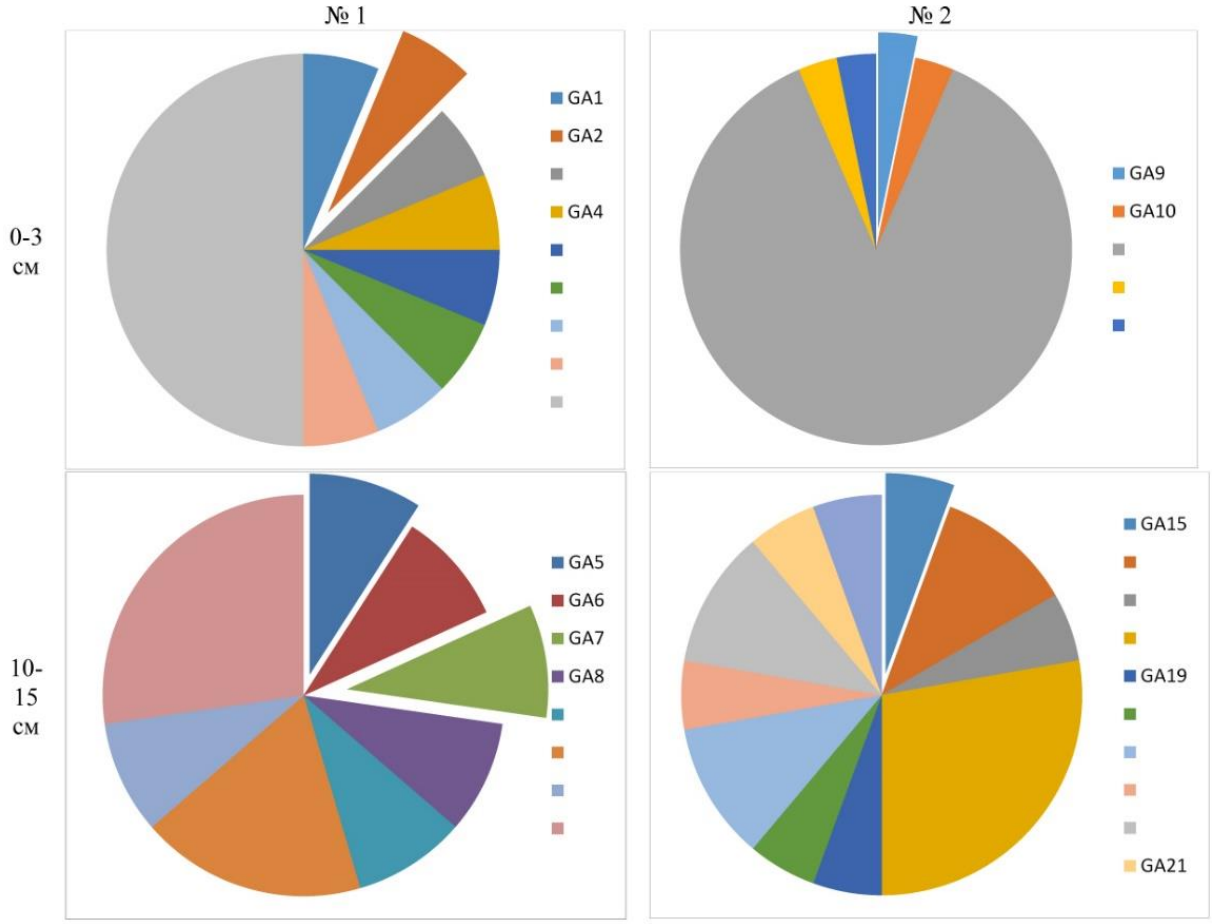


Рис. 7 – Доля актиномицетов (%) в прокариотом комплексе, выделенном из образцов изучаемых БМ-комплексов: выдвинутые сектора – штаммы актиномицетов, проявившие антагонистическую активность, сектора без обозначений – одноклеточные прокариоты

Таблица 4 — Антагонистическая активность стрептомицетов, выделенных из исследуемых образцов

Штамм	**Зона лизиса на газоне тест-организма, мм**		
	E.coli	***S.aureus***	***B.cereus***
GA2	2-3	10	4
GA5	5	15	□
GA7	□	12,5	13
GA9	□	9	□
GA15	□	7	3

Таблица 5 – Филогенетический анализ фрагментов генов 16S РНК актиномицетов, выделенных из образцов БМ-комплекса №1

Штамм	**Референсный организм в базе данных**	**Уровень сходства, %**	**Депонирован в GenBank**
GA2	*Streptomyces melanogenes NBRC 12890*	98,99	MK942344
GA5	*Streptomyces lunaelactis MM109*	100	MK583685
GA7	*Streptomyces hundungensis MBRL 251^T*	99,72	MK584536

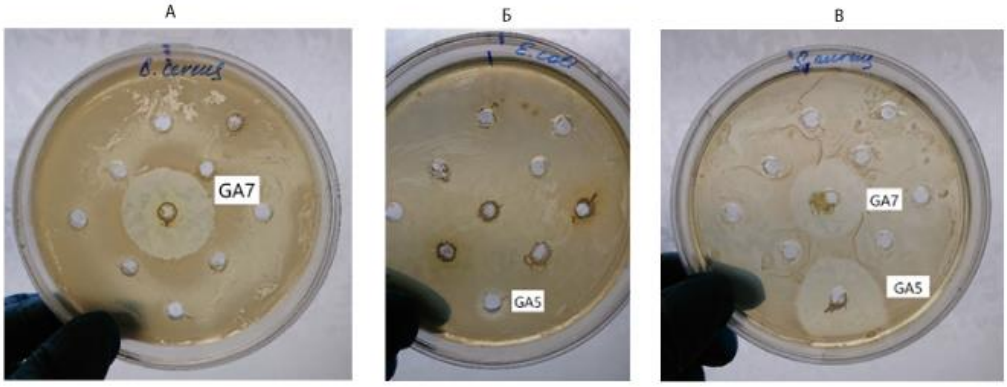


Рис. 8 – Антагонистическая активность выделенных штаммов *Streptomyces spp.* GA5 и GA7, определенная *in vitro* методом лунок в отношении тест-культур бактерий: а – *Bacillus cereus*, б – *E.coli*, в – *Staphylococcus aureus*

Распространение актиномицетов в природе связано с широким кругом экологических адаптаций, которыми они располагают: устойчивостью к низкому содержанию влаги и пониженной концентрации питательных веществ в окружающей среде, способностью к образованию покоящихся структур. Однако, являясь медленно растущими организмами, они получают возможность развиваться в почвах, представляющих собой кору выветривания горных пород, только на поздних этапах сукцессий, когда легкодоступные источники энергии уже исчерпаны. По оценкам различных исследователей, доля мицелиальных прокариот в прокариотных комплексах большинства почв редко превышает 20% от общей биомассы [18]. Однако, это не значит, что им отведена только скоромная роль «доедальщиков» органических остатков. Даже при относительно низкой численности актиномицеты способны оказывать заметное регулирующее действие на состав микробных комплексов благодаря способности продуцировать вещества с антибиотическими свойствами.

Дискуссию о том, способны ли актиномицеты синтезировать антибиотические вещества *in situ*, а не только в благоприятных лабораторных условиях – в настоящее время можно считать закрытой. Действительно, в литературе существует немало подтверждений тому, что антибиотики могут образовываться, накапливаться и действовать непосредственно в нестерильной почве [18]. Разумеется, конкурентная борьба происходит в тех локусах, которые оправдывают энергетические расходы на подобную «химическую войну».

Геофагия — явление, широко распространенное среди животных и которое, очевидно, оказывает благоприятное действие на их здоровье [13]. В числе причин, обуславливающих геофагию, авторы иногда предполагают антипаразитарное и антидиарейное действие потребляемых животными горных пород. Данный эффект может являться прямым следствием развития в грунте стрептомицетов, обладающих антагонистической активностью к патогенным микроорганизмам и гельминтам.

Обильное развитие стрептомицетов в выветрелом слое горных пород может быть легко детектировано животными благодаря выделению геосмина – вещества, обладающего выраженным «запахом и вкусом земли». Даже человек способен улавливать наличие данного вещества в питьевой воде, винах, фруктах и т.д при содержании его 5-50 нг/л. Для животных, особенно в засушливых биоценозах, запах геосмина может служить индикатором наличия влаги, сигналом перемены погоды.

Заключение

Таким образом, в коре выветривания горных пород на поздних этапах микробной сукцессии складываются условия для развития актиномицетов, обычно значительно уступающим в численности и биомассе другим группам микроорганизмов.

Приуроченность наибольшей численности прокариот к более мелкой фракции отобранных образцов (менее 1 мм), очевидно, тесно связана с ее минеральным составом. Как известно, глинистые минералы, преимущественно составляющие исследованную мелкую фракцию, обладают значительно более высокой адсорбционной способностью, удельной площадью поверхности и емкостью катионного обмена по сравнению с другими минералами коры выветривания.

В процессе развития актиномицеты накапливают и/или выделяют во внешнюю среду вторичные метаболиты, обладающие антагонистическими свойствами в отношении других прокариот (антибиотики). Поедание животными горных пород, с активно развивающимися в ней актиномицетами, может являться способом профилактики или лечения расстройств желудочно-кишечного тракта. Обнаружить в пределах БМ-комплексов зоны, где активно развиваются актиномицеты, животные могут, ориентируясь на запах геосмина – летучего органического вещества терпеновой природы.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность за помощь в отборе образцов исследуемых пород сотрудникам Кавказского государственного природного биосферного заповедника им. Х.Г. Шапошникова – Сергею Трепету и Бибиной Кристине.

Acknowledgement

The authors of the article are grateful to Sergey Trepet and Bibina Kristina, the employees of the Caucasus Nature Reserve named after H.G. Shaposhnikov, for the assistance in the selection of samples of the rocks under study.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Насимович А.А. К познанию минерального питания диких животных Кавказского заповедника / Насимович А.А. // Тр. Кавк. Зап. – 1938. Вып. 1. – С. 103–150.

2. Паничев А.М. Литофагия. Геологические, экологические и биомедицинские аспекты. / Паничев А.М. М.: Наука. – 2011. – 149 с.

3. Паничев А.М. О причинах литофагии среди копытных животных в горах Кавказа / Паничев А.М., Трепет С.А., Чекрыжов И.Ю., Крупская В.В. // Успехи наук о жизни. – 2014. – № 6. – С. 13–14.

4. Risenhoover K.L. Mineral licks as a sodium source for Isle Royale moose // Risenhoover K.L., Peterson R.O. / Ecologia. – 1986. – № 71. – P. 121–126.

5. Ливеровский Ю.А. Зверовые солонцы Сихотэ-Алиня / Ливеровский Ю.А. // Учен.зап. МГУ. Биогеография. – 1959. – Вып. 189. – С. 66–77.

6. Mahaney W.C. Scanning Electron-Microscopy of Earth Mined and Eaten by Mountain Garillas in the Virunga Mountains, Rwanda / Mahaney W.C. // Primates. – 1993. –Vol. 34. – Is. 3. – P. 311–319.

7. Denton D.A. Adaptation of ruminant animals to variation of salt in take / Denton D.A., Coding J. R., Sabine R., Wright R.D. // Teheran Symp. on Salinity Probi. in the Arid Zones. Teheran. – 1961. – P. 3–8.

8. Blair-West I.R. Physiological, morphological and behavioural abaptation to a sodium-defi cient environment by wild native Australi an and introduced species of animals / Blair-West I.R., Coghlan 1 P., Denton D. A. et al // Nature. – 1968. – Vol. 217. – № 9. – P. 922–928.

9. Abrahams P.W. Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda / Abrahams P.W. // Trop. Med. Int. Health. – 1997. – Vol. 2. – № 7. – P. 23–617.

10. Gilardi J.D. Biochemical functions of geophagy in parrots: detoxication of dietary toxins and cytoprotective effects / Gilardi J.D., Duffey S.S., Munn C.A., Tell L.A. // Journal of Chemical Ecology. – 1999. – Vol. 25. – P. 897–922.

11. Knezevich, M. Geophagy as a therapeutic mediator of endoparasitism in a free-ranging group of rhesus macaques / Knezevich, M. // American Journal of Primatology. – 1998. – Vol. 44. – P. 71–82.

12. Panichev A.M. Rare earth elements upon assessment of reasons of the geophagy in sikhote-alin region (russian federation), africa and other world regions / Panichev A.M., Popov V. K., Chekryzhov I.Y., Seryodkin I.V. et al // Environmental Geochemistry and Health. – 2016. – Vol. 38. – № 6. –P. 1255–1270.

13. Krishnamani R. Geophagy among primates: adaptive significance and ecological consequences, Animal Behaviour./ Krishnamani R., Mahaney W.C. – 2000. – Vol. 59. – Is. 5. – P. 899-915.

14. Ketch L.A. Comparative microbial analysis and clay mineralogy of soils eaten by chimpanzees (Pan troglodytes schweinfurhii) in Tanzania / Ketch L.A., Malloch D., Mahaney W.C., Huffman M.A. // Soil Biology and Biochemistry. –2001. – Vol. 33. – № 2. – P. 199–203.

15. Закалюкина Ю. В. Фенотипическая и филогенетическая характеристика актиномицетов, выделенных из муравьев lasius niger и formica cunicularia. Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2017. – №72(1). / Закалюкина Ю. В., Бирюков М. В., Голиченков М. В. и др.– С.16-23.

16. Panichev A.M. Results of mineralogical–geochemical researches of two high-mountain kudurs within territory of Caucasus / Panichev A.M., Chekryzhov I.Y., Podchasova (Stolyarova) T.A. et al // Environmental Earth Sciences. – 2017. – Vol. 76. – P. 749.

17. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы / Звягинцев Д. Г. - Москва: Изд-во МГУ. – 1987. – 255 с.

18. Звягинцев Д.Г. Экология актиномицетов. / Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Изд-во: ГЕОС. – 2001. – 257 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nasimovich A.A. K poznaniyu mineralnogo pitaniya dikih givotnich Kavkazskogo zapovednyka [The knowledge about mineral nutrition of wild animals of the Caucasian Reserve] / Nasimovich A.A. // Trudy Kavkazskogo Zapovednyka [Works of the Caucasian Reserve]. – 1938. – No 1. – P.103–150 [in Russian]

2. Panichev A.M. Lithophagia. Geologicheskie, ecologicheskie i biomedicinskie aspekti [Lithophagy. Geological, environmental and biomedical aspects] / Panichev A.M. // Nauka Publ., Moscow. – 2011. – 149 p. [in Russian]

3. Panichev A.M. O prichinach lithophagii sredi kopitnykh givotnykh v gorach Kavkaza [About the causes of lithophagy among ungulates in the mountains of the Caucasus] / Panichev A.M., Trepet S.A., Chekryzhov I.Yu ., Krupskaya V.V. // Uspekhi nayk o gizni [Successes in life sciences]. – 2014. – No. 6. – P. 13-14. [in Russian]

4. Risenhoover K.L. Mineral licks as a sodium source for Isle Royale moose // Risenhoover K.L., Peterson R.O. / Ecologia. – 1986. – № 71. – P. 121–126.

5. Liverovsky Yu.A. Zveroviye solontsi Sikhote-Alinya [Mineral licks of Sikhote-Alin] / Liverovsky Yu.A. // Uchenie Zapiski Moscowskogo Universiteta [Science works of Moscow State University]. – 1959. – No 189. – P. 66–77. [in Russian]

6. Mahaney W.C. Scanning Electron-Microscopy of Earth Mined and Eaten by Mountain Garillas in the Virunga Mountains, Rwanda / Mahaney W.C. // Primates. – 1993. –Vol. 34. – Is. 3. – P. 311–319.

7. Denton D.A. Adaptation of ruminant animals to variation of salt in take / Denton D.A., Coding J. R., Sabine R., Wright R.D. // Teheran Symp. on Salinity Probi. in the Arid Zones. Teheran. – 1961. – P. 3–8.

8. Blair-West I.R. Physiological, morphological and behavioural abaptation to a sodium-defi cient environment by wild native Australi an and introduced species of animals / Blair-West I.R., Coghlan 1 P., Denton D. A. et al // Nature. – 1968. – Vol. 217. – № 9. – P. 922–928.

9. Abrahams P.W. Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda / Abrahams P.W. // Trop. Med. Int. Health. – 1997. – Vol. 2. – № 7. – P. 23–617.

10. Gilardi J.D. Biochemical functions of geophagy in parrots: detoxication of dietary toxins and cytoprotective effects / Gilardi J.D., Duffey S.S., Munn C.A., Tell L.A. // Journal of Chemical Ecology. – 1999. – Vol. 25. – P. 897–922.

11. Knezevich, M. Geophagy as a therapeutic mediator of endoparasitism in a free-ranging group of rhesus macaques / Knezevich, M. // American Journal of Primatology. – 1998. – Vol. 44. – P. 71–82.

12. Panichev A.M. Rare earth elements upon assessment of reasons of the geophagy in sikhote-alin region (russian federation), africa and other world regions / Panichev A.M., Popov V. K., Chekryzhov I.Y., Seryodkin I.V. et al // Environmental Geochemistry and Health. – 2016. – Vol. 38. – № 6. –P. 1255–1270.

13. Krishnamani R. Geophagy among primates: adaptive significance and ecological consequences, Animal Behaviour./ Krishnamani R., Mahaney W.C. – 2000. – Vol. 59. – Is. 5. – P. 899-915.

14. Ketch L.A. Comparative microbial analysis and clay mineralogy of soils eaten by chimpanzees (Pan troglodytes schweinfurhii) in Tanzania / Ketch L.A., Malloch D., Mahaney W.C., Huffman M.A. // Soil Biology and Biochemistry. –2001. – Vol. 33. – № 2. – P. 199–203.

15. Zakalyukina Yu. V. Fenotipicheskaya i filogeneticheskaya charakteristika aktinomicetov, videlennykh iz myraviev lasius niger i formica cunicularia [Phenotypic and phylogenetic characteristics of actinomycetes isolated from ants lasius niger and formica cunicularia] / Zakalyukina Yu. V., Biryukov M.V, Golichenkov M.V., Netrusov A. I. // Bulletin of Moscow University. Series 16: Biology. – 2017. – Vol.72 (1). – P.16–23. [in Russian]

16. Panichev A.M. Results of mineralogical–geochemical researches of two high-mountain kudurs within territory of Caucasus / Panichev A.M., Chekryzhov I.Y., Podchasova (Stolyarova) T.A. et al // Environmental Earth Sciences. – 2017. – Vol. 76. – P. 749.

17. Zvyagintsev D. G. Pochva i microorganizmy [Soil and microorganisms]. Moscow. Publishing house of Moscow State University. – 1987. – 255 p. [in Russian]

18. Zvyagintsev D.G. Ecologiya actinomicetov [Ecology of actinomycetes] / Zvyagintsev D.G., Zenova G.M. // Publisher: GEOS. – 2001. – 257 p. [in Russian]

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.014

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ МЕНСТРУАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У ДЕВУШЕК - ПОДРОСТКОВ ИЗ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Научная статья

Исакова Ж.К. *

Кыргызская Государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек, Киргизия

* Корреспондирующий автор (nauka555[at]mail.ru)

Аннотация

Целью изучения характера изменений и особенностей менструальной функции у девочек-подростков, внутренних мигрантов из высокогорных регионов республики, в зависимости от продолжительности проживания в условиях низкогорья было обследовано 387 девочек. Полученные данные сравнивали с таковыми у 280 девочек-подростков, постоянных жительниц г. Бишкек. Выявлено некоторое удлинение менструального цикла и увеличение дней менструации, а также некоторое увеличение количество теряемой крови во время менструации. Перемена места жительства влияет и на регулярность менструального цикла. Особенно выражены данные изменения при сроке проживания в низкогорье до 1 года. Затем, по мере нарастания стажа эти изменения нивелируются, что, обусловлено адаптацией женского организма к изменившимся условиям внешней среды.

Ключевые слова: менструальная функция, девочки-подростки, внутренние мигранты, высокогорье, деадаптация.

NATURE OF CHANGE IN MENSTRUAL FUNCTION OF ADOLESCENT GIRLS FROM MOUNTAIN REGIONS OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Research article

Isakova Zh.K. *

I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, Kyrgyz Republic

* Corresponding author (nauka555[at]mail.ru)

Abstract

The main aim of the paper is to study the nature of changes and main features of menstrual function of adolescent girls who are internal migrants from the high-mountain regions of the republic. We examined 387 girls depending on the length of their stay in low-mountains. The data obtained were compared with those of 280 teenage girls who are permanent residents of Bishkek. Some lengthening of the menstrual cycle and an increase in the days of menstruation was revealed, as well as a slight increase in the amount of blood lost during menstruation. A change of residence also affects the regularity of the menstrual cycle. These changes are especially pronounced for a period of residence in the low-mountain regions up to 1 year. With time, these changes are leveled due to the adaptation of the female body to the changing environmental conditions.

Keywords*:* menstrual function, adolescent girls, internal migrants, highlands, maladaptation.

Введение

Кыргызстан занимает территорию от Памиро - Алайских гор на юго-западе и до Тянь - Шаньских гор на северо-востоке и более 90% страны находится на высоте более 1000 м над уровнем моря, что и определяет ее природно-климатические, экономические и социальные особенности. Состояние физического развития детей, проживающих в условиях высокогорья, после распада СССР, и резких социально-экономических преобразований представлено о негативном влиянии на развитие не только климата - географических условий, но и техногенных и социально-экономических. [1] Репродуктивное здоровье и репродуктивная функция девочек -подростков представляют особую ценность, так как являются важнейшими показателями здоровья населения, определяющими генофонд нации. [2], [3]. На протяжении, нескольких десятилетий ученые разных стран изучают этапы формирования репродуктивного здоровья, изменения в показателях репродуктивного потенциала современных подростков, находят общие закономерности изменений, выявляют региональные особенностью. Раннее выявление различных нарушений репродуктивной системы девочек и их своевременная коррекция представляет собой управляемый фактор сохранения здоровья подростков [4], [6].

В современной научно литературе, посвященной ювенильной гинекологии, большое внимание уделяется вопросу влияния различных факторов на становление репродуктивной функции и состояние репродуктивной системы. Многими исследованиями доказано наличие особенностей показателей полового и физического развития девочек-подростков в зависимости от конституциональных, этнических и территориальных и экологических факторов.

Экономические преобразования последних десятилетий в республике привели к возникновению ряда медицинских, социальных и этических проблем, которые отразились на состоянии здоровья населения в целом и на показателях здоровья девушек-подростков и их репродуктивном потенциале.

Особенно актуальна в современных условиях проблема изучения особенностей деадаптации постоянных жительниц горных регионов республики, в том числе девочек-подростков, к условиям низкогорья.

Целью данного исследования было изучение характера изменений и особенностей менструальной функции у девочек-подростков, внутренних мигрантов из высокогорных регионов республики, в зависимости от продолжительности проживания в условиях низкогорья.

Материалы и методы:

Было проведено когортное исследование. Обследовано 387 девочек-подростков, внутренних мигрантов из высокогорных регионов республики. Критериями включения в группы были: возраст (16-18 лет), рождение и проживание в одном из регионов КР, факт внутренней миграции в течение 1-2 месяцев, также информированное согласие на участие в исследовании. Информированное согласие и анкета разработаны на кафедре, и одобрены локальным комитетом по биоэтике.

Для анализа менструальной функции изучались средний возраст менархе, становление менструальной функции продолжительность, болезненность, количество прокладок в день, ведение менструального календаря на основе анамнеза, соблюдение гигиены.

Сравниваемые группы были репрезентативными и расчеты проводились путем определения статистической значимости различия средних и относительных величин, критерии Стьюдента и коэффициента корреляции на 100 обследованных.

Проводился их анкетный опрос с определением горного стажа девочек-подростков и стажа их проживания в низкогорье, возраста менархе, длительности менструального цикла, числа дней менструации, степени их регулярности и объема кровопотери до и после переезда в условия низкогорья. Полученные данные сравнивали с таковыми у девочек-подростков, постоянных жительниц г. Бишкек (n = 280).

Результаты и их обсуждение

Средний возраст обследованных девочек-подростков, внутренних мигрантов составил 16,5±0,4 лет, а девочек-подростков, постоянных жительниц г. Бишкек – 16,3±0,6 лет. Средний стаж проживания в условиях низкогорья (г. Бишкек) девушек-мигрантов составляет 3,9 лет. Из общего числа опрошенных девочек-подростков, внутренних мигрантов у 21,0% стаж проживания в низкогорье был до 1 года, у 58% - от 1 до 5 лет и у 21% - более – 5 лет.

Как известно, в норме первая менструация - менархе появляется в возрасте 12 – 13 лет через 2 – 2,5 года после телархе - начала развития молочных желез, которое является первым фенонотипическим изменением в препубертатном периоде, происходящим в среднем в 10 лет. Выяснение возраста начала первой менструации (менархе) показало, что средний возраст её у девочек-подростков, внутренних мигрантов из горных регионов республики составил 16,04±0,02 лет, что было позже более чем на 2 года, чем у подростков, жительниц г. Бишкек, возраст менархе которых был в среднем 13,4±0,03 (рис.1).

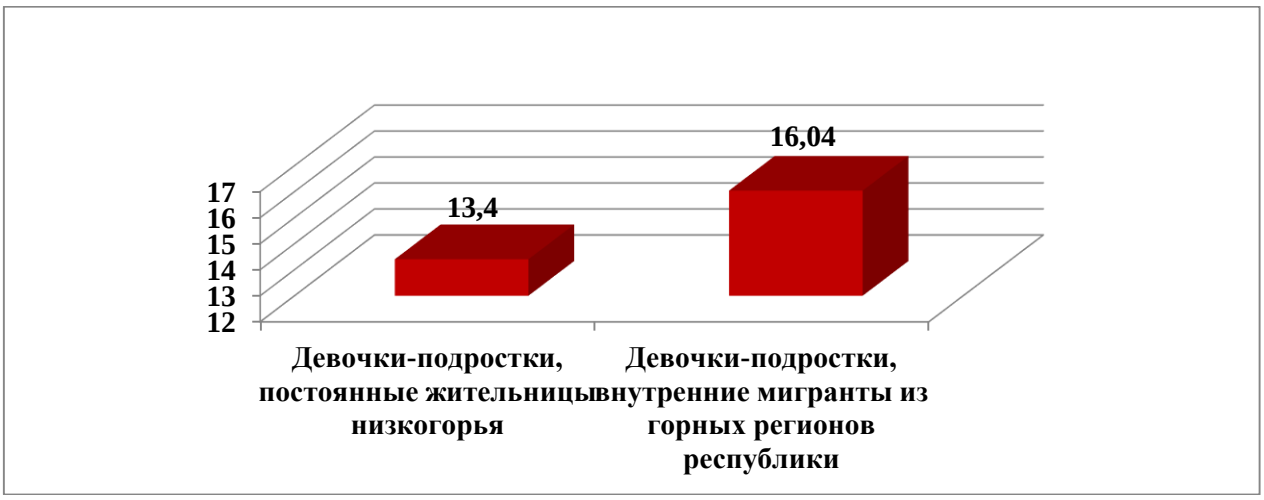


Рис. 1 – Возраст менархе девочек-подростков, постоянных жительниц низкогорья (г. Бишкек) и внутренних мигрантов из горных регионов республики

На изменение регулярности менструального цикла и его длительности после перемены места жительства указали в среднем 22,6% из числа опрошенных девочек-мигрантов. Анализ полученных данных показал, что средняя продолжительность менструального цикла, у девочек-подростков, постоянных жительниц низкогорья составляла 27,8±0,04 дней, а у девочек-подростков, внутренних мигрантов из горных регионов республики, колебалась от 29,7±0,02 до 28,21±0,01 в зависимости от длительности проживания в условиях низкогорья (табл. 1.,2.). При этом удлинение цикла выявлено у 71% девочек-мигрантов, а укорочение – у 9,8%. Длительность дней менструации у данной категории девочек-подростков в среднем составляла 4,6±0,01 дней, и по мере нарастания стажа проживания в долине наблюдалось уменьшение дней менструации от 5,05 до 4,16 дней.

Таблица 1. – Характеристика менструальной функции девочек-подростков, постоянных жительниц низкогорья (г. Бишкек) (n=280)

Показатели	Возраст менархе	Длительность менструации (дни)	Длительность менструального цикла (дни)	Регулярность менструального цикла (%)
M±m	13,4± 0,03	4,5±0,01	27,8±0,04	97,8

Таблица 2 – Характеристика менструальной функции девочек-подростков, внутренних мигрантов из горных регионов республики

Группы / Показатели	стаж до 1 года n=81	стаж от 1 до 5 лет n=225	стаж 5 и более лет n=81
Возраст менархе	16,02± 0,02	16,03±0,02	16,03±0,02
Длительность менструации (дни)	5,05±0,01	4,64±0,01	4,16±0,01
Длительность менструального цикла (дни)	29,7±0,02	28,31±0,02	28,21±0,01
Регулярность менструального цикла (%)	56,6	59,8	89,8

На изменение регулярности менструального цикла и его длительности после перемены места жительства указали в среднем 27,6% из числа опрошенных девочек-мигрантов, у которых к моменту перемены места жительства начались менструации (рис. 2.).

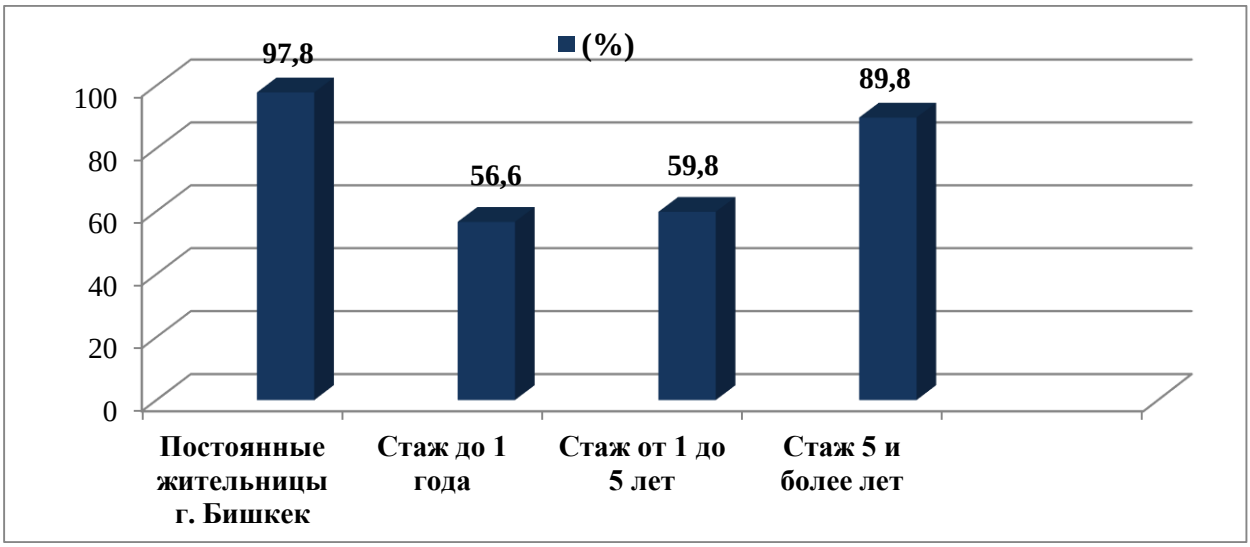


Рис. 2 – Регулярность менструального цикла у девочек-подростков, постоянных жительниц низкогорья (г. Бишкек) и внутренних мигрантов из горных регионов республики в зависимости от стажа проживания в условиях низкогорья (%)

Наибольшее число девочек-подростков, указавших на нерегулярность цикла, имели стаж до 1 года (56,6%). Но по мере нарастания времени проживания в низкогорье, число их с нарушением регулярности цикла уменьшалось.

Большинство девочек-подростков, внутренних мигрантов (65,3%) указали на некоторое увеличение количества теряемой крови во время менструации, особенно в течение первого года проживания в низкогорье.

Выводы

Таким образом, исследование особенностей менструальной функции и тенденций её изменений в ответ на переезд девочек-подростков, коренных жительниц высокогорья в условия низкогорья показало, что наблюдается некоторое

удлинение менструального цикла и увеличение дней непосредственно менструации. Кроме того, наблюдалось увеличение и количество теряемой крови во время менструации. Перемена места жительства влияла и на регулярность менструального цикла. Особенно выражены данные изменения при сроке проживания девочек-подростков в условиях низкогорья до 1 года. Затем, по мере нарастания стажа, эти изменения нивелировались, что обусловлено адаптацией женского организма к изменившимся условиям внешней среды.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Атамбаева, Р.М. Стандарты физического развития городских и сельских детей школьного возраста высокогорных регионов Кыргызской Республики: методическое пособие/ Р. М. Атамбаева, Э.Н. Мингазова, Ж.К. Исакова- Москва-Казань: Изд. НИИ ОЗ им. Н.А. Семашко, Изд. Академии наук РТ, 2017.- 40с.
2. Атамбаева, Р.М. Медико-социальные аспекты формирования и охраны репродуктивного здоровья девушек-подростков Кыргызской республики [Текст] / Р.М. Атамбаева, Э.Н. Мингазова, Ж.К. Исакова. – Бишкек, 2017. – 207 с.
3. Данилова И.М. Репродуктивный потенциал девочек-подростков Алтайского края: автореф.дис….канд.мед.наук: 14.00.01 / Данилова И.М.-Омск, 2008.-24с.
4. Лебедева М.Г. Медико-социальные и социально-географические особенности формирования репродуктивного здоровья девушек – подростков: автореф.дисс. …канд.мед.наук. / Лебедева М.Г. М., 2010.23с.
5. Губанова, Е.А. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика репродуктивного здоровья девочек-подростков городского и сельского населения Чувашской республики [Текст]: дисс. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / Е.А. Губанова – Москва, 2009.–137 с.
6. Кореневский, А.В. Нарушение гипоталамической регуляции репродуктивных циклов при воздействии неблагоприятных экологических факторов [Текст]: автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 03.03.01. / А.В. Кореневский – СПб., 2015. – 47 с.
7. Кох, Л.И. Факторы риска формирования репродуктивного здоровья у девушек-подростков [Текст] / Л.И. Кох, Г.А. Бурцева // Мать и дитя в Кузбассе. – 2016. – №1 (64). – С. 41 – 44.
8. Мансуркулова, Н. Факторы риска и здоровье подростков (на материалах Кыргызской республики) **[Текст]** / Н. Мансуркулова, Б.Т. Орозбекова, Ф.Ф. Муйдинов и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №5, ч.4. – С. 568 – 574.
9. Самигулина, А.Э. Репродуктивное здоровье девочек–подростков и совершенствование гинекологической службы в Кыргызской Республике [Текст] / А.Э. Самигулина. – Бишкек, 2012. – 109 с.
10. Altcheck, A. Pediatric, adolescent end young adult gynecology [Text] / A. Altcheck, L. Deligdisch et al. // Oxford: Wiley-Blackwell. – 2009. – 112 p.
11. Charania, J.S. Disorder of sexual development in menstrual dysfunction [Text] / J.S. Charania, V.V. Salaskar // Journal Obstet Gynaecol India. – 2014. – Vol. 63, № 3. – P. 190– 193.
12. Fleischman, A. Adolescent menstrual abnormalities [Text] / A. Fleischman, C. Gordon // Pediatric Endocrinology. New York: Informa Healthcare, 2007. – Vol. 5. – №2. – P. 349 – 360

Список литературы на английском языке / References in English

1. Atambaev, R.M. Standarty fizicheskogo razvitiya gorodskikh i selskikh detei shkolnogo vozrasta vysokogornykh regionov Kyrgyzskoi Respubliki: metodicheskoe posobie [Standards for Physical Development of Urban and Rural Children of School-age in High Regions of the Kyrgyz Republic: Methodological Manual] / R. M. Atambaev, E.N. Mingazova, Zh.K. Isakova – Moscow-Kazan: Publishing House. Research Institution of Public Health named after N.A.Semashko, Published by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2017. [in Russian]
2. Atambaev, R.M. Mediko-sotsialnye aspekty formirovaniya i okhrany reproduktivnogo zdorovya devushek-podrostkov Kyrgyzskoi respubliki [Medical and Social Aspects of the Formation and Protection of Reproductive Health of Adolescent Girls in the Kyrgyz Republic**]** [Text] / R.M. Atambaev, E.N. Mingazova, Zh.K. Isakova. – Bishkek, 2017. – 207 p.
3. Danilova I. M. Reproduktivnyi potentsial devochek-podrostkov Altayskogo kraya: avtoref.dis….kand.med.nauk: 14.00.01 [Reproductive Potential of Teenage Girls in Altai Krai: Thesis Abstract of MD: 14.00.01]. – Omsk, 2008. – 24p. [in Russian]
4. Lebedeva M. G. Mediko-sotsialnye i sotsialno-geograficheskie osobennosti formirovaniya reproduktivnogo zdorovya devushek – podrostkov: avtoref. diss. …kand.med.nauk. [Medical, Social and Geographical Features of the Formation of Reproductive Health of Adolescent Girls: Thesis Abstract of MD] M., 2010.23p. [in Russian]
5. Gubanova, E.A. Sravnitelnaya ekologo-fiziologicheskaya kharakteristika reproduktivnogo zdorovya devochek-podrostkov gorodskogo i selskogo naseleniya Chuvashskoi respubliki [Comparative Ecological and Physiological Characteristics of Reproductive Health of Adolescent Girls Among the Urban and Rural Population of the Chuvash Republic**]** [Text]: Thesis Abstract of MD: 03.00.13 / E.A. Gubanova – Moscow, 2009. – 137 p. [in Russian]
6. Korenevsky, A.V. Narushenie gipotalamicheskoi regulyatsii reproduktivnykh tsiklov pri vozdeistvii neblagopriyatnykh ekologicheskikh faktorov [Violation of Hypothalamic Regulation of Reproductive Cycles when Exposed to Adverse Environmental Factors] [Text]: Thesis Abstract of PhD in Biology: 03.03.01. / A.V. Korenevsky – St. Petersburg., 2015. – 47 p. [in Russian]
7. Koch, L.I. Faktory riska formirovaniya reproduktivnogo zdorovya u devushek-podrostkov [Risk Factors for Reproductive Health of Adolescent Girls] [Text] / L.I. Koch, G.A. Burtseva // Mat' i ditia v Kuzbasse [Mother and Child in Kuzbass]. – 2016. – No. 1 (64). – P. 41 - 44. [in Russian]

8. Mansurkulova, N. Faktory riska i zdorovye podrostkov (na materialakh Kyrgyzskoi respubliki) [Risk Factors and Health of Adolescents (based on materials collected in the Kyrgyz Republic)] [Text] / N. Mansurkulova, B.T. Orozbekova, F.F. Muidinov et al. // Mezhdunarodniy zhurnal prikladnykh I fundamentalnikh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. – 2016. – No. 5, part 4. – P. 568 - 574. [in Russian]

9. Samigulina, A.E. Reproduktivnoe zdorovye devochek–podrostkov i sovershenstvovanie ginekologicheskoi sluzhby v Kyrgyzskoi Respublike [Reproductive Health of Adolescent Girls and Improving Gynecological Services in the Kyrgyz Republic] [Text] / A.E. Samigulina. – Bishkek, 2012. – 109 p. [in Russian]

10. Altcheck, A. Pediatric, adolescent end young adult gynecology [Text] / A. Altcheck, L. Deligdisch et al. // Oxford: Wiley-Blackwell. – 2009. – 112 p.

11. Charania, J.S. Disorder of sexual development in menstrual dysfunction [Text] / J.S. Charania, V.V. Salaskar // Journal Obstet Gynaecol India. – 2014. – Vol. 63, № 3. – P. 190– 193.

12. Fleischman, A. Adolescent menstrual abnormalities [Text] / A. Fleischman, C. Gordon // Pediatric Endocrinology. New York: Informa Healthcare, 2007. – Vol. 5. – №2. – P. 349 – 360

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.015

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Научная статья

Шестакова Ж.Р.[1], Барабанова М.М.[2,] *, Варламова М.А.[3], Семенова Ю.Д.[4], Федулова А.Г.[5], Иванова Д.Ф.[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» Медицинский институт, Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (maria.highway8[at]gmail.com)

Аннотация

В статье отражается влияние продуктов на алиментарно-зависимые заболевания, и лабораторный мониторинг безопасности населения, не соответствовавших гигиеническим нормативам. Рассмотрены актуальные проблемы в области здорового питания населения в Республике Саха (Якутия), а также роль болезни эндокринной и желудочно-кишечной системы, анемии в жизни северян. В работе проводились исследования качества фактического питания населения, применялись эпидемиологические (оценочно-описательный, аналитический) и статистические методы (темпов прироста и убыли), исследования.

Ключевые слова: рациональное питание, йоддефицитные состояние, гастрит, дуоденит, микронутриенты, продовольственное обеспечение.

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE NUTRITIONAL STATUS OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Research article

Shestakova J.R.[1], Barabanova M.M.[2,] *, Varlamova M.A.[3], Semenova Yu.D.[4], Fedulova A.G.[5], Ivanova D.F.[6]

[1, 2, 3, 4, 5, 6] FSAEI of HE «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova »Medical Institute, Yakutsk, Russia

* Corresponding author (maria.highway8[at]gmail.com)

Abstract

The article reflects the effect of products on nutritional-dependent diseases, and laboratory monitoring of the safety of the population that did not meet hygiene standards. Actual problems in the field of healthy nutrition of the population in the Republic of Sakha (Yakutia), as well as the role of the disease of the endocrine and gastrointestinal systems, anemia in the life of northerners are considered. The study conducted the quality of the actual nutrition of the population, applied the epidemiological (assessment-descriptive, analytical) and statistical methods (growth rate and decrease), research.

Keywords: rational nutrition, iodine deficiency, gastritis, duodenitis, micronutrients, food supply.

Введение

Обеспечение населения доброкачественными пищевыми продуктами – один из важнейших социальных показателей, характеризующих санитарно-эпидемиологическое благополучие населения республики.

Правильное питание является важнейшим фактором, обеспечивающим здоровье человека, определяющим качество и продолжительность жизни. Основным направлением профилактики и комплексного лечения заболеваний питания является оптимизация рациона питания за счет использования специализированных продуктов различной функциональной направленности [1].

Цель

Целью настоящего исследования явилось гигиеническая оценка пищевого статуса населения РС (Я).

Материалы и методы исследования

В работе проводились исследования качества фактического питания населения, применялись эпидемиологические (оценочно-описательный, аналитический) и статистические методы (темпов прироста и убыли), исследования, использованы официальные статистические учетные данные Саха(Якутия)стат, государственный доклад «О состоянии санитарно – эпидемиологического благополучия населения в РС (Я)» за 2016-2018 год.

Результаты и обсуждение

За последние годы население потребляет больше хлеба, сахара, кондитерских изделий. Питание приобрело преимущественно углеводно-липидный характер (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Употребление базисных пищевых продуктов (на душу населения в год, килограммов) за период 2016-2018гг. [4]

Наименование продуктов	Значения показателя по годам, %			
	Рекомендуемая норма	2016	2017	2018
Хлебные продукты	125,3	135	135	135
Мясо и мясопродукты	63,3	87	87	88
Рыба и рыбопродукты	31,5	21	22	22
Молоко и молочные продуты	276,9	276	278	278
Масло растительное	11,9	9,1	9,1	9,2
Яйцо, штук	235,3	215	221	222
Сахар и кондитерские изделия	23,7	36	36	36
Картофель	67,0	81	84	86
Фрукты и ягоды	80	48	48	48
Овощи и бахчевые культуры	108,2	68	70	70

Уровень потребления хлеба, мяса, молока и масла растительного за 2016-2018 гг. в Республике Саха (Якутия) хоть и незначительно, но все же выше, чем по Дальневосточному Федеральному округу. Исключение составляют: картофель, овощи и бахчевые, фрукты и ягоды, яйца и сахар [5], [7].

По данным Саха(Якутия)стат, стоимость большинства продуктов питания растет, мясо, рыба, молоко (традиционная еда местного населения), растительное масло, овощи, фрукты самые дорогие. Торговая надбавка на оптовую и розничную торговлю продуктами питания на территории Республики Саха (Якутия) определяется стоимостью транспортных расходов от поставщиков. Продукты питания покупаются населением без учета их биологической ценности и суточной калорийности [4].

Создавшаяся ситуация является источником роста заболеваний, связанных с питанием, и общего ухудшения показателей здоровья населения Ожирение является фактором, потенцирующим развитие сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2 типа, метаболического синдрома и ряда других [2]. Ввиду роста распространенности и связанных с ним негативных последствий для здоровья, ожирение является одной из самых серьезных проблем здравоохранения (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Заболеваемость, связанная с употреблением продуктов питания в период 2017-2018гг. [9], [10]

Показатель	Количество случаев (абс.)						
	2017			2018			
	Всего	Взрослые	Дети	Всего	Взрослые	Дети	Всего темп прироста, убыли %
Анемия	3 687	1 729	1 958	2841	1368	1473	-22,9
Сахарный диабет II типа	1 636	1 634	2	1510	1510	0	-7,7
Болезни, характеризующиеся с повышенным кровяным давлением	5 408	5 386	22	4808	4791	17	-11,09
Язва желудка и двенадцатиперстной кишки	383	361	22	402	383	19	4,9%
Ожирение	1 306	805	501	878	574	304	- 32,7%
Гастрит, дуоденит	6 521	3 410	3 111	5540	2866	2674	- 15,04%

Йоддефицитные заболевания являются одной из самой распространенной неинфекционной патологией в мире. Республика Саха (Якутия) является одной из территорий Российской Федерации с низким содержанием йода.

Одной из основных целей государственной политики в области рационального питания является повышение качества работы продуктов питания, обогащенных необходимыми ингредиентами, специализированного детского питания, функциональных продуктов питания, диетических (лечебно-профилактических) продуктов питания и 88 биологически активных добавок, включая питание. В организованных группах (работа, образование) поддерживать и улучшать показатели общественного здравоохранения, вызванные ненадлежащими и необоснованными ограничениями власти. Использование продуктов, богатых микроэлементами, рассматривается как наиболее важная и приоритетная мера, от которой зависит решающее значение улучшения питания и здоровья населения России [6].

В 2018 году у детей было зарегистрировано 8013 заболеваний эндокринной системы, в том числе 1978 год с первым диагнозом, 485 - при физикальном осмотре (см. таблицу 3). Анализ распространенности дефицита микроэлементов среди населения Республики Саха (Якутия) за 2018 год показывает, что заболевания, связанные с недостатком микроэлементов, регистрируются во всех возрастных группах.

Таблица 3 – Структура заболеваемости, связанная с нехваткой микронутриентов с впервые установленным диагнозом за 2018г. [10]

Показатель	Количество случаев (абс.)		
	Всего	Взрослые	Дети
Синдром врожденной йодной недостаточности	1	х	1
Эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью	762	489	273
Другие формы нетоксического зоба	718	681	37
Субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности и другие формы гипотиреоза	332	300	32
Тиреотоксикоз (гипертиреоз)	165	155	10
Тиреоидит	240	222	18

В составе впервые установленных заболеваний, связанных с дефицитом микроэлементов, первое место занимает эндемический зоб, связанный с дефицитом йода (34%), второе - другие формы нетоксического зоба (32%), третье - субклинический гипотиреоз из-за йодного дефицита и другие формы гипотиреоза (15%).

Под контролем Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Саха (Якутия) в 2018 году насчитывалось 6297 объектов питания (в 2017-5705, в 2016-6213 годах), из которых 18,7% относятся к первой группе санитарно-эпидемиологического благополучия, 70% связан со второй и 11,2% - к третьей неудовлетворительной группе [3].

В рамках мониторинга безопасности пищевых продуктов в Республике Саха (Якутия) в 2018 году было исследовано в общей сложности 25017 образцов отечественного производства, из которых: 762 образца пищевых продуктов по санитарно-химическим показателям, 6643 образца по физико-химическим показателям, 16748 образцов по микробиологическим показателям. исследования, в том числе 503 теста на паразитологические и 361 тест на радиологические показатели. Выявлено, что за период 2016-2018 гг. Произошло снижение доли образцов пищевых продуктов, не соответствующих гигиеническим нормам по микробному загрязнению, с 11,09% в 2016 г. до 10,65% в 2018 г. и санитарно-гигиенических показателей 2 от 1,58% в 2016 году до 0,79% в 2018 году (см. таблицу 4) [8].

Таблица 4 – Доля проб отечественной пищевой продукции, не соответствующих гигиеническим нормативам, за период 2016-2018гг. % [8], [9], [10]

Исследования	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Санитарно -гигиенические	1,58	1,14	0,79
Физико-химические	6,52	4,69	3,69
Микробиологические	11,09	11,4	10,65
Паразитологические	0,81	0,27	0,59
Радиологические	0	0	0

По контролю содержания в продовольственном сырье и пищевых продуктах генетически модифицированных организмов (ГМО) отобрано и исследовано: 2016 г. – 62 пробы, 2017 г. – 50 проб, 2018 г. – 58 проб. За три года продукции, содержащей ГМО, на территории Республики Саха (Якутия) не выявлено. [9]

По контролю содержания антибиотиков в продовольственном сырье и пищевых продуктах отобрано и исследовано: 2016 г. – 155 проб, 2017 г. – 52 пробы, 2018 г. – 19 проб. За три года продукции, содержащей антибиотики, на территории Республики Саха (Якутия) не выявлено [10].

Выводы

1. У коренного населения РС (Я) самым оптимальным считается белково-липидный тип обмена веществ, соответственно, добавление в рацион продуктов из мяса и рыбы, богатые незаменимыми аминокислотами, витаминами и минеральными веществами, повышающими и укрепляющими общий иммунитет, является ключевым элементом, необходимым для приспособления к резко континентальному климату Якутии. Вместе с тем неправильно сформированное питание, несущее преимущественно углеводно-липидный характер, может стать причиной ожирения, которая предшествует ряду других серьезных заболеваний.

2. Провести гигиеническое обучение населения об основных принципах и навыках рационального здорового питания, о необходимости использования в пищевом рационе, обогащенных пищевых продуктов (выпуск хлебобулочных изделий, в производстве которых используется йодированная соль, йодказеин, витаминно-минеральные комплексы).

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

13. Герасименко Н.Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, / Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнакова Н.Г. // № 4 (12), 2016, с. 52-57;

14. Андреева Л. С. Ожирение. Классификация, этиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение / Андреева Л. С., Л. Ю. Хамнуева, Е. В. // Учебное пособие Иркутск ИГМУ 2016

15. Пахомов А.А. Продовольственная безопасность Якутии: теория, практика/ А.А. Пахомов, Е.Я. Федорова, В.Р. Дарбасов. – Новосибирск: Наука, 2016. – 208 с.

16. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) за период 2016-2018гг.

17. Никифоров А.Г. Анализ потребления продуктов питания местного производства в Республике Саха (Якутия) как фактор характеризующий потребительский спрос населения / А.Г. Никифоров // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2015. – №6 (15) – с. 119.

18. Петрова Т.Е. Питательная ценность продуктов питания и его потребление населением Якутии / Петрова Т.Е. // Аграрный вестник Урала – 2008. – №1 (43). – С. 42-43

19. Мельникова М.М. Основы рационального питания: учебнометодическое пособие / Мельникова М.М., Косованова Л.В. – Новосибирск: НГПУ, 2000. – 86 с.

20. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2016 году;

21. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2017 году;

22. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2018 году.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gerasimenko N.F., Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni [Healthy nutrition and its role in ensuring the quality of life] / Gerasimenko N.F., Poznjakovskij V.M., Chelnakova N.G // Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitanija, № 4 (12), 2016. p. 52-57; [in Russian]

2. Andreeva L. S. Chugunova Ozhirenie. Klassifikacija, jetiologija, patogenez, klinika, diagnostika, lechenie [Obesity. Classification, etiology, pathogenesis, clinic, diagnosis, treatment] /L. S. Andreeva. L. Ju. Hamnueva, E. V. Chugunova // uchebnoe posobie, Irkutsk, IGMU 2016, p. 10 [in Russian]

3. Pahomov A.A. Prodovol'stvennaja bezopasnost' Jakutii: teorija, praktika [Food Security in Yakutia: Theory, Practice] / A.A. Pahomov, E.Ja. Fedorova, V.R. Darbasov // Novosibirsk: Nauka, 2016. – p. 208 [in Russian]

4. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Saha (Jakutija) za period 2016-2018. [The territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2016-2018.], Sakha(Yakutia)stat, 2016-2018 [in Russian]

5. Nikiforov A.G., Analiz potreblenija produktov pitanija mestnogo proizvodstva v Respublike Saha (Jakutija) kak faktor harakterizujushhij potrebitel'skij spros naselenija [Analysis of the consumption of locally produced food products in the Republic of Sakha (Yakutia) as a factor characterizing the consumer demand of the population] / A.G. Nikiforov // Evrazijskij Sojuz Uchenyh (ESU),2015, №6 (15) – p. 119. [in Russian]

6. Petrova T.E, Pitatel'naja cennost' produktov pitanija i ego potreblenie naseleniem Jakutii //[The nutritional value of food and its consumption by the population of Yakutia] / Petrova T.E // Agrarnyj vestnik Urala, 2008. № 1 (43), p. 42-43 [in Russian]

7. Mel'nikova M.M., Osnovy racional'nogo pitanija [The basics of good nutrition] // Mel'nikova M.M., Kosovanova L.V; uchebnometodicheskoe posobie, Novosibirsk: NGPU, 2000. – p. 86 [in Russian]

8. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Respublike Saha (Jakutija) v 2016 [State report on the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2016] / Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Saha (Jakutija) , 2016 [in Russian]

9. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Respublike Saha (Jakutija) v 2017 [State report on the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2017] /Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Saha (Jakutija) , 2017 [in Russian]

10. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Respublike Saha (Jakutija) v 2018 [State report on the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2018] /Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Saha (Jakutija), 2018 [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.016

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
(перевод оригинальной статьи на русском языке)

Научная статья

Шестакова Ж.Р.[1], Барабанова М.М.[2,] *, Варламова М.А.[3], Семенова Ю.Д.[4], Федулова А.Г.[5], Иванова Д.Ф.[6]
[1, 2, 3, 4, 5, 6] ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» Медицинский институт, Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (maria.highway8[at]gmail.com)

Аннотация

В статье отражается влияние продуктов на алиментарно-зависимые заболевания, и лабораторный мониторинг безопасности населения, не соответствовавших гигиеническим нормативам. Рассмотрены актуальные проблемы в области здорового питания населения в Республике Саха (Якутия), а также роль болезни эндокринной и желудочно-кишечной системы, анемии в жизни северян. В работе проводились исследования качества фактического питания населения, применялись эпидемиологические (оценочно-описательный, аналитический) и статистические методы (темпов прироста и убыли), исследования.

Оригинальный текст был опубликован в Международном научно-исследовательском журнале в номер 4(94).

Ключевые слова: рациональное питание, йоддефицитные состояние, гастрит, дуоденит, микронутриенты, продовольственное обеспечение.

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE NUTRITIONAL STATUS OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)
(translation of the original research published in Russian)

Research article

Shestakova J.R.[1], Barabanova M.M.[2,] *, Varlamova M.A.[3], Semenova Yu.D.[4], Fedulova A.G.[5], Ivanova D.F.[6]
[1, 2, 3, 4, 5, 6] FSAEI of HE «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova »Medical Institute, Yakutsk, Russia

* Corresponding author (maria.highway8[at]gmail.com)

Abstract

The article reflects the effect of products on nutritional-dependent diseases, and laboratory monitoring of the safety of the population that did not meet hygiene standards. Actual problems in the field of healthy nutrition of the population in the Republic of Sakha (Yakutia), as well as the role of the disease of the endocrine and gastrointestinal systems, anemia in the life of northerners are considered. The study conducted the quality of the actual nutrition of the population, applied the epidemiological (assessment-descriptive, analytical) and statistical methods (growth rate and decrease), research.

Original research was previously published in International Research Journal issue 4(94).

Keywords: rational nutrition, iodine deficiency, gastritis, duodenitis, micronutrients, food supply.

Introduction: Providing the population with benign food products is one of the most important social indicators characterizing the sanitary and epidemiological well-being of the population of the republic.

Proper nutrition is the most important factor in ensuring human health, determining the quality and life expectancy. The main direction of the prevention and comprehensive treatment of nutritional diseases is the optimization of the diet through the use of specialized products of various functional orientations [1].

Purpose: The purpose of this study was a hygienic assessment of the nutritional status of the population of MS (I).

Materials and research methods: the study conducted the quality of the actual nutrition of the population, applied epidemiological (estimated-descriptive, analytical) and statistical methods (growth and decrease), research, used the official statistical credentials of Sakha (Yakutia) stat, state report "On the state of sanitary and epidemiological welfare Population in the Republic of Sakha (Yakutia)”for 2016-2018.

Results and discussion: In recent years, the population has consumed more bread, sugar, and confectionery. Nutrition has acquired a predominantly carbohydrate-lipid character (see table 1).

Table 1 – The structure of the incidence associated with the lack of micronutrients with the first diagnosis in 2018. [4]

Product Name	Indicator values by years,%			
	Recommended Norm	2016	2017	2018
Bread products	125,3	135	135	135
Meat and meat products	63,3	87	87	88
Fish and fish products	31,5	21	22	22
Milk and dairy products	276,9	276	278	278
Vegetable oil	11,9	9,1	9,1	9,2
Egg, pieces	235,3	215	221	222
Sugar and confectionery	23,7	36	36	36
Potato	67,0	81	84	86
Fruits and Berries	80	48	48	48
Vegetables and gourds	108,2	68	70	70

The level of consumption of bread, meat, milk and vegetable oil for 2016-2018 in the Republic of Sakha (Yakutia), although slightly, it is still higher than in the Far Eastern Federal District. The exceptions are: potatoes, vegetables and melons, fruits and berries, eggs and sugar [5], [7].

According to Sakha (Yakutia) stat, the cost of most food products is growing, meat, fish, milk (traditional food of the local population), vegetable oil, vegetables, fruits are the most expensive. The trade allowance for the wholesale and retail trade in food products in the Republic of Sakha (Yakutia) is determined by the cost of transportation costs from suppliers. The population without regard to their biological value and daily calories buys food products. [4]

This situation is a source of growth in nutrition-related diseases and a general deterioration in the population's health indicators. Obesity is a factor potentiating the development of cardiovascular diseases, type 2 diabetes mellitus, metabolic syndrome and several others. Due to the increasing prevalence and associated negative health effects, obesity is one of the most serious public health problems (see table 2) [2].

Table 2 – The incidence associated with the use of food in the period 2017-2018. [9], [10]

Indicator	Indicator Number of cases (abs. Number)						
	2017			2018			
	Total	Adult Population	Child Populatio n	Total	Adult Population	Child Populat ion	Total growth rate, loss%
Anemia	3 687	1 729	1 958	2841	1368	1473	-22,9%
Type II diabetes mellitus	1 636	1 634	2	1510	1510	0	-7,7%
Diseases characterized by high blood pressure	5 408	5 386	22	4808	4791	17	-11,09%
Gastric and duodenal ulcer	383	361	22	402	383	19	4,9%
Obesity	1 306	805	501	878	574	304	-32,7%
Gastritis, duodenitis	6 521	3 410	3 111	5540	2866	2674	-15,04%

Iodine deficiency diseases are one of the most common non-infectious diseases in the world. The Republic of Sakha (Yakutia) is one of the territories of the Russian Federation with a low iodine content.

One of the main goals of the state policy in the field of rational nutrition is to improve the quality of work of foods enriched with necessary ingredients, specialized baby foods, functional foods, dietary (therapeutic and prophylactic) foods and 88 dietary supplements, including nutrition. In organized groups (work, education), maintain and improve public health indicators caused by inappropriate and unreasonable power restrictions. The use of micronutrient-rich foods is seen as the most important and priority measure on which the crucial importance of improving nutrition and the health of the Russian population depends [6].

In 2018, 8013 diseases of the endocrine system were registered in children, including 1978 with the first diagnosis, 485 - upon physical examination (see table 3). An analysis of the prevalence of micronutrient deficiency among the population of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2018 shows that diseases associated with micronutrient deficiency are recorded in all age groups.

Table 3 – The structure of the incidence rate associated with micronutrient deficiency with the first diagnosis in 2018. [10]

Indicator	Number of cases (abs. number)		
	Total	Adults Population	Childs Population
Congenital iodine deficiency syndrome	1	x	1
Endemic goiter associated with iodine deficiency	762	489	273
Other forms of non-toxic goiter	718	681	37
Subclinical hypothyroidism due to iodine deficiency and other forms of hypothyroidism	332	300	32
Thyrotoxicosis (hyperthyroidism)	165	155	10
Thyroiditis	240	222	18

Among the newly established diseases associated with micronutrient deficiency, the first place is occupied by endemic goiter associated with iodine deficiency (34%), the second - other forms of non-toxic goiter (32%), the third - subclinical hypothyroidism due to iodine deficiency and other forms of hypothyroidism (fifteen%).

Under the control of the Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Republic of Sakha (Yakutia), in 2018 there were 6,297 food facilities (in 2017-5705, in 2016-6213), of which 18.7% belong to the first group of sanitary and epidemiological welfare, 70% is associated with the second and 11.2% - to the third unsatisfactory group [3].

As part of food safety monitoring in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2018, a total of 25017 samples of domestic production were examined, of which: 762 food samples by sanitary-chemical indicators, 6643 samples by physico-chemical indicators, 16748 samples by microbiological indicators. research, including 503 tests for parasitological and 361 tests for radiological indicators. It was revealed that for the period 2016-2018. The share of food samples that did not meet hygienic standards for microbial contamination decreased from 11.09% in 2016 to 10.65% in 2018 and sanitary indicators 2 from 1.58% in 2016 to 0. 79% in 2018 (see table 4) [8].

Table 4 – The proportion of samples of domestic food products that do not meet hygiene standards for the period 2016-2018. % [8], [9], [10]

Research	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Sanitary and hygienic	1,58	1,14	0,79
Physicochemical	6,52	4,69	3,69
Microbiological	11,09	11,4	10,65
Parasitological	0,81	0,27	0,59
Radiological	0	0	0

To control the content of genetically modified organisms (GMOs) in food raw materials and food products, we selected and studied 2016 - 62 samples, 2017 - 50 samples, 2018 - 58 samples. For three years, products containing GMOs were not detected in the Republic of Sakha (Yakutia). [9]

To control the content of antibiotics in food raw materials and food products, they were selected and studied: 2016 - 155 samples, 2017 - 52 samples, 2018 - 19 samples. For three years, products containing antibiotics were not detected in the Republic of Sakha (Yakutia) [10].

Conclusions

1. In the indigenous population of MS (I), the protein-lipid type of metabolism is considered the most optimal, respectively, the addition of meat and fish products to the diet, rich in essential amino acids, vitamins and minerals that increase and strengthen general immunity, is a key element necessary for adaptation to the sharply continental climate of Yakutia. However, malformed nutrition, which is primarily carbohydrate-lipid in nature, can cause obesity, which precedes a number of other serious diseases.

2. Conduct hygienic training for the population on the basic principles and skills of a healthy diet, on the need to use fortified foods in the diet (production of bakery products that use iodized salt, iodine casein, vitamin and mineral complexes).

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Герасименко Н.Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, / Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнакова Н.Г. // № 4 (12), 2016, с. 52-57;

2. Андреева Л. С.Чугунова Ожирение. Классификация, этиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение / Андреева Л. С., Л. Ю. Хамнуева, Е. В. // Учебное пособие Иркутск ИГМУ 2016

3. Пахомов А.А. Продовольственная безопасность Якутии: теория, практика/ А.А. Пахомов, Е.Я. Федорова, В.Р. Дарбасов. – Новосибирск: Наука, 2016. – 208 с.

4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) за период 2016-2018гг.

5. Никифоров А.Г. Анализ потребления продуктов питания местного производства в Республике Саха (Якутия) как фактор характеризующий потребительский спрос населения / А.Г. Никифоров // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2015. – №6 (15) – с. 119.

6. Петрова Т.Е. Питательная ценность продуктов питания и его потребление населением Якутии / Петрова Т.Е. // Аграрный вестник Урала – 2008. – №1 (43). – С. 42-43

7. Мельникова М.М. Основы рационального питания: учебнометодическое пособие / Мельникова М.М., Косованова Л.В. – Новосибирск: НГПУ, 2000. – 86 с.

8. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2016 году;

9. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2017 году;

10. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2018 году.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gerasimenko N.F., Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni [Healthy nutrition and its role in ensuring the quality of life] / Gerasimenko N.F., Poznjakovskij V.M., Chelnakova N.G // Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitanija, № 4 (12), 2016. p. 52-57; [in Russian]

2. L. S. Andreeva, L. Ju. Hamnueva, E. V. Chugunova Ozhirenie. Klassifikacija, jetiologija, patogenez, klinika, diagnostika, lechenie [Obesity. Classification, etiology, pathogenesis, clinic, diagnosis, treatment] / L. S. Andreeva. L. Ju. Hamnueva, E. V. Chugunova // uchebnoe posobie, Irkutsk, IGMU 2016, p. 10 [in Russian]

3. Pahomov A.A., Prodovol'stvennaja bezopasnost' Jakutii: teorija, praktika [Food Security in Yakutia: Theory, Practice] / A.A. Pahomov, E.Ja. Fedorova, V.R. Darbasov // Novosibirsk: Nauka, 2016. – p. 208 [in Russian]

4. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Saha (Jakutija) za period 2016-2018. [The territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2016-2018.], Sakha(Yakutia)stat, 2016-2018 [in Russian]

5. Nikiforov A.G., Analiz potreblenija produktov pitanija mestnogo proizvodstva v Respublike Saha (Jakutija) kak faktor harakterizujushhij potrebitel'skij spros naselenija [Analysis of the consumption of locally produced food products in the Republic of Sakha (Yakutia) as a factor characterizing the consumer demand of the population] / A.G. Nikiforov // Evrazijskij Sojuz Uchenyh (ESU),2015, №6 (15) – p. 119. [in Russian]

6. Petrova T.E, Pitatel'naja cennost' produktov pitanija i ego potreblenie naseleniem Jakutii //[The nutritional value of food and its consumption by the population of Yakutia] / Petrova T.E / Agrarnyj vestnik Urala, 2008. № 1 (43), p. 42-43 [in Russian]

7. Mel'nikova M.M., Osnovy racional'nogo pitanija [The basics of good nutrition] // Mel'nikova M.M., Kosovanova L.V; uchebnometodicheskoe posobie, Novosibirsk: NGPU, 2000. – p. 86 [in Russian]

8. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Respublike Saha (Jakutija) v 2016 [State report on the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2016] / Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Saha (Jakutija) , 2016 [in Russian]

9. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Respublike Saha (Jakutija) v 2017 [State report on the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2017] /Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Saha (Jakutija) , 2017 [in Russian]

10. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Respublike Saha (Jakutija) v 2018 [State report on the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2018] /Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Saha (Jakutija), 2018 [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.017

КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ ДО 3 ЛЕТ Г.ОМСКА

Научная статья

Волошина И.М. *
ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, Омск, Россия

* Корреспондирующий автор (25082000.80[at]mail.ru)

Аннотация

Кариес зубов временного прикуса очень актуальная проблема современной стоматологии. Течение кариеса в младшем дошкольном возрасте имеет ряд особенностей, в том числе и региональные. Цель работы - клиническая характеристика стоматологического статуса детей в возрасте до 3 лет г.Омска. В результате исследования выявлена высокая поражаемость кариесом детей младшего дошкольного возраста, причём большое число поражённых зубов к моменту формирования временного прикуса, делает проблему кариеса в детском возрасте требующей незамедлительного решения.

Ключевые слова: кариес зубов, дети, кариесрезистентность, кариесподверженность.

CLINICAL CHARACTERISTICS OF THE DENTAL STATUS OF CHILDREN UNDER THE AGE OF 3 IN OMSK

Research article

Voloshina I.M. *
FSBEI HE OmSMU of the Ministry of Health of Russia, Omsk, Russia

* Corresponding author (25082000.80[at]mail.ru)

Abstract

Tooth decay of the temporary occlusion is a relevant problem in modern dentistry. The course of tooth decay at the young preschool age has a number of features including regional ones. The main purpose of the work is to list clinical characteristics of the dental status of children under the age of 3 in Omsk. As a result of the study, a high prevalence of caries among children of preschool age is revealed, and a large number of affected teeth at the time of the formation of the temporary occlusion turn the problem of caries in childhood into such that requires an immediate solution.

Keywords: tooth decay, children, caries resistance, susceptibility to caries.

В детском возрасте клиника всех стоматологических заболеваний имеет ряд особенностей и закономерностей, связанных с анатомо-физиологическим строением организма ребёнка в целом и челюстно-лицевой области, в частности. Общее состояние организма ребенка и особенности гигиены полости рта обуславливают не только большую, чем в зрелом возрасте, поражаемость кариесом, но и предопределяет своеобразие клинического течения этого заболевания.

При этом кариес зубов является проблемой не только медицинского, но и социального значения. Кариес нередко сопровождается социальной дезадаптацией, которая связана с ухудшением эстетики и внешнего вида, утрата или снижение функции зубов приводит к нарушению деятельности отдельных органов и систем организма: как следствие, человек становится менее активным и работоспособным. Кроме того, зубы в любом возрасте являются важной составляющей полноценной речи, активного вербального общения, коммуникабельности, а, следовательно, полноценности психических и поведенческих реакций. Особенно снижается качество жизни при кариесе зубов и его осложнений у детей: ребенок болеет - испытывает физические страдания, родитель вынужден брать больничный лист по уходу за ребенком. Что, в свою очередь ухудшает социоадаптацию родителя, снижает его эффективность как работника: производственный процесс страдает, появляется психологическая дестабилизация и неудовлетворенность его, коллег и руководителя, также уменьшается уровень дохода самого родителя, организации, становится меньше.

Нами было проведено описательное аналитическое когортное проспективное исследование. Для этого нами было проведено мониторирование состояния здоровья беременных женщин и их мужей, а далее родившихся от них детей (до трёхлетнего возраста). Полученные данные, выявленные взаимосвязи между состоянием организма родителей, характером течения беременности и здоровьем детей носит проспективный характер.

Под нашим наблюдением находились 169 беременных женщин в возрасте 17 – 46 лет со сроком беременности 7 – 38 недель (средний возраст обследованных беременных женщин составил 31,6±1,4 года), 34 мужчины в возрасте 16-56 лет – (мужья беременных женщин**)** и 172 ребёнка, рождённых обследованными женщинами. Период исследования составил более четырёх лет: беременные женщины, находившиеся под наблюдением, стали мамами.

Таким образом, нами был изучен стоматологический статус 172 детей, рожденных от находящихся под наблюдением родителей. Мониторирование состояния временных зубов осуществляли с рождения ребенка в течение 3 лет, с периодичностью осмотров 1 раз в 6 месяцев. Обследование и опрос проводили в роддоме № 1 г. Омска (главный врач С.В. Николаев), а также на базе ГКСП №1 г. Омска (главный врач – Матешук А.И.). Осмотр полости рта проводили с помощью типового набора стоматологических инструментов. Для оценки стоматологического статуса отмечали сроки прорезывания зубов, фиксировали появление очагов деминерализации (их количество, локализация, размеры, форма, цвет, характер поверхности очага поражения, определение интенсивности прокрашивания 2% водным раствором метиленового синего) и дефектов эмали; в процессе наблюдения также

отмечали появление новых кариозных полостей (их размер, локализация), сохранность пломб, количество зубов, удалённых по поводу осложненного кариеса, выявляли мягкий и твёрдый зубной налёт, наличие воспалительных заболеваний тканей пародонта. Полученные данные фиксировали в специально разработанной карте.

Первый осмотр детей, рожденных от находящихся под наблюдением родителей, был проведён в возрасте до 1 мес. У 4 детей (2,3%) на момент рождения были прорезавшиеся зубы, во всех наблюдаемых случаях это центральные резцы нижней челюсти. Все дети были рождены от матерей с соматической патологией и сочетанным токсикозом. На момент первого осмотра у 9 детей (5,2%) были прорезавшиеся зубы - таким образом, в возрасте до 1 месяца все дети были кариесрезистентны. Все остальные индексы – ИГ, РМА – в данном возрасте нами было принято решение не определять в связи с их неинформативностью в данном случае, а также по морально-этическим нормам.

В возрасте 6 месяцев все осмотренные нами дети оставались кариесрезистентными, в то время как к 1 году 4 ребёнка (2,3%) уже имели поражённые кариесом зубы. В возрасте двух лет уже в 15 раз больше детей (37,7%) имели неинтактные зубы, причём у 8 из них выявлено активное течение кариеса. У этих кариесподверженных детей в возрасте 2 лет было поражено кариесом в среднем 5 зубов (20-25% от имеющихся зубов в полости рта).

Наиболее резкий рост числа поражённых зубов выявлен в период с 1 года до 2 лет, что можно объяснить достаточно интенсивным ростом и серьёзной перестройкой организма. В этом возрасте в организме ребёнка количественные изменения активно переходят в качественные: рост и увеличение массы тела, развитие мышечной и костной систем, созревание структур организма и совершенствование его функций. Также в этом возрасте большинство осмотренных нами детей начинало посещать детские дошкольные учреждения: сменился характер питания, увеличилась психо-эмоциональная нагрузка на организм, активизировалась деятельность ещё не в полной мере сформированной иммунной системы (так как стала более интенсивна встреча с инфекционными агентами), снизились кратность и уровень гигиены полости рта.

Индекс гигиены выявил тенденцию к росту, увеличившись в среднем на 54% к 1,5 годам, и ещё на 19% - к 2-х-летнему возрасту. Весьма объяснимым следствием увеличения индекса гигиены явился рост индекса гингивита с нулевых значений в среднем до 7,5% в возрасте 2 лет.

Необходимо отметить, что снижение уровня гигиены у детей при различной активности течения кариеса достоверно отличается. Так, стабильно хорошая гигиены выявлена на протяжении всего периода наблюдения у кариесрезистентных детей, однако признаки слабого воспаления (в среднем 6,0%) определены в возрасте 2 лет, снизившиеся к 2,5 годам.

Максимальные значения индекса гигиены на протяжении всего периода наблюдения выявлены в группе детей с активным течением кариеса: начиная с полуторалетнего возраста значение ИГ увеличилось до 2,1 и ниже данного значения не опускалось, обнаруживая лишь тенденцию к росту. Отличия в значении ИГ между группами являются достоверными, но не значимыми. Так, в возрасте 1,5 лет гигиенический индекс в группе детей с компенсированным кариесом составил 1,7, что на 23% ниже, чем в группе детей с активным течением. У двухлетних детей разница в цифровых значениях ИГ составила в среднем 1,0 балл, а ещё через полгода – 1,1 балл, однако спустя 6 месяцев гигиенический индекс в группе с активным течением кариеса был ниже, чем в других группах кариесподверженных детей.

Абсолютное число обследованных детей в возрасте 3 лет кариесподвержены (91,9%). Кариесрезистентны лишь 8,1%.

Средний индекс кп детей в возрасте 3 лет составил 5,3±0,9, а при активном течении кариеса кп=8,3±1,4.

Необходимо отметить тот факт, что, несмотря на проведённое гигиеническое обучение и воспитание родителей в период беременности и после рождения ребёнка, а также работу по формированию навыков гигиены полости рта у малышей, ИГ по Фёдорову-Володкиной во всех группах не оказался удовлетворительным или хорошим, в среднем он составил 2,6.

Таким образом, состояние полости рта детей младшего дошкольного возраста города Омска находится в неудовлетворительном состоянии и требует регулярного проведения лечебно-профилактических мероприятий.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Алимский А.В. Состояние зубов и пародонта у населения Российской Федерации и потребность в специализированной стоматологической помощи / А.В. Алимский // Стоматология. – 2005. – № 8. – С. 3-5.
2. Влияние интенсивности поражения зубов кариесом и гигиенического состояния полости рта на качество жизни детей 3-6-летнего возраста / Л. П. Кисельникова [и др.] // Институт стоматологии. – 2012. – № 1 (54). – С. 28-30.
3. Воевода Е.А. Особенности минерализующей функции слюны у детей с различной степенью активности кариеса зубов / Е.А. Воевода, И.Н. Голубева, Е.И. Остапко // Современная стоматология. – 2014. – № 1 (58). – С. 79-80.
4. Возможности регуляции кариесрезистентности у детей подросткового возраста с помощью жевательных таблеток для профилактики кариеса / Л. П. Кисельникова [и др.] // Стоматология детского возраста и профилактика. - 2013. - Т. 12, № 3. - С. 64-70.
5. Денисенко Л.Н. Оценка минерализующего потенциала ротовой жидкости беременных женщин / Л.Н. Денисенко, Т.В. Колесова, В.Н. Наумова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 9-6. – С. 1003-1005.
6. Детская стоматология : пер. с англ. / под ред. Р. Р. Велбери [и др.]. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 455 с.
7. Зыкин А.Г. Оптимизация методов профилактики основных стоматологических заболеваний у детей младшего школьного возраста и подростков / А.Г. Зыкин // Проблемы стоматологии. – 2014. – № 3. – С. 54-56.

8. Изучение особенностей фосфорно-кальциевого обмена в патогенезе кариеса у детей подросткового возраста / Л. П. Кисельникова [и др.] // Российский медицинский журнал. – 2014. – № 2. – С. 27-30.

9. Кариес зубов у детей дошкольного возраста / О.А. Павловская [и др.] // Dental Forum. – 2013. – № 4 (50). – С. 2-4.

10. Леонтьев В.К. Кариес и процессы минерализации. (Разработка методических подходов, молекулярные механизмы, патогенетическое обоснование принципов профилактики и лечения) : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В.К. Леонтьев. – Москва, 1978. – 45 с.

11. Леонтьев В.К. Концепция типовой вариабельности физиологической индивидуальности фундаментальная основа системной профилактики и комплексной терапии в стоматологии / В. К. Леонтьев, В. В. Колпаков, А. В. Брагин // Стоматология. – 2005. – № 5. – С. 4-9.

12. Леонтьев В.К. Профилактика стоматологических заболеваний / В.К. Леонтьев, Г.Н. Пахомов. – Москва : КМК-Инвест, 2007. – 700 с.

13. Шевченко О. В. Модель областной программы первичной профилактики основных стоматологических заболеваний / О. В. Шевченко // Стоматология детского возраста и профилактика. - 2014. – Т. 13, № 3 (50). – С. 8-11

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alimskii A.V. Sostoyanie zubov i parodonta u naseleniya Rossiiskoi Federatsii i potrebnost v spetsializirovannoi stomatologicheskoi pomoshchi [Condition of Teeth and Periodontium among the _Population of the Russian Federation and the Need for Specialized Dental Care] / A.V. Alimsky // Stomatologiya [Dentistry]. – 2005. – No. 8. – P. 3-5. [in Russian]

2. Vliyanie intensivnosti porazheniya zubov kariesom i gigienicheckogo sostoyaniya polosti rta na kachectvo zhizni detei 3-6-letnego vozrasta [Effect of Tooth Decay Intensity and Hygiene of the Oral Cavity on the Quality of Life of 3-6-year-old Children] / L. P. Kiselnikova [et al.] // Institut stomatologii [Institute of Dentistry]. – 2012. – No. 1 (54). – P. 28-30. [in Russian]

3. Voevoda E.A. Osobennosti mineralizuyushhej funktsii slyuny u detei s razlichnoi stepenyu aktivnosti kariesa zubov [Peculiarities of the Mineralizing Function of Saliva in Children with a Different Degree of Activity of Dental Caries] / E.A. Voevoda, I.N. Golubeva, E.I. Ostapko // Sovremennaya stomatologiya [Modern Dentistry]. – 2014. – No. 1 (58). – P. 79-80. [in Russian]

4. Vozmozhnocti regulyatsii kariesrezistentnosti u detei podrocstkovogo vozracsta s pomoshchyu zhevatelnykh tabletok dlya profilaktiki kariecsa [Possibilities of Regulation of Caries among Adolescents with Chewable Pills for the Prevention of Caries] / L. P. Kiselnikova [et al.] // Stomatologiya detskogo vozrasta i profilaktika [Dentistry for Children and Prevention]. – 2013. – V. 12, – No. 3. – P. 64-70. [in Russian]

5. Denisenko L.N. Otsenka minepalizuyushchego potentsiala rotovoi zhidkosti beremennykh zhenshchin [Evaluation of Mineralization Potential of Oral Fluid of Pregnant Women] / L.N. Denisenko, T.V. Kolesova, V.N. Naumova // Fundamentalniye issledovaniya [Fundamental Research]. – 2013. – No. 9-6. – P. 1003-1005. [in Russian]

6. Detskaya stomatologiya : per. s angl. / pod ped. R. R. Velberi [i dr.] [Children's Dentistry: Transl. from English / ed. by P. P. Velbery [et al.]] – Moscow: GEOTAR-Media, 2013. – 455 p. [in Russian]

7. Zykin A.G. Optimizatsiya metodov profilaktiki osnovnykh stomatologicheckikh zabolevanii u detei mladshego shkolnogo vozracsta i podrostkov [Optimization of Methods for the Prevention of Basic Dental Diseases in Children at Primary School and Adolescents] / A.G. Zykin // Problemy stomatologii [Problems of Dentistry]. – 2014. – No. 3. – P. 54-56. [in Russian]

8. Izuchenie osobennostei fosforno-kaltsievogo obmena v patogeneze kariesa u detei podrostkovogo vozrasta [Study of Special Phosphorus-Calcium Metabolism in the Pathogenesis of Caries among Adolescents] / L.P. Kiselnikova [et al.] // Russian Medical Journal. – 2014. – No. 2. – P. 27-30. [in Russian]

9. Karies zubov u detei doshkolnogo vozrasta [Tooth Decay in Preschool Children] / O.A. Pavlovskaya [et al.] // Dental Forum. – 2013. – No. 4 (50). – P. 2-4. [in Russian]

10. Leontyev V.K. Karies i protsessy mineralizatsii. (Razrabotka metodicheskikh podkhodov, molekulyarnye mekhanizmy, patogeneticheckoe obosnovanie printsipov profilaktiki i lecheniya) : avtopef. dis. ... d-ra med. nauk [Caries and Mineralization Processes. (Development of Methodological Approaches, Molecular Mechanisms, Pathogenetic Justification of the Principles of Prevention and Treatment): Thesis Abstract of MD] / V.K. Leontyev. – Moscow, 1978. – 45 p. [in Russian]

11. Leontyev V.K. Kontseptsiya tipovoi variabelnosti fiziologicheckoi individualnosti fundamentalnaya osnova sistemnoi profilaktiki i kompleksnoi terapii v stomatologii [Concept of Typical Variability of a Physiological Individuality is Fundamental for Basic Prevention and Complex Therapy in Dentistry] / V.K. Leontyev, V.V. Kolpakov, A.V. Bragin // Stomatologiya [Dentistry]. – 2005. – No. 5. – P. 4-9. [in Russian]

12. Leontyev V.K. Ppofilaktika stomatologicheskikh zabolevanii [Prevention of Dental Diseases] / V.K. Leontyev, G.N. Pakhomov. – Moscow: KMK-Invest, 2007. – 700 p. [in Russian]

13. Shevchenko O. V. Model oblastnoi programmy pervichnoi profilaktiki osnovnykh stomatologicheskikh zabolevanii [Model of the Regional Program of Primary Prevention of Major Dental Diseases] / O. V. Shevchenko // Stomatologiya detskogo vozrasta I profilaktika [Pediatric Dentistry and Prevention]. – 2014. – V. 13, – No. 3 (50). – P. 8-11 [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.018

АЛГОРИТМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ УСЛОВИЯХ ТРУДА

Научная статья

Красовский В.О. *
ORCID: 0000-0003-2185-9167,
Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека,Уфа, Россия

* Корреспондирующий автор (vokras[at]gmail.com)

Аннотация

Рассматриваются проблемы формализации санитарно-гигиенической информации об условиях труда, которая является исторической необходимостью для дальнейшего развития санитарной службы страны и развития отечественной гигиены и физиологии труда, как теоретического и прикладного знания о работающем человеке, профилактике профессиональных заболеваний и болезней трудоспособного возраста, разработки управленческих решений по повышению производительности труда, максимального сохранения работоспособности и трудового долголетия человека. Определена постановка задачи формализующий процедуры: математическими методами снизить размерность исходной матрицы, в которой производится непосредственное сравнение исследуемых многомерных объектов {Xi} с эталонным параметром {Ki} и подготовить результаты вычислений в формах однозначных (альтернативных) оценок к ранжированию и иной корректной классификации.

Ключевые слова: гигиена труда, профессиональные заболевания и болезни трудоспособного возраста, повышение производительности труда, формализующие алгоритмы.

FORMALIZING AND MODELING ALGORITHMS OF HEALTH-RELATED INFORMATION ON LABOUR CONDITIONS

Research article

Krasovsky V.O. *
ORCID: 0000-0003-2185-9167,
Ufa Scientific Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

* Corresponding author (vokras[at]gmail.com)

Abstract

The article considers the problems of formalizing sanitary and hygienic information on labour conditions, which is a historical necessity for further development of the country's sanitary service and the development of domestic hygiene and physiology of work as theoretical and applied knowledge of a working person, studies the ways of preventing occupational diseases and diseases of working age, the development of management decisions aimed at increasing labour productivity maximizing the preservation of working capacity and human longevity. The problem of defining the formalizing procedure is indicated – mathematical methods can reduce the dimension of the original matrix with a direct comparison of the investigated multidimensional objects {Xi} with the reference parameter {Ki} and the results of calculations in the forms of unambiguous (alternative) estimates for ranking and other correct classification can be prepared.

Keywords: occupational health, occupational diseases and diseases of working age, increased labour productivity, formalizing algorithms.

Формализация медицинской информации – процедура отображения, представления результатов наблюдения, познания (анализа, синтеза) в точных понятиях и определениях, выраженных в знаковой форме, как в вербальной (термины). так и в символьной (формулы, схемы, коды) в целях их однозначной интерпретации для поиска причин и обстоятельств развития ситуации, оценки объекта и т.д.. *Моделирование – процедура построения формы, содержащей в себе взаимоотношения внешних и внутренних процессов в получаемой (анализируемой, изучаемой) информации, с максимальным значением показателей аппроксимации и другими оценками формализации реальности.*

Для Российского государства единственная альтернатива успешного развития – это повсеместное внедрение "цифровых технологий". Формализация прикладного знания определена исторической необходимостью, обоснование которой находим ещё в трудах английского философа и математика Дж. Милля [1] – историческое развитие каждой науки проходит два этапа: описательный (эмпирический) и экспериментальный (с формальными обобщениями).

Известные преобразования в нашем обществе и в производственных отношениях изменили традиционные парадигмы здравоохранения (а также санитарной службы, отечественной гигиены) в предположении постепенной передачи прав на сохранение здоровья самим гражданам. Данное обстоятельство, на наш взгляд является решающим механизмов для дальнейшего развития точных наук в профилактической медицине страны и ускоренного развития методических подходов внедрения систем формализации санитарно-гигиенической информации, санитарным ситуациям, выполнении санитарного законодательства, а также по другим требованиям [2].

Примером могут служить мероприятия Роспотребнадзора по совершенствованию государственной системы социально-гигиенического мониторинга [3] наблюдаемое в последнее время в связи с развитием процедур очистки от устарелых ведомственных документов ("Регуляторная гильотина" [4]).

Другим примером является внедрение риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия [5] существенно облегчившей планирование проверочной деятельности, выбор "объектов угрожаемых по санитарному благополучию" и тем самым, снизившей затраты на этот вид деятельности службы согласно административному регламенту проверок.

Необходимость формализации санитарно-гигиенический информации о состоянии условий труда, как совокупности действующих разнородных производственных вредностей, образуемой социально-экономическими причинами и обстоятельствами обусловлена ожидаемым дальнейшим реформировании Роспотребнадзора – государственной службы, отвечающей за предупреждение заболеваний населения. Следует ожидать, что внедрение компьютерных технологий с однозначными оценками ситуаций будет основой для решения задач оперативного управления санитарными ситуациями и профессиональными рисками здоровья работников [6], разработки гигиенические требования и обоснования мероприятий для максимального продления трудового долголетия работника, обеспечения повышения производительности его труда, оптимизации условий труда, а также разрабатывать прогнозы заболеваемости, обусловленной профессиональными вредностями для планирования возмещения ущерба здоровью. В этих аспектах наиболее актуальными выглядят вопросы должны составлять вопросы гигиенической экспертизы новых производств. В настоящее время уже невозможно разрабатывать и внедрять управленческие решения по профилактике профессиональных и производственно-обусловленных болезней работающих (work related diseases [7]) без конкретного знания ситуации, прогноза её развития, что возможно только после обработки многообразной информации и её формализации.

Цель: на базе материалов санитарно-гигиенических исследований из 26 обследованных производствах [6], [8], [9] разработать и предложить алгоритм формализации однозначной (альтернативной) оценки отдельных изолированных вредностей, а также их действующих совокупностей на здоровье работников с тем, чтобы использовать формализованные модели в обосновании управленческих решений по оптимизации условий труда, прогнозах развития санитарных ситуаций, ожидаемой заболеваемости обусловленной работой и в решение других задач.

Под "альтернативной оценкой условий труда" [6], [8], [9] понимаем процедуру сравнительного анализа ("результат-норматив"), итог которой заключён в получении однозначной величины, позволяющей ответить на вопрос: отвечает ли многомерный объект наблюдения всему многообразию предъявляемых к нему санитарно-гигиенических требований? Должны заметить, когда в гигиенической науке обосновали "принцип безвредного порога" сразу же возникла проблема что нормировать: отдельную изолированную вредность или же их совокупность? И, как получить множественную оценку многообразного воздействия в одном числе (одной цифре)?

Основной принцип гигиенического нормирования условий труда заключён в поиске и обосновании безвредных и безопасных (уровней) порогов производственного воздействия. Существует предел, при котором профессиональная вредность оказывается безопасной и/или безвредной для здоровья человека. Соответствующие значения индифферентных порогов находят своё отражение в утверждаемых Роспотребнадзором "Гигиенических регламентах": ПДК - предельно-допустимые концентрации загрязнений воздуха рабочей зоны, "ОБУВ" - ориентировочные безопасные уровни загрязнений рабочей среды, ПДУ предельно-допустимые уровни биологического и физического фактора, а также и другие показатели.

Определим, что алгоритм – это последовательность действий (схема) в отличие от формулы, которая определяет, в общем случае порядок расчётов.

Алгоритм гигиенического анализа и оценки специальной информации, получаемой в исследованиях на производстве представлен простым соотношением в парах "норматив-результат". При этом определяют величины итогов анализов и/или замеров по отношению к специфическому пороговому уровню обоснованного для конкретной вредности (например, ПДК для отдельных компонентов химического загрязнения рабочей среды или ПДУ для физических факторов [10], [11]).

В отечественной гигиене труда сложилась особая схема качественного анализа для обобщения в однозначные формализующие показатели (по классам вредности) санитарно-гигиенической информации о состоянии условий труда. Существует специальный документ призванный создавать частные и общие оценки условий труда – Руководство Р.2.2.2006-05 [12] путём классификации определяемых несоответствий эталонных требований реальным значениям отдельных профессиональных вредностей (факторов производственной среды и трудовой деятельности). Схема оценивания предусматривает три этапа:

- процедуру сравнения с поиском несоответствий нормативам замеров и/или анализов итоги которой можно назвать "индексом вредности"(соотношения в парах "значение фактора – норматив");
- оценка отдельного действующего элемента производится отнесением величины "индекса вредности" к интервалу, установленному Руководством Р.2.2.2006-05 [12] с последующим определением класса вредности (отметим, что классы вредности в обсуждаемом документе не оценивают дозо-эффективные зависимости, а предлагаемые интервалы для сравнения расхождений на наш взгляд недостаточно обоснованы [13]);
- формирование общей оценки условий труда по множеству частных оценок пар "норматив-результат" с соблюдением двух принципов: по наивысшему показателю классу вредности или повторяемости одинаковых классов с увеличением показателя вредности на одну степень [12].

Описанные этапы представляют собой последовательность анализа соотношения результатов измерений и их нормативов, не только не учитывают дозу вредности и атрибутику самого гигиенического нормирования, что затрудняет формализующие процедуры, а также реальные ситуации. Одна часть гигиенических нормативов определяет действие вредности по отношению к порогу "не более, не выше"(пример: химическое загрязнение среды, зашумление и т.д.). Другая часть – "не ниже, не менее" (параметры световой среды, например). Третья часть в

интервале: "не более – не менее (к примеру: температурный режим на рабочих местах, другие параметры метеофактора).

Введём и обсудим понятие "индекс вредности - Iv". Несмотря на звучность названия — это простое отношение реального значения фактора к его нормативу. В частности, Iv — это результат отнесения реального анализа к предельно допустимой концентрации, замера к предельно допустимому уровню. Можем представить следующие варианты индекса вредности в традиционной практике гигиенических исследований, которые необходимо учитывать в формализующих операциях.

Вариант 1: "Один результат – один норматив":

$$\mathrm{Iv} = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{N}} \tag{1}$$

Вариант 2: "Средний результат множества замеров, анализов отнесённый к единому нормативу":

$$Iv(srd) = \sum_{i} \frac{R}{N} \tag{2}$$

Вариант 3: "Множество разнородных замеров, анализов с соответствующими отдельными нормативами":

$$\mathrm{Iv} = \sum_{\mathrm{i}} \frac{\mathrm{R1}}{\mathrm{N1}} + \cdots + \frac{\mathrm{Rn}}{\mathrm{Nn}} \tag{3}$$

В равенствах 1 – 3: Iv – индекс вредности, R/N – отношение "результат-норматив".

Однако, указанные соотношения (1 - 2) не могут учесть атрибутику условий гигиенических нормативов "не выше, не менее, в интервале" и особенно в последнем варианте процедур сравнения "результат - норматив". В таких ситуациях непосредственное сравнение исследуемых многомерных объектов {Xi} с эталонным параметром {Ki} может быть выполнено разными методиками вычислительной математики. Например, методом дискриминационного анализа и/или вычислением функционалов расстояний в разных пространствах: Евклидовом, Колмогоровском и других [14]. Сокращение размерностей происходит в соотношении норматива и реального результата, которые имеют одинаковые единицы измерения (концентрации, люксы, децибелы и т.д.) и затем классифицируются с помощью математических и гигиенических методов. Данные соображения повышают эффективность оценивающей процедуры.

Задачи такого класса достаточно подробно рассмотрены в капитальном труде С.А. Айвазяна с соавт. [14]. Для поставленных задач использовали методику оценки расстояний во взвешенном Евклидовом пространстве [6], [14], [15]. На наш взгляд это наиболее оптимальный приём для формализации санитарно-гигиенической информации.

Практика многолетних исследований на производстве по гигиене труда, анализ и оценка их результатов [6] привела к следующему алгоритму формализации сведений об условиях труда для альтернативной оценки профессиональных вредностей (постановка зпадачи): снизить размерности исходной информации, которая в парах "результат-норматив" представлена одинаковыми физическими, химическими, биологическими единицами (в/м, а/м, мг/м^3 и т.д.) и сформировать однозначные оценки многообразия профессиональных вредностей на основе методов математических классификаций. Так, в исследованиях получена концентрация химического вещества А.: 7 мг/м^3. Предельно-допустимая концентрации этого загрязнения: 5 мг/м^3. Деление результата (7 мг/м^3) на нормируемую величину (5 мг/м^3) даёт значение индекса вредности 1,4 и/или: превышение эталона в 1,4 раза. Следовательно, применённая процедура заменяет две цифры на одну, которая характеризирует количественную оценку несоответствия требованиям гигиенического регламента.

При этом исходная матрица размером n x m представляемая массивом информации "замер/анализ – норматив" сокращается до столбиковой (строчной) и/или единичной. С другой стороны, указанная величина превышений в 1,4 раза согласно классификации Руководства Р.2.2.2006-05 [12] концентрация 7 мг/м^3 по отношению к предельно-допустимой концентрации 5 мг/м^3 оценивается классом вредным первой степени (превышение в 1.4 раза) – класс 3.1.

Обсудим предлагаемую общую схему снижения размерности исходной гигиенической информации об условиях труда. Этот массив может быть представлен матрицей первый столбец которой содержит результаты замеров и анализов, второй – нормативы (ПДК, ПДУ и пр.), третий столбец предназначен для записи построчных частных от указанного деления. Данная процедура и есть алгоритм сокращения размерности исходной информации, поскольку первые два столбца дают третий, объединяющей в себе их информацию.

Данное обстоятельство создаёт новое качество для оценки условий труда: появляется возможность учитывать подпороговые воздействия. Согласно теории, все производственные факторы ниже пороговых значений (ПДК, ПДУ и пр.) следует считать безвредными. Однако, на практике совокупность действующих подпороговых воздействий может быть реализована в форме аддитивной реакции. Традиционный подход в сравнении замера / анализа с нормативом (и с таблицами Руководства Р. 2.2.2006-05 [12]) не позволяют оценить значимость и вероятность такой реакции. Раньше такие ситуации объясняли, как "воздействие факторов малой интенсивности". Также объяснение этой реакции можно списать и на "индивидуальную чувствительность" работника (до сих пор не определённую дефиницию).

Рассмотрим расчёт индекса вредности предлагаемым способом вычисления функционалов расстояний в Евклидовом пространстве [6], [14], [15]. В случае если норматив имеет условие "не выше, не более":

$$\mathrm{Iv} = \sqrt{\sum_{i,j}(\mathrm{di} * \mathrm{d0}^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{n-1}} = 1{,}833 * 1{,}5 * \frac{1}{\sqrt{5}} = 1{,}229\ \text{у. е.} \quad (4)$$

где n – число слагаемых пар "норматив (ПДК)-результат" (n – 1, если n ≤ 30), d_0 – нормативное значение параметров (факторов) производственной среды, d_i – результат измерения или анализа.

Пример 1. Положим, что в шести анализах воздуха рабочей зоны получены следующие концентрации: (1,2+1,5+1,8+2,2+2,5+1,8): 6 = 1,833 мг/м^3, предельно-допустимая концентрация не более 1,5 мг/м3. Расчёт по формуле 4 даёт: Iv = 1,229 у. е.

Оценка результата в формулах 4 – 9:

- если индекс вредности Iv> 1,0 у. е., то в совокупности информации могут быть варианты больше норматива, но в целом во всём множестве парных значений преобладают превышения норматива;

- если индекс вредности Iv ≤ 1,0 у. е., то в совокупности информации могут быть варианты больше норматива, но в целом в ней преобладают значения ниже норматива.

Пример 2. Норматив имеет условие "не выше, не более". Положим, что в шести анализах воздуха рабочей зоны получены концентрации: (0,2+0,4+0,8+0,6+0,5+0,4): 6 = 0,483 мг/м^3, предельно-допустимая концентрация 0,5 мг/м^3. Расчёт по формуле 3 даёт: Iv = 0,410 у. е.

$$\mathrm{Iv} = \sqrt{\sum_{i,j}(\mathrm{d0} * \mathrm{di}^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{n-1}} = 0{,}5 * 1{,}833 * \frac{1}{\sqrt{5}} = 0{,}410\ \text{у. е.} \quad (5)$$

Полученное значение индекса по формуле 5 свидетельствует о возможности превышений отдельными значениями ряда замеров предельно-допустимой концентрации, но в целом в общей альтернативной оценке анализов преобладают значения ниже норматива (на 0,590 у. ед.!).

Пример 3. Если норматив имеет интервальные условия "не более (не выше) – не менее (не ниже)", то уместно предложить такой способ расчёта индекса вредности:

$$\mathrm{Iv} = \sqrt{\sum_{i,j}(\mathrm{di} * \mathrm{d0}^{-1})^2 \ldots + \cdots (\mathrm{d0} * \mathrm{di}^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

где n = 2*n – число слагаемых пар "норматив-результат".

Положим, что для рабочего места работника А.: (работа категории 1а) требуется соблюдение оптимальных значений температуры воздуха в интервале не менее 22 ^{0}С и не более 24 ^{0}С. В трёх замерах получены следующие результаты: (22,5+23,2+23,9): 3 = 23,2 ^{0}С, которые подставим в формулу 6. Получим следующее равенство (7):

$$\mathrm{Iv} = \sqrt{\sum_{i,j}(23{,}2 * 22^{-1})^2 + (24 * 23{,}2^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{5}} = 0{,}646 \quad (7)$$

Из формулы 7 следует что измеренные значения температуры воздуха (Iv = 0.646 у. ед.) не выходят за пределы интервальных границ норматива (22 – 24 ^{0}С), но не исключают наличие единичных превышений.

Спектральное содержание производственных шумов определено 10 разными предельно-допустимыми уровнями интенсивности (дБ) по октавам среднегеометрических частот (Гц), а также эквивалентным уровнем непостоянного шума дБА. Нет необходимости в подробном объяснении теории гигиенической оценки звука, поэтому остановимся на **таблице 1:** она содержит сведения о нормативах (ПДУ) и результатов измерений интенсивности звука (дБ) в октавных полосах среднегеометрических частот (столбцы 1,2,3). В формализующую процедуру альтернативной оценки спектрального содержания шумов введём два понятия.

Первое - единичный индекс вредности – это величина, получаемая в расчётах по формуле 2: один норматив и замеры (анализы) – "не более, не выше". Из этих значений сформирован столбце 4. Сумма столбца принимается за 100 %, что позволяет применить обычную пропорцию для определения значимости каждой позиции таблицы (или: место нарушения интенсивности звука на отдельной частоте). В результате получаем структуру нарушений местных нормативов (по отдельным частотам) и из обсуждаемой таблицы 1 следует, что больше всего несоответствий гигиеническим требованиям определено для среднегеометрических частот 63 Гц и 1000 Гц. Это и есть второе вводимое понятие: "структура нарушений". С её помощью можем оценить роль каждой оценки в их совокупности в анализе условий труда или отдельных факторов производственной среды и трудовой деятельности.

Итоговый результат сокращения размерности двух рядов таблицы 1 (10 х 10) в вычислительных операциях по формуле 2 (не выше, не более) с учётом каждой позиции "норматив-результат" равен 3,197 у. ед.

Эта величина оценивает совокупность отношений 10 реальных замеров к 10 отдельным нормативам для данного измерения и указывает на наличие несоответствий нормативам (с превышением и/или занижением). Преимущества такого анализа спектрального содержания шума заключены в возможности учесть подпороговые значения отдельных составляющих звука (ниже ПДУ), а также и в оценках математической классификации многообразной гигиенической информации. Для этого в анализируемой таблицу 1 оформили последний столбец 4: "Структура нарушений" с возможностью дальнейшего ранжирования измерений и / или иерархического анализа [14].

Таблица 1 – Пример оценки спектрального содержания шума

Октавные полосы (дБ) среднегеометрических частот, Гц	Предельно-допустимые уровни звука, дБ	Результаты измерений, дБ	Единичный индекс при n=1 ($di * d0^{-1}$)	Структура нарушений (индекса вредности), %%
1	***2***	***3***	***4***	***5***
31,5	107	98	0,961	10,6
63	95	102	1,036	11,5
125	87	97	1,027	11,4
250	82	85	1,016	11,2
500	78	82	1,017	11,3
1000	75	78	1,040	11,5
2000	73	70	1,006	11,1
4000	71	68	0,964	10,7
8000	69	65	0,967	10,7
		Сумма:	9,034	100,0 %

Относительная простота вычислений может создать впечатление об их неактуальности. Действительно, для иллюстраций сознательно взяли небольшое число данных и наиболее простые примеры. Другое дело, когда необходимо проанализировать достаточно большие массивы информации и не по одной паре "норматив-результат", а по нескольким и с разной атрибутикой нормативами. В этом случае применение вычислительной техники, программное обеспечение и формализация исходной санитарно-гигиенической информации – необходимое условие анализа.

Индексы вредности представляют собой унифицированные, взвешенные и распределённые в едином числовом пространстве соотносительные единицы, которые могут быть использованы с должной корректностью в самых разных сравнительных вычислительных операциях. Описанные свойства индексов вредности в нашей формализующей модели наиболее полно проявляется в формировании структур их распределений по факторам и в сравнительной оценке условий труда. При этом особым обстоятельством является использование взвешенных величин евклидовых метрик, позволяющих сравнивать пары "норматив-результат" при разных числах наблюдений (замеров, анализов).

Пример показан в таблице 2. Структуры индексов вредности позволяют сравнивать гигиенические характеристики самых разных производств из-за того, что в них уже заложены соответствующие специфические требования:

Таблица 2 – Сравнительная оценка условий труда по структурам индексов вредности на разных производственных объектах

Наименования производственных факторов	Структура нарушений (%%)			В среднем, по трём объектам (%%)
	Цех 1	Цех 2	Цех 3	
1	***2***	***3***	***4***	***5***
1. Химические загрязнения	19	18	0,1	12,4
2. Шумовые загрязнения	15	23	0,5	12,8
3. Вибрации	8	2	0,3	3,4
4. Микроклимат	39	32	0,1	23,7
5. Световой климат	10	16	81	35,7
6. Электромагнитные поля	9	9	18	12,0
Итого:	100 %	100 %	100 %	100 %

И з таблицы 2 следует:

- в цехах 1 и 2 наибольшее число нарушений зарегистрировано по химическому, шумовому фактору и микроклиматическим показателям;
- в цеху 3 наиболее актуальны нарушения по микроклиматическому фактору.

Углублённый анализ материалов таблицы 2 позволит наметить приоритетные мероприятия по оздоровлению условий труда на изученных объектах. Разработка компьютерного обеспечения [8] алгоритмов вычислений индексов вредности не представляет особых затруднений. Например, в приложении Excel описанные расчётные формулы взвешенных функционалов будут выглядеть следующим образом:

А. Индекс вредности не ≥: = КОРЕНЬ(C5*1/C7) ^2*1/КОРЕНЬ(C9);

Б. Индекс вредности не ≤: = КОРЕНЬ(C16*1/C14) ^2*1/КОРЕНЬ (C18).

При этом запись макроса состоит из позиций: "Введите результат, введите норматив, введите число наблюдений…" [8].

Заключение. В итоге математического анализа санитарно-гигиенической информации об условиях труда в 26 производственных объектах разработан и предложен алгоритм формализации для однозначной (альтернативной) оценки вредностей действующих на здоровье работников.

Формализующая процедура создаёт системную модель, обладающую рядом полезных свойств: учётом подпороговых значений, атрибутики гигиенического нормирования (не больше, не меньше, в интервале), возможностью получения альтернативных оценок отдельных вредностей, их совокупности, а также сравнительного ранжирования изолированных производственных факторов, целых предприятий, что позволяет разрабатывать профилактические управленческие решения по оптимизации условий труда и для решения иных задач.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of interests

None declared

Список литературы / References

1. Милль Д. Система логики силлогистической и индуктивной: изложение принципов доказательств в связи с методами научного исследования, М., "Ленанд", 2011 г., с. 646-649. [Электронный ресурс] / Милль Д. URL.: https://vk.com/doc 35927296_365095 136 (дата обращения 18.01.2020).
2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии: Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. // Собрание законодательства Российской Федерации № 14, 05.04.99, ст.1650 [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/901729631 (дата обращения 24.01.2020).
3. Положение о проведении социально-гигиенического мониторинга: Постановление Правительства РФ от 02.02.2006 г. № 60 // Собрание законодательства Российской Федерации, N 23, 05.06.2000, ст.2436 [Электронный ресурс]. URL: http://base.garant.ru/12144791/ (дата обращения 15.01.2020).
4. Поручения Дмитрия Медведева о подготовке перечня правовых актов СССР и РСФСР для признания утратившими силу или недействующими на территории Российской Федерации: Документ опубликован не был. Принят и введён в действие 11 сентября 2019. [Электронный ресурс] URL.: http://docs.cntd.ru/ document /561311217 (дата обращения 18.01.2020).
5. МР 5.1.0116-17 Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий. - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека - 2017 г. – 145 с. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/555601296 (дата обращения 15.01.2020).
6. Красовский В.О. /Прогноз безвредного стажа работающих во вредных условиях / В.О. Красовский, Г.Г. Максимов, Ю.Г. Азнабаева // Под научной редакцией профессора Максимова Г.Г. – Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: OmniScriptum GmbH & Co. KG. - 2014 – 224 с. [Электронный ресурс]. URL: https:// www.lap-publishing.com/site/home/10 (дата обращения 15.01.2020).
7. Красовский В.О. Производственно-обусловленные заболевания и эволюция болезней, связанных с работой (аналитический обзор) /В.О. Красовский // Вестник Тверского государственного университета. Серия "Биология и экология". Вып. 8. 2008. – С. 51-53 [Электронный ресурс]. URL https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11689587 (дата обращения 15.01.2020).
8. Красовский В.О. Альтернативная оценка параметров условий труда / Красовский В.О., Красногорская Н.Н., Королёва Е.А. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611684 от 13.07.04.
9. Красовский В.О. Применение формализованных математических методов для гигиенической оценки производственной среды / В.О. Красовский, Н.Н. Красногорская, Е.А. Королева // Безопасность жизнедеятельности. - № 2 - 2004 г. – с. 23-29 [Электронный ресурс]. URL: http://novtex.ru/bjd/annot204.htm#2 (дата обращения 12.01.2020).
10. ГН 2.2.5.3532-18. Гигиенические нормативы «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе. Официальный интернет-портал правовой информации www. pravo.gov.ru, 23.04.2018, № 0001201804230006 [Электронный ресурс]. URL: http: //docs.cntd.ru/ document/ 557235236 (Дата обращения 08.01. 2020).
11. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах / Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 № 81. М., 2016 г. – 56 с. [Электронный ресурс]. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId =1&documentId=278412 (дата обращения: 26.01.2020).
12. Руководство Р.2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / Утверждено Главным государственным санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г. Введено: 01 ноября 2005 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора, Вып.3 (21), сентябрь 2005 год. М., 2005 г. – 245 с. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/ 1200040973 (дата обращения: 26.06.2017).
13. Красовский В.О. Краткий математический анализ существующих критериев оценки условий труда / Красовский В.О. // Валеологические вопросы взаимодействия соматосенсорных и вегетативных функций в процессе трудовой деятельности: Сборник научных трудов. - Тверь, Тверской госуниверситет. - 1999. - С. 34 - 41.
14. Прикладная статистика: Классификации и снижение размерности: Справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; под ред. С.А. Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.

15. Антомонов М.Ю. Методика формирования показателей в эколого-гигиенических исследованиях / М.Ю. Антомонов // Гигиена труда. - 1993. - № 7. - С. 20–23.

Список литературы на английском языке / References in English

1. . Dzhon Mill. Sistema logiki sillogisticheskoi i induktivnoi: izlozhenie printsipov dokazatelstv v svyazi s metodami nauchnogo issledovaniya [Syllogistic and Inductive Logic System: Statement of the Principles of Evidence in Connection with the Methods of Scientific Research] M., "Lenand," 2011, p. 646-649. [Electronic resource] URL: https://vk.com/doc 35927296_365095 136 (Accessed: 18.01.2020). [in Russian]

2. O sanitarno-epidemiologicheskom blagopoluchii: Federalnyi zakon № 52-FZ ot 30.03.1999g. [On Sanitary and Epidemiological Well-Being: Federal Law No. 52-FZ of March 30, 1999] // Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii [Meeting of the Legislation of the Russian Federation] – No. 14, 04/05/99, Article 1650 [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/901729631 (Accessed: 24.01.2020). [in Russian]

3. Polozhenie o provedenii sotsialno-gigienicheskogo monitoringa: Postanovlenie Pravitelstva RF ot 02.02.2006 g. № 60 [Regulation on Conducting Socio-Hygienic Monitoring: Decree of the Government of the Russian Federation of 02.02.2006 No. 60] // Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii [Meeting of the Legislation of the Russian Federation, N 23, 05.06.2000, Article 2443 [Electronic resource]. URL: http://base.garant.ru/12144791/ (Accessed: 15.01.2020). [in Russian]

4. Porucheniya Dmitriya Medvedeva o podgotovke perechnya pravovykh aktov SSSR i RSFSR dlya priznaniya utrativshimi silu ili nedeistvuyushchimi na territorii Rossiiskoi Federatsii [Instructions of Dmitry Medvedev on Preparation of a List of Legal Ats of the USSR and the RSFSR to be Recognized as Invalid or Inactive in the Territory of the Russian Federation] Document was not published. Adopted and enforced September 11, 2019. [Electronic resource] URL: http://docs.cntd.ru/ document /561311217 (Accessed: 18.01.2020). [in Russian]

5. MR 5.1.0116-17 Risk-orientirovannaya model kontrolno-nadzornoi deyatelnosti v sfere obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya. [Risk-oriented Model of Control and Supervisory Activity in the Field of Ensuring Sanitary and Epidemiological Well-being] Classification of business entities, activities and objects of supervision according to the potential risk of harm to human health for the organization of planned control and supervisory measures – M.: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being – 2017 – 145 p. [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/555601296 (Accessed: 15.01.2020). [in Russian]

6. Krasovskii V.O. Prognoz bezvrednogo stazha rabotayushchikh vo vrednykh usloviyakh [Forecast of Harmless Employment Period of a Working Person under Harmful Conditions] / V.O. Krasovskii, G.G. Maximov, Yu.G. Aznabaev // Under the scientific editorship of Professor Maximov G.G. - LAP Publisher -LAMBERT Academic Publishing is a trade mark of: Omni Scriptum GmbH & Co. KG. – 2014 – 224 p. [Electronic resource]. URL: https:// www.lap-publishing.com/site/home/10 (Accessed: 15.01.2020). [in Russian]

7. Krasovskii V.O. Proizvodstvenno-obuslovlennye zabolevaniya i evolyutsiya boleznei, svyazannykh s rabotoi (analiticheskii obzor) [Work-related Diseases and Evolution of Work-related Diseases (analytical review)] / V.O. Krasovskii // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya [Bulletin of Tver State University. Series "Biology and Ecology."] – Vol. 8. 2008. – P. 51-53 [Electronic resource]. URL**:** https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11689587 (Accessed: 15.01.2020). [in Russian]

8. Krasovskii V.O., Krasnogorskaya N.N., Korolyova E.A. Alternativnaya otsenka parametrov uslovii truda [Alternative Assessment of Working Conditions] // Certificate of official registration of the computer program No. 2004611684 of July 13, 2004. [in Russian]

9. Krasovskii V.O., Krasnogorskaya N.N., Koroleva E.A. Primenenie formalizovannykh matematicheskikh metodov dlya gigienicheskoi otsenki pro-izvodstvennoi sredy [Use of Formalized Mathematical Methods for Hygienic Assessment of the Industrial Environment] / V.O. Krasovskii, N.N. Krasnogorskaya, E.A. Koroleva // Life Safety. – No. 2 – 2004 – p.23-29 [Electronic resource] URL: http://novtex.ru/bjd/annot204.htm#2 (Accessed: 12.01.2020). [in Russian]

10. GN 2.2.5.3532-18. Gigienicheskie normativy «Predelno-dopustimye kontsentratsii (PDK) vrednykh veshchestv v vozdukhe GN 2.2.5.3532-18. Hygienic Standards "Maximum Allowable Concentrations (MAC) of Harmful Substances in the Air]. Official Internet portal of legal information www. pravo.gov.ru, 04/23/2018, No.0001201804230006 [Electronic resource] URL: http: //docs.cntd.ru/ document/557235236 (Accessed: 08.01. 2020). [in Russian]

11. SanPiN 2.2.4.3359-16. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k fizicheskim faktoram na rabochikh mestakh [SanPiN 2.2.4.3359-16. Sanitary and Epidemiological Requirements for Physical Factors in the Workplace] / Approved by the Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated June 21, 2016 No. 81. M., 2016 - 56 p. [Electronic resource]. URL:https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=278412 (Accessed: 26.01.2020). [in Russian]

12. Rukovodstvo R.2.2.2006-05. Rukovodstvo po gigienicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda [Guideline R.2.2.2006-05. Guidelines for Hygienic Assessment of Working Wnvironment and Labor Factors. Criteria and Classification of Working Conditions] / Approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on July 29, 2005. Introduced: November 1, 2005 // Bulleten' normativnykh i metodicheskikh dokumentov [Bulletin of normative and methodological documents of the Sanitary Inspection, Issue 3 (21), September 2005. – M., 2005 – 245 p. [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/ 1200040973 (Accessed: 26.06.2017). [in Russian]

13. Krasovskii V.O. Kratkii matematicheskii analiz sushchestvuyushchikh kriteriev otsenki uslovii truda [Brief Mathematical Analysis of Existing Criteria for Assessing Working Conditions] // Valeologicheskiye voprosy vzaimodeystviya somatosensornykh i vegetativnykh funktsiy v protsesse trudovoy deyatelnosti [Valueological Issues of the Interaction between Somato-sensory and Autonomic Functions in the Process of Work: Collection of Scientific Papers. – Tver, Tver State University. – 1999. – P. 34 - 41. [in Russian]

14. Prikladnaya statistika: Klassifikatsii i snizhenie razmernosti: Sprav. izd. [Applied Statistics: Classifications and Dimension Reduction: Ref.] / S.A. Ayvazyan, V.M. Buchstaber, I.S. Enyukov, L.D. Meshalkin; under the editorship of S.A. Ayvazyan. – M.: Finance and Statistics, 1989. – 607 p. [in Russian]

15. Antomonov M.Yu. Metodika formirovaniya pokazatelei v ekologo-gigienicheskikh issledovaniyakh [Methods of Forming Indicators in Environmental and Hygienic Studies] / M.Yu. Antomonov // Gigiyena truda [Occupational Health]. – 1993. – No. 7. – P. 20–23. [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.019

ФЕМИНИЗИРУЮЩЕЕ И МАСКУЛИНИЗИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ: КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Обзор

Сорокина Ю.А.[1,] *, Худякова Е.М.[2], Занозин А.В.[3], Копылова М.В.[4], Жирнова Н.Г.[5]
[1] ORCID: 0000-0001-8430-237X;
[1, 2, 4, 5] Приволжский Исследовательский Медицинский Институт, Нижний Новгород, Россия;
[3] Государственное бюджетное медицинское учреждение Нижегородской области «Наркологическая больница», Нижний Новгород, Россия

* Корреспондирующий автор (zwx[at]inbox.ru)

Аннотация

Желание индивида сменить пол, вызванное гендерной дисфорией, в современном мире может быть поддержано не только с помощью психотерапии, но и с помощью хирургических операций. Однако трансформация в желаемый пол может быть проведена также и с помощью фармакологической коррекции. Это наиболее консервативный способ изменения фенотипа, тем более что гендерная дисфория в подростковом возрасте может быть обратима, и лекарственное воздействие в данном случае более безопасно и менее травматично. Тем не менее, лекарственное воздействие имеет и негативные последствия на организм пациента ввиду нефизиологично высокой дозировки, подавления генетически детерминированных половых функций и активации, в связи с этим, несвойственных полу процессов. Также уделяется внимание внутриутробной вирилизации и феминизации плода, как под действием препаратов, так и при генетическом дефекте. В таком случае фармакологическая коррекция с помощью маскулинизирующих и феминизирующих препаратов при внутриутробном нарушении формировании половых признаков может быть единственным консервативном методом терапии. Данный обзор отражает современные взгляды, возможные осложнения и риски, связанные с феминизирующей и маскулинизирующей фармакотерапией.

Ключевые слова: феминизирующая фармакотерапия, маскулинизирующая фармакотерапия, трансгендер, осложнения фармакотерапии, вирилизация, феминизация

FEMINIZING AND MASCULINIZING EFFECTS OF DRUGS: CLINICAL SIGNIFICANCE

Review

Sorokina Yu.A.[1,] *, Khudyakova E.M.[2] , Zanozin A.V.[3], Kopylova M.V.[4], Zhirnova N.G.[5]
[1] ORCID: 0000-0001-8430-237X;
[1, 2, 4, 5] Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia;
[3] State Budget Medical Institution of the Nizhny Novgorod Region “Narcological Hospital”, Nizhny Novgorod, Russia;

* Corresponding author (zwx[at]inbox.ru)

Abstract

The desire of an individual to change sex caused by gender dysphoria can be supported not only with the help of psychotherapy, but also by means of surgical operations. However, transition into the desired sex can also be carried out with pharmacological correction. This is the most conservative way to change the phenotype, especially since gender dysphoria in adolescence can be reversible, and the drug effect in this case is safer and less traumatic. Nevertheless, the drug effect also has negative consequences on the patient’s body because high dosage is not physiological, genetically determined sexual functions are suppressed while processes uncharacteristic of this sex are activated. Attention is also paid to prenatal virilescence and feminization of the fetus, both under the influence of drugs and with a genetic defect. In this case, pharmacological correction with masculinizing and feminizing drugs for prenatal dysfunction of sexual characteristics formation may be the only conservative method of therapy. This review reflects current views, possible complications and risks associated with feminizing and masculinizing pharmacotherapy.

Keywords: feminizing pharmacotherapy, masculinizing pharmacotherapy, transgender, pharmacotherapy complications, virilescence, feminization.

Введение

Проблема транссексуализма в последнее время привлекает все большее внимание общественности и специалистов. Еще несколько десятилетий назад недовольство своим полом и желание его изменить считалось одним из факторов, сопровождающих психозы и другие расстройства личности [1].

Желание индивида сменить пол зафиксировано в Международной Классификации Болезней десятого пересмотра (МКБ-10) в виде диагноза «Транссексуализм» («Gender Identity Disorder»).

Транссексуализм или трансгендерность – это ощущение собственной принадлежности к противоположному полу. Трансгендерные индивидуумы испытывают диссонанс между своим биологическим и гражданским полом. Другими словами, это аномалия личности, суть которой заключена в полярном расхождении и грубом альтернативном несовпадении~~,~~ вышеупомянутых полов, или стойкое осознание своей принадлежности к противоположному полу, несмотря на правильное формирование гонад, урогенитального тракта и вторичных половых признаков, которые соответствуют генетическому полу – гендерная дисфория, т.е., когда человек не может полностью принять свой гендерный статус мужчины или женщины [2], [3]. В связи с этим были введены такие понятия как MTF-

транссексуалка (англ. MTF, MALE-TO-FEMALE) – биологически- человек мужского пола, который идентифицирует себя с женским полом и хочет быть женщиной. И FTM-транссексуал (англ. FTM, FEMALE-TO-MALE) – биологически - человек женского пола, который идентифицирует себя с мужским полом и хочет быть мужчиной.

Современные достижения в области фармакологии позволили пациентам сформировать более подходящий им фенотип в соответствии с их сексуальной идентичностью. Однако были задокументированы случаи ремиссии гендерной дисфории и желание вернуть биологически детерминированную принадлежность [4].

Коррекция пола – это сложный процесс, который включает в себя пять этапов:

- диагностическое обследование;
- психотерапию либо психологическое консультирование;
- «Real life test» (опыт проживания в желаемой гендерной роли);
- гормонотерапию;
- хирургическое вмешательство [5].

Всемирная профессиональная ассоциация по здоровью трансгендеров (WPATH) рекомендует начинать гормональную терапию после того, как специалистом будет собрана вся необходимая информация в соответствии с критериями WPATH (сведения о развитии, в т.ч. психосексуальном и текущем состоянии, об ощущении своей эмоциональной и психологической идентичности как мужчины или женщины, противоположной своему биологическому полу и др.). Также специалисту требуется оценить потенциальный психологический и социальный риск от неудачного медицинского вмешательства [5].

«Real life test» – полное погружение человеком в новую гендерную роль в повседневной жизни, без применения гормональной терапии. Этот тест играет важную роль в дальнейшем принятии решений. При этом проверяется, насколько человек уверен в своем намерении, способен ли он функционировать в новой роли, как с социальной, так и с психологической точек зрения [6].

Гормональная трансформация подростков – транссексуалов

Подростки с гендерной дисфорией часто воспринимают пубертат как нечто невыносимое. Способом предотвратить наносимый психике вред оказалось раннее медицинское вмешательство. Различные клиники начали применять к подросткам терапию, подавляющую половое созревание (терапия аналогами гонадорелизинг-гормонами). Она ослабляет дисфорию и дает лучший психологический и физический результат по сравнению со случаями, когда коррекцию пола начинают уже во взрослом возрасте. Такая фармакологическая поддержка позволяет отсрочить половое созревание и «заморозить половую функцию» до вероятной инверсии гендерной дисфории. Приобретенные гормональные изменения полностью обратимы, что позволяет при желании полностью возобновить биологическое половое созревание [7].

Менее эффективным, но более доступным может быть использование прогестинов. Прогестины подавляют секрецию гонадотропина и оказывают мягкое периферийное антиандрогенное действие на мальчиков - подростов. Депо-медроксипрогестерон подавляет овуляцию и выработку прогестерона на долгое время, однако некоторый остаточный уровень эстрогенов будет сохраняться. В больших дозах прогестины эффективны при подавлении менструального цикла в женском организме и уменьшении уровня андрогенов в мужском. Однако большие дозировки могут дать побочные действия, такие как угнетение функции надпочечников и задержку роста костей. Антиэстрогены (у девочек) и антиандрогены (у мальчиков) могут применяться, чтобы задержать половое созревание, но их эффективность гораздо ниже, чем у гонадорелизинг-гормонов-аналогов [7], [8].

Маскулинизирующая гормональная терапия для FtM-пациентов

Клинические исследования показали эффективность андрогенных препаратов для инициации маскулинизации у FtM-транссексуальных пациентов [9], [10]. Схема приема препаратов для изменения вторичных половых признаков основывается на главных принципах гормональной терапии при мужском гипогонадизме [11]. Для поднятия уровня тестостерона до мужской нормы (320–1000 нг/дл) могут применяться как парентеральные, так и трансдермальные препараты.

Наиболее часто используемые препараты:

1. Тестостерона ундеканоат. Способ введения: парентерально. Инъекция производится 1 раз в 10-14 недель. Форма выпуска:

- Раствор для внутримышечного введения, 250 мг/мл.

2. Метилтестостерон-синтетический аналог тестостерона, принимают перорально, доза устанавливается индивидуально, максимальная суточная доза – 100 мг. Форма выпуска:

- Таблетки по 5 мг и 10 мг.

3. Местеролон. Способ применения: перорально, применяют по 1, 2 таблетки 3 раза в день. Форма выпуска:

- Таблетки. По 25 мг во флаконах по 20 шт.

Перед началом применения тестостерона пациенту необходимо выяснить исходный гематокрит и липидный профиль, так как эти показатели будут меняться с течением времени. Кроме того, если у пациента имеется значительный риск развития остеопороза, необходимо получить исходную минеральную плотность костной ткани [12].

В течение нескольких месяцев после начала терапии тестостероном возникают следующие эффекты: прекращение менструаций (аменорея), увеличение растительности волос на лице и теле, изменения в распределении жира и увеличение мышечной массы, а также увеличение либидо [13], [14].

В первый год терапии тестостероном происходит изменение тембра голоса на более низкий, клиторомегалия и, в некоторых случаях, облысение волосистой части головы по мужскому типу. Наиболее успешным препаратом для борьбы с облысением в настоящее время является финастерид (ингибитор 5α-редуктазы).

Феминизирующая гормональная терапия для MtF-пациенток

Режим приема препаратов для MtF-пациенток более сложен, чем для FtM-пациентов. Необходимо применять антиандрогены одновременно с эстрогенами. Так, антиандрогены способны понизить уровень эндогенного тестостерона до уровня биологических женщин. В данном случае дополнение терапии эстрогенами даст наиболее полный эффект [23].

Гормональная терапия для трансгендерных женщин предназначена для феминизации пациентов путем изменения распределения жира, индуцирования образования груди и уменьшения роста волос по мужскому типу [13]. Эстрогены являются основной терапией для MtF-пациенток. Экзогенная терапия подавляет секрецию гонадотропина из гипофиза, что приводит к снижению выработки андрогенов [23].

Препараты феминизирующей терапии:

1. Этинилэстрадиол – перорально, дозу устанавливают индивидуально.
2. Эстрадиол– перорально, дозу устанавливают индивидуально.
3. Эстрадиола валерат – парентерально (подкожно, внутримышечно), 5–30 мг каждые 2 недели.

Антиандрогены снижают эндогенный уровень тестостерона или активность тестостерона и, таким образом, минимизируют маскулинные признаки.

К используемым антиандрогенам относятся:

• Спиронолактон – антигипертензивное средство, калийсберегающий диуретик, непосредственно замедляет секрецию тестостерона и связывание андрогена с андрогенным рецептором [7].

• Ципротерона ацетат – гестагенное соединение с антиандрогенными свойствами. Препарат не одобрен в США ввиду опасений по поводу потенциальной гепатотоксичности, но широко используется в других странах [24].

• Агонисты гонадолиберина (гозерелин, бусерелин, трипторелин) – нейрогормоны, блокирующие рецептор гонадолиберина, таким образом блокируя высвобождение фолликулостимулирующего гормона и лютеинизирующего гормона. Это ведет к высокоэффективной блокаде секреции гонад. Однако, данные препараты дорогостоящи и доступны только в форме инъекций или имплантатов.

• Ингибиторы 5-альфа-редуктазы (финастерид, дутастерид) – блокируют превращение тестостерона в более активное вещество, 5-альфа-дигидротестостерон. Данные препараты имеют благоприятное воздействие на предотвращение выпадения волос на голове, рост волос на теле, сальные железы и состояние кожи.

После введения эстрогена, на протяжении нескольких месяцев происходит формирование женского бюста (рост груди достигает максимума в среднем через 2 года после начала гормонотерапии) [16], [19], [21]; перераспределение жировой массы по женскому типу [16], [21]; замедление роста волос на теле и лице; уменьшение размеров яичек и эректильной функции.

Внутриутробная вирилизация и феминизация у плода

Смена пола может произойти в результате фармакологического воздействия на плод во время беременности матери.

Вирилизация плода — маскулинизация наружных половых органов женского плода вызванная использованием матерью на определенных стадиях беременности андрогенов или высоких доз определенных слабо андрогенных синтетических прогестагенов (прогестинов), структурно связанных с тестостероном [25]. Происходит маскулинизация у плода женских наружных половых органов, а также увеличение клитора [26].

Степень маскулинизации внешних половых органов женского плода зависит от препарата и его дозы. В настоящее время препарат, который может вызывать вирилизацию женских плодов —даназол, производное этистерона – используется для лечения эндометриоза. Маскулинизация у женского плода происходит уже при введении даназола в размере 200 мг / день, а начальная терапевтическая доза для лечения тяжелого эндометриоза — 800 мг/день. Такой же эффект на плод имеют производные тестостерона (этистерон) и 19-нортестостерон (норэтистерон, ацетат норэтистерона). Препараты производных прегнана (прогестерон, дидрогестерон, гидроксипрогестерон капроат, медроксипрогестерона ацетат, мегестрол ацетат) не вирилизуют даже в высоких дозах. Дозы, необходимые для вирилизации значительно превышают дозы, принимаемые для контрацепции [25].

При назначении высокой дозы эстрогена, происходит *феминизация плода.* В зависимости от чувствительности к мужским половым гормонам выделяют полную и неполную форму феминизации.

Полная форма феминизации характеризуется рождением ребенка с генетическим мужским и мужскими половыми железами, но наружными половыми органами, развитыми по женскому типу. Неполная форма – преимущественным развитием по женскому типу без наружных половых органов [27].

В таком случае фармакологическая коррекция с помощью маскулинизирующих и феминизирующих препаратов при внутриутробном нарушении формировании половых признаков может быть единственным консервативном методом терапии.

Осложнения фармакологической коррекции пола

Безусловно, в рамках вышеупомянутых терапевтических методик требуется индивидуальный подход к подбору доз препаратов, поскольку время выведения препаратов из организма у пациентов индивидуально и колеблется в широких пределах (может достигать несколько недель). Также стоит помнить, что самовольное превышение дозы с целью ускорения процесса трансформации, может привести к возникновению нежелательных побочных эффектов, таких как тошнота, головокружение, рвота. Вместе с тем, несоблюдение допустимой дозы может привести к особо опасным побочным действиям – к образованию доброкачественных или злокачественных новообразований в печени. А при недостаточной дозе могут вызвать: мышечную слабость, сонливость, раздражительность, депрессию, снижение либидо.

Терапия гормонами желаемого пола предполагает возникновение возможных рисков, которые усиливаются при случайном или преднамеренном повышении дозы препаратов [22], [23]. Чтобы этого избежать для всех транссексуальных пациентов, начинающих эндокринную терапию, рекомендуется предварительное обследование, а затем и регулярные наблюдения в процессе терапии [18], [28]. Также необходимо контролировать вес и артериальное давление, маркеры онкологических заболеваний, проверять функцию печени и почек, а также липидный и глюкозный обмен.

Осложнения фармакотерапии трансгендеров, за исключением связанных с формированием фенотипа определенного пола, можно сгруппировать по основным сферам воздействия препаратов: обменные (инсулинорезистентность, диабет, дислипидемия, остеопороз), связанные с фармкокинетикой препаратов (холестаз, повышение печеночных трансаминаз), про-онкогенные (рак гормон-зависимых тканей, аденома гипофиза), сердечно-сосудистые и психические (таблица 1).

Маскулинизирующая терапия, включающая тестостерон или другие андрогенные стероиды, может повысить риск гипоманиакальных, маниакальных или психотических симптомов у пациентов с имеющимися сходными психическими расстройствами. Возможно, что данное нежелательное явление связано с повышенными дозами или супрафизиологическими уровнями тестостерона в крови. Поскольку внутримышечные препараты ципионата или энантата тестостерона вводятся каждые 2–4 недели, некоторые пациенты могут заметить циклическое колебание действия препарата (например, утомление и раздражительность в конце инъекционного цикла, агрессия или приподнятое настроение в начале инъекционного цикла) [7].

Таблица 1 – Осложнения феминизирующей и маскулинизирующей фармакотерапии

Феминизирующие	Маскулинизирующие
Тромбоэмболическая болезнь Желчные камни Повышенный уровень ферментов печени Набор веса Гипертриглицеридемия	Полицитемия Набор веса Акне Андрогенная плешивость (облысение) Апноэ во сне
Гипертония Гиперпролактинемия или пролактинома	Повышенный уровень ферментов печени Гиперлипидемия Дестабилизация определенных психиатрических расстройств Гипертония Диабет 2 типа
Диабет 2 типа	Уменьшение плотности костной ткани Рак молочной железы Рак шейки матки Рак яичников Рак матки
Рак молочной железы	

В ходе исследования немецкого ученого и врача Георга Кранца вместе с учеными из Гонконгского университета было выявлено у ряда испытуемых улучшение общего состояния, на фоне гормональной терапии. Это связано со способностью острых и хронических эффектов эстрогена и тестостерона связывать транспортер обратного захвата серотонина у FtM и MtF – транссексуалов [29], [30]. К сожалению, эти данные являются предварительными, но указывают на важную роль терапии у пациентов, страдающих гендерной дисфорией.

Тем не менее, данная терапия значительно ухудшает психологическое здоровье среди трансгендерных пациентов, требующее коррекции анксиолитиками, антидепрессантами и антиманиакальными препаратами. По сравнению с общей популяцией, такие пациенты примерно в шесть раз более склонны к посещению врача по поводу депрессии и тревожности, более чем в три раза чаще получали рецепты на антидепрессанты и анксиолитики и более чем в шесть раз чаще госпитализировались после попытки самоубийства [31].

Заключение

Гормональная терапия играет большую роль в процессе смены пола у пациентов. Существует множество рекомендаций по лекарственным назначениям и контролю данной терапии. Учитывая вышеизложенное, необходимо отметить, что гормональная терапия помогает трансгендерным пациентам достичь желаемых результатов, но также может привести к серьезным метаболическим нарушениям и неблагоприятным последствиям, механизм происхождения которых требует более тщательного изучения.

Также феминизирующая и маскулинизирующая фармакотерапия может быть для адаптации и коррекции нарушения внутриутробного развития при вирилизации женского и феминизации мужского плода.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Macvicar K., The transsexual wish in a psychotic character / K. Macvicar // Int J Psychoanal Psychother. - 1978. – Vol. 7. - P. 354-365.

2. Reiner W.G. Discordant sexual identity in some genetic males with cloacal exstrophy assigned to female sex at birth / W.G. Reiner, J.P. Gearhart// New England Journal of Medicine. - 2004. – Vol. 350(4). - P. 333-341.

3. Meyer-Bahlburg H.F. Gender identity outcome in female-raised 46, XY persons with penile agenesis, cloacal exstrophy of the bladder, or penile ablation / H.F. Meyer-Bahlburg // Archives of sexual behavior. - 2005. –Vol. 34(4). –P. 423-438.

4. Marks I. Adult gender identity disorder can remit / I. Marks, Green R., Mataix-Cols D. // Compr Psychiatry. - 2000. – Vol. 41(4). - P. 273-275.

5. Coleman E. Standards of Care for the Health of Transsexual, Transgender, and Gender-Nonconforming People, Version 7. / E. Coleman, W. Bockting, M. Botzer et al. // International Journal of Transgenderism. - 2011. – Vol. 13(4). - P. 165-232. DOI:10.1080/15532739.2011.700873

6. Hembree W.C. Endocrine treatment of transsexual persons: an Endocrine Society clinical practice guideline / W.C Hembree, P.T Cohen-Kettenis, L. Gooren et al., // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2009. – Vol. 94(9). - P. 3132-3154.

7. Международные медицинские стандарты помощи трансгендерным людям/Ред. А.Ю. Бабенко, Д.Д. Исаев. – СПб.: ЦСИИ «Действие», 2015. - 200 с

8. Mahfouda S. Puberty suppression in transgender children and adolescents / S. Mahfouda, J.K. Moore, A. Siafarikas et al. // Lancet Diabetes Endocrinol. - 2017. – Vol. 5(10). - P. 816-826. doi: 10.1016/S2213-8587(17)30099-2.

9. Docter R.F. Transvestites and transsexuals : toward a theory of cross-gender behavior / R.F. Docter - New York (N.Y.),1988. – 266p.

10. Ehrbar R.D. Exploring Provider Treatment Models in Interpreting the Standards of Care / R.D Ehrbar, R.N. Gorton // International Journal of Transgenderism. - 2010. – Vol. 12(4). -P. 198-210.

11. Ekins R. The Transgender Phenomenon / R. Ekins, D. King. - Sage Publications Ltd, London, 2006. – 280 p.

12. Gardner I.H. Progress on the road to better medical care for transgender patients / I.H. Gardner, J.D. Safer // Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity. - 2013. – Vol. 20(6). - P. 553-558. doi: 10.1097/01.med.0000436188.95351.4d.

13. Giltay E. Effects of sex steroid deprivation/administration on hair growth and skin sebum production in transsexual males and females / E. Giltay , L. Gooren// The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2000. – Vol. 85(8). - P. 2913-2921.

14. Wierckx K. Long-term evaluation of cross-sex hormone treatment in transsexual persons / K. Wierckx, S. Mueller, S. Weyers et al. // The journal of sexual medicine. - 2012. – Vol. 9(10). - P. 2641-2651. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02876.x

15. Irwig M.S. Testosterone therapy for transgender men / M.S. Irwig // The Lancet Diabetes & Endocrinology. - 2017. - Vol 5(4). - P. 301-311.

16. Moore E., A. Endocrine Treatment of Transsexual People: A Review of Treatment Regimens, Outcomes, and Adverse Effects / E. Moore, A. Wisniewski, A. Dobs // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2003. – Vol. 88(8). - P. 3467-3473.

17. Lapauw B. Body composition, volumetric and areal bone parameters in male-to-female transsexual persons / B. Lapauw, Y. Taes, S. Simoens et al. // Bone. - 2008. – Vol. 43(6). - P. 1016-1021.

18. Meyer W.J. Physical and hormonal evaluation of transsexual patients: A longitudinal study / W.J. Meyer, A. Webb, C.A. Stuart et al., // Archives of Sexual Behavior - 1986. – Vol. 15(2). - P. 121-138.

19. Levy A. Endocrine intervention for transsexuals / A. Levy, A. Crown, R. Reid, // Clinical Endocrinology. - 2003. – Vol. 59(4). - P. 409-418.

20. Gooren L., Hormone Treatment of the Adult Transsexual Patient / L. Gooren // Hormone Research in Paediatrics. - 2005. – Vol. 64(suppl 2). - P. 31-36.

21. Vin Tangpricha M. Endocrinologic treatment of gender identity disorders / M. Vin Tangpricha, S.H. Ducharme, T.W. Barber et al., // Endocrine Practice. - 2003. – Vol. 9(1). - P. 12-21.

22. Gooren L.J. Long-Term Treatment of Transsexuals with Cross-Sex Hormones: Extensive Personal Experience / L.J. Gooren, Giltay E.J., M.C. Bunck// The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2008. – Vol. 93(1). - P. 19-25.

23. Dittrich R. Endocrine Treatment of Male-to-Female Transsexuals Using Gonadotropin-Releasing Hormone Agonist / R. Dittrich, H. Binder, S Cupisti. et al. // Exp Clin Endocrinol Diabetes. - 2005. – Vol. 113(10). - P. 586-592.

24. De Cuypere, G. Sexual and physical health after sex reassignment surgery / G. De Cuypere, G. T'Sjoen, R. Beerten et al., // Arch Sex Behav. - 2005. – Vol. 34(6). - P. 679-690.

25. Simpson Joe Leigh, Raymond H. Kaufman. Fetal effects of estrogens, progestogens and diethylstilbestrol // Estrogens and Progestogens in Clinical Practice. – 1998 – London: Churchill Livingstone. P. 533–53.

26. Robert B. Jaffe. Disorders of Sexual Development. // In Strauss J. F. Robert B.L. (eds.). Yen and Jaffe's Reproductive Endocrinology : Physiology, Pathophysiology, and Clinical Management (5th ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders – 2004.

27. Eggers S. Disorders of sex development: insights from targeted gene sequencing of a large international patient cohort / S. Eggers, S. Sadedin, J. van den Bergen et al. // Genome Biol. – 2016. – Vol. 17. – P. 243. DOI: 10.1186/s13059-016-1105-y.

28. Meyer-Bahlburg H.F.L. Gender Development in Women with Congenital Adrenal Hyperplasia as a Function of Disorder Severity / Meyer-Bahlburg, H.F.L., C. Dolezal, S.W. Baker et al. // Archives of Sexual Behavior. - 2006. – Vol. 35(6). - P. 667-684.

29. Gorin-Lazard A. Hormonal Therapy Is Associated With Better Self-esteem, Mood, and Quality of Life in Transsexuals/ Gorin-Lazard A. , K. Baumstark, L. Boyer et al.// The Journal of Nervous and Mental Disease: November 2013 – Vol. 201(11). –P. 996-1000 doi: 10.1097/NMD.0000000000000046

30. Kranz G.S. High-dose testosterone treatment increases serotonin transporter binding in transgender people / G.S. Kranz, Wadsak W., Kaufmann U. et al. // Biological psychiatry. - 2015. -78(8). - P. 525-533. doi:10.1016/j.biopsych.2014.09.010.

31. Branstrom R. Reduction in Mental Health Treatment Utilization Among Transgender Individuals After Gender-Affirming Surgeries: A Total Population Study / R. Branstrom, J.E. Pachankis, // Am J Psychiatry. - 2019: p. appiajp201919010080. doi: 10.1176/appi.ajp.2019.19010080.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Macvicar K., The transsexual wish in a psychotic character / K. Macvicar // Int J Psychoanal Psychother. - 1978. – Vol. 7. - P. 354-365.

2. Reiner W.G. Discordant sexual identity in some genetic males with cloacal exstrophy assigned to female sex at birth / W.G. Reiner, J.P. Gearhart// New England Journal of Medicine. - 2004. – Vol. 350(4). - P. 333-341.

3. Meyer-Bahlburg H.F. Gender identity outcome in female-raised 46, XY persons with penile agenesis, cloacal exstrophy of the bladder, or penile ablation / H.F. Meyer-Bahlburg // Archives of sexual behavior. - 2005. –Vol. 34(4). - P. 423-438.

4. Marks I. Adult gender identity disorder can remit / I. Marks, Green R., Mataix-Cols D. // Compr Psychiatry. - 2000. – Vol. 41(4). - P. 273-275.

5. Coleman E. Standards of Care for the Health of Transsexual, Transgender, and Gender-Nonconforming People, Version 7. / E. Coleman, W. Bockting, M. Botzer et al. // International Journal of Transgenderism. - 2011. – Vol. 13(4). - P. 165-232. DOI:10.1080/15532739.2011.700873

6. Hembree W.C. Endocrine treatment of transsexual persons: an Endocrine Society clinical practice guideline / W.C Hembree, P.T Cohen-Kettenis, L. Gooren et al., // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2009. – Vol. 94(9). - P. 3132-3154.

7. Mezhdunarodnye medicinskie standarty pomoshchi transgendernym lyudyam [International Medical Standarts for transgender people] /Red. A.YU. Babenko, D.D. Isaev. – SPb.: CSII «Dejstvie», 2015. - 200 p [in Russian]

8. Mahfouda S. Puberty suppression in transgender children and adolescents / S. Mahfouda, J.K. Moore, A. Siafarikas et al. // Lancet Diabetes Endocrinol. - 2017. – Vol. 5(10). - P. 816-826. doi: 10.1016/S2213-8587(17)30099-2.

9. Docter R.F. Transvestites and transsexuals : toward a theory of cross-gender behavior / R.F. Docter - New York (N.Y.),1988. – 266p.

10. Ehrbar R.D. Exploring Provider Treatment Models in Interpreting the Standards of Care / R.D Ehrbar, R.N. Gorton // International Journal of Transgenderism. - 2010. – Vol. 12(4). -P. 198-210.

11. Ekins R. The Transgender Phenomenon / R. Ekins, D. King. - Sage Publications Ltd, London, 2006. – 280 p.

12. Gardner I.H. Progress on the road to better medical care for transgender patients / I.H. Gardner, J.D. Safer // Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity. - 2013. – Vol. 20(6). - P. 553-558. doi: 10.1097/01.med.0000436188.95351.4d.

13. Giltay E. Effects of sex steroid deprivation/administration on hair growth and skin sebum production in transsexual males and females / E. Giltay , L. Gooren// The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2000. – Vol. 85(8). - P. 2913-2921.

14. Wierckx K. Long-term evaluation of cross-sex hormone treatment in transsexual persons / K. Wierckx, S. Mueller, S. Weyers et al. // The journal of sexual medicine. - 2012. – Vol. 9(10). - P. 2641-2651. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02876.x.

15. Irwig M.S. Testosterone therapy for transgender men / M.S. Irwig // The Lancet Diabetes & Endocrinology. - 2017. - Vol 5(4). - P. 301-311.

16. Moore E., A. Endocrine Treatment of Transsexual People: A Review of Treatment Regimens, Outcomes, and Adverse Effects / E. Moore, A. Wisniewski, A. Dobs // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2003. – Vol. 88(8). - P. 3467-3473.

17. Lapauw B. Body composition, volumetric and areal bone parameters in male-to-female transsexual persons / B. Lapauw, Y. Taes, S. Simoens et al. // Bone. - 2008. – Vol. 43(6). - P. 1016-1021.

18. Meyer W.J. Physical and hormonal evaluation of transsexual patients: A longitudinal study / W.J. Meyer, A. Webb, C.A. Stuart et al., // Archives of Sexual Behavior - 1986. – Vol. 15(2). - P. 121-138.

19. Levy A. Endocrine intervention for transsexuals / A. Levy, A. Crown, R. Reid, // Clinical Endocrinology. - 2003. – Vol. 59(4). - P. 409-418.

20. Gooren L., Hormone Treatment of the Adult Transsexual Patient / L. Gooren // Hormone Research in Paediatrics. - 2005. – Vol. 64(suppl 2). - P. 31-36.

21. Vin Tangpricha M. Endocrinologic treatment of gender identity disorders / M. Vin Tangpricha, S.H. Ducharme, T.W. Barber et al., // Endocrine Practice. - 2003. – Vol. 9(1). - P. 12-21.

22. Gooren L.J. Long-Term Treatment of Transsexuals with Cross-Sex Hormones: Extensive Personal Experience / L.J. Gooren, Giltay E.J., M.C. Bunck// The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. - 2008. – Vol. 93(1). - P. 19-25.

23. Dittrich R. Endocrine Treatment of Male-to-Female Transsexuals Using Gonadotropin-Releasing Hormone Agonist / R. Dittrich, H. Binder, S Cupisti. et al. // Exp Clin Endocrinol Diabetes. - 2005. – Vol. 113(10). - P. 586-592.

24. De Cuypere, G. Sexual and physical health after sex reassignment surgery / G. De Cuypere, G. T'Sjoen, R. Beerten et al., // Arch Sex Behav. - 2005. – Vol. 34(6). - P. 679-690

25. Simpson Joe Leigh, Raymond H. Kaufman, Fetal effects of estrogens, progestogens and diethylstilbestrol // Estrogens and Progestogens in Clinical Practice. – 1998 – London: Churchill Livingstone. P. 533–53.

26. Robert B. Jaffe. Disorders of Sexual Development. // In Strauss J. F. Robert B.L. (eds.). Yen and Jaffe's Reproductive Endocrinology : Physiology, Pathophysiology, and Clinical Management (5th ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders – 2004.

27. Eggers S. Disorders of sex development: insights from targeted gene sequencing of a large international patient cohort / S. Eggers, S. Sadedin, J. van den Bergen et al. // Genome Biol. – 2016. – Vol. 17. – P. 243. DOI: 10.1186/s13059-016-1105-y.

28. Meyer-Bahlburg H.F.L. Gender Development in Women with Congenital Adrenal Hyperplasia as a Function of Disorder Severity / Meyer-Bahlburg, H.F.L., C. Dolezal, S.W. Baker et al. // Archives of Sexual Behavior. - 2006. – Vol. 35(6). - P. 667-684.

29. Gorin-Lazard A. Hormonal Therapy Is Associated With Better Self-esteem, Mood, and Quality of Life in Transsexuals/ Gorin-Lazard A. , K. Baumstark, L. Boyer et al.// The Journal of Nervous and Mental Disease: November 2013 – Vol. 201(11). –P. 996-1000 doi: 10.1097/NMD.0000000000000046

30. Kranz G.S. High-dose testosterone treatment increases serotonin transporter binding in transgender people / G.S. Kranz, Wadsak W., Kaufmann U. et al. // Biological psychiatry. - 2015. -78(8). - P. 525-533. doi:10.1016/j.biopsych.2014.09.010.

31. Branstrom R. Reduction in Mental Health Treatment Utilization Among Transgender Individuals After Gender-Affirming Surgeries: A Total Population Study / R. Branstrom, J.E. Pachankis, // Am J Psychiatry. - 2019: p. appiajp201919010080. doi: 10.1176/appi.ajp.2019.19010080.

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.020

КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГНОЙНО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЧЕК И ЗАБРЮШИННОГО ПРОСТРАНСТВА

Научная статья

Стяжкина С.Н.[1], Абрамович А.А.[2], Хузина Л.Ф.[3, *], Баженова А.М.[4]
[3] ORCID: 0000-0001-5025-2343;
[1, 2] БУЗ УР «Первая республиканская клиническая больница МЗ УР», Ижевск, Россия;
[3, 4] ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия», Ижевск, Россия

* Корреспондирующий автор (khuzina-l2013[at]yandex.ru)

Аннотация

В настоящее время проблема ранней диагностики и лечения пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями почек и забрюшинного пространства остается весьма значимой. В данной статье представлены ключевые вопросы о наличии сопутствующих заболеваний, в частности сахарный диабет (СД), и проведенного лечения. Приведены клинические показатели у исследуемых пациентов, освещены данные о распространенности гнойно-воспалительными заболеваниями почек и забрюшинного пространства. Исследование проводили на базе урологического отделения БУЗ УР «Первая республиканская клиническая больница МЗ УР» г. Ижевска в ходе ретроспективного анализа данных 439 медицинских карт пациентов с острым пиелонефритом, проходившие стационарное лечение за 5 лет (с 2014 по 2019 год) для отбора группы наблюдения.

Ключевые слова: гнойно-воспалительные заболевания, абцесс почки, карбункул почки, апостематозный пиелонефрит, клинические показатели.

CLINICAL CHARACTERISTICS OF PYOINFLAMMATORY KIDNEY DISEASES AND RETROPERITONEAL SPACE

Research article

Styazhkina S.N.[1], Abramovich A.A.[2], Khuzina L.F.[3, *], Bazhenova A.M.[4]
[3] ORCID: 0000-0001-5025-2343;
[1, 2] Budgetary Institution of Health Care of Udmurt Republic “First Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Udmurt Republic,” Izhevsk, Russia
[3, 4] FSBEI of HE “Izhevsk State Medical Academy,” Izhevsk, Russia

[*] Corresponding author (khuzina-l2013[at]yandex.ru)

Abstract

Currently, the problem of early diagnosis and treatment of patients with pyoinflammatory diseases of the kidneys and retroperitoneal space remains significant. This article presents key issues concerning the presence of concomitant diseases, in particular diabetes mellitus (DM), and treatment. Clinical indicators of the studied patients are given; data on the prevalence of pyoinflammatory diseases of the kidneys and retroperitoneal space are highlighted. The study was carried out on the basis of the urological department of the Budgetary Institution of Health Care of Udmurt Republic “First Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Udmurt Republic” of Izhevsk during the retrospective analysis of data from 439 medical records of patients with acute pyelonephritis who underwent hospital treatment during the course of the past 5 years (from 2014 to 2019) to select a study group.

Keywords: pyoinflammatory diseases, kidney abscess, renal carbuncle, apostematous pyelonephritis, clinical indicators.

Введение

Гнойно-воспалительные заболевания почек и забрюшинного пространство характеризуются развитием гнойно-деструктивных процессов и сопровождаются клиническими и лабораторными показателями. В эту группу входят все формы гнойного пиелонефрита (апостематозный пиелонефрит, абцесс и карбункул почки), нагноившиеся почечные кисты и гематомы, паранефриты [1].

Основными причинами развития данной патологии можно назвать неправильно подобранное лечение, вовремя не выявленное первичное заболевание почек и мочеполовой системы. Одни из основных возбудителем острого пиелонефрита является E.coli, но в этиологии гнойно-деструктивных форм пиелонефрита определяются следующие бактерии:E.coli, Klebsiela, Proteus, Serratia spp., Pseudomonas и энтерококки. В связи с этим очень важно подобрать правильные антибактериальные и противомикробные препараты [2].

До 14% от всех болезней почек составляет пиелонефрит в острой фазе течения, при этом у 30% больных развиваются различные формы гнойного пиелонефрита (апостематозный пиелонефрит, абцесс, карбункул).

Гнойно-деструктивные процессы как почек, так и других органов очень опасны для жизни больного. Наиболее грозным осложнением гнойно-деструктивного пиелонефрита становится развитие уросепсиса и может быть причиной нефрэктомии. Нефрэктомия вследствие гнойного пиелонефрита достигает 35%. При осложненном течении заболевания уросепсисом летальность достигает 28,4-80%. Именно поэтому важно своевременное и качественно подобранное лечение [1].

Цель исследования – изучить клинические показатели у исследуемых пациентов с гнойно-воспалительными процессами.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ данных 439 медицинских карт пациентов с острым пиелонефритом, проходившие стационарное лечение на базе урологического отделения БУЗ УР «Первая республиканская клиническая больница МЗ УР» г. Ижевска за 5 лет (с 2014 по 2019 год) для отбора группы наблюдения. Полученные данные обрабатывались параметрическими методами статистического анализа (при нормальном распределение для двух независимых выборок и для сравнения связанных, зависимых совокупностей). Для построения доверительного интервала вычисляли распределение Стьюдента, при помощи программы Excel-2010. Для определения разностного критерия Стьюдента вычисляли разности: средне-арифметическую, стандартное отклонение разности, стандартную ошибку разности средних, t – достоверность, p – уровень значимости (вероятность ошибки); $t<2$ ($p>0,05$) – различия статистически не значимы; $t>2$ ($p<0,05$) – различия статистически значимы, при $t>2,6$ ($p<0.01$), при $t>3,3$ ($p<0,001$). Статистическая обработка результатов проводилась с использованием прикладной статистической программы Excel-2010.

Результаты исследования и их обсуждение

Проанализированы данные 439 пациентов с острым пиелонефритом, среди которых 53 пациента с гнойно-воспалительными процессами. Возраст больных среди женщин варьировал от 15 до 74 и в среднем составил 39,7 лет; среди мужчин варьировал от 28 до 74 и составил 42,5 лет. Распределение больных по полу и возрасту представлено на рисунке 1.

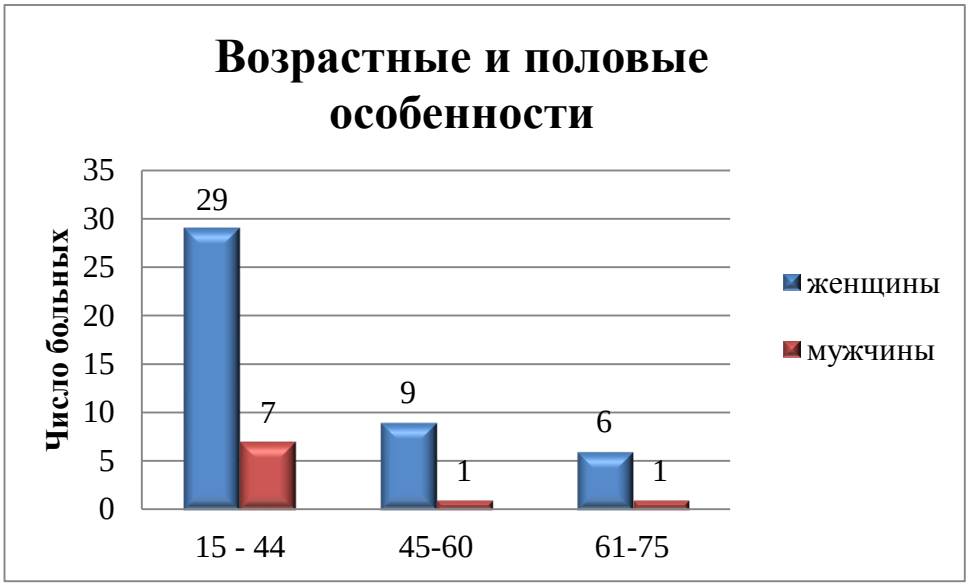


Рис. 1 – Распределение больных по полу и возрасту

Среди клинических форм гнойного пиелонефрита чаще других встречался карбункул почки – у 60,9% обследованных, абцесс почки диагностирован у 26,1% пациентов, апостематозный пиелонефрит в 13% случаев (см. рисунок 2).

Рис. 2 – Клинические формы гнойного пиелонефрита

Сопутствующие заболевания: СД I типа – 16,9%; СД II типа – 13,2%; мочекаменная болезнь – 16,9%, артериальная гипертензия – 13,2%, ишемическая болезнь сердца – 3,8%, гепатит В – 1,9%, гемофилия А– 1,9%. Из осложнений основного заболевания чаще всего встречались гнойный паранефрит – у 3,8%; нагноение послеоперационной раны – 9,4%, сепсис - у 1,9%; у 85% больных осложнений не было.

При оценке полного анализа крови у 41 (77,4%) больного было повышено количество лейкоцитов, в среднем 6,6±0,4х109/л; у 96,2% пациентов было повышено СОЭ – 47,7±7,2 мм/ч. На основании лейкоцитарной формулы производили расчет лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ) как показателя процессов тканевой деградации, уровня эндогенной интоксикации (ЭИ). В наших исследованиях среднее значение ЛИИ составило: 3,4±1,06 (min – 0,38, max – 11,4) (см. рисунок 3).

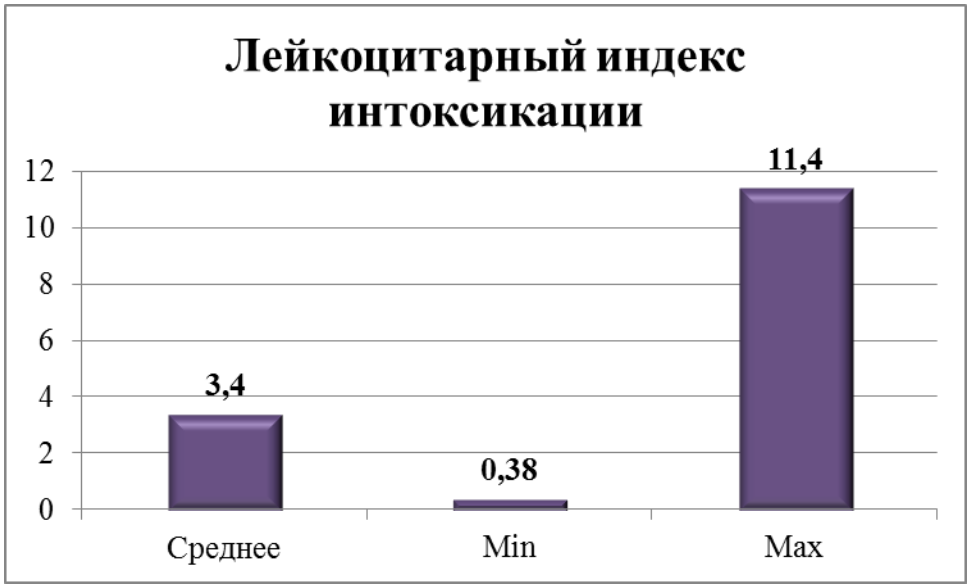


Рис. 3 – Лейкоцитарный индекс интоксикации

Индекс соотношения лейкоцитов и СОЭ: 8,03±2,0 (min – 0,38, max – 19,3). По сравнению со среднестатистическим показателем имеет явную тенденцию к повышению, что свидетельствует об интоксикации организма, связанной с воспалительным процессом. Лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ЛГИ): 1,96±0,42 (min – 0,53, max –4,49) понижен, что свидетельствует о инфекционной интоксикации организма. В общем анализе мочи у 56,6% выявлена лейкоцитурия, что также говорит о наличие воспалительного процесса в организме.

У большинства пациентов проводились: ревизия почки, вскрытие, санация, малоинвазивные операции: дренирование гнойников, декапсуляция почки проводились у 56,5% больных. Нефрэктомия, с целью санации гнойного очага и сохранения жизни больного, проведена у 12 больных (21,7%). Иммунокоррекцию проводили активным иммуномодулятором препаратом «Ронколейкин». Антибактериальное лечение проводилось препаратами: цефоперазон-сульбактам – 38,6%, цефтриаксон – 13,7%, ципрофлоксацин– 9,1%, антисептическим препаратом: метрогил – 38,6% после проведения исследования на антибиотикорезистентность (см. рисунок 4).

Рис. 4 – Антибактериальное лечение

Наиболее часто выявляемая микрофлора при исследования посева мочи была E.Coli. По данным исследования на антибиотикорезистентность выявили, что штамм E.Coli наиболее чувствителен к следующим препаратам: амоксициллин/клавулонат, цефоперазон/сульбактам цефтриаксон, цефотаксим, гентамицин.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования нами было выявлено, что:

1.Наиболее часто гнойно-воспалительные заболевания почек и забрюшинного пространства встречались среди лиц молодого возраста с преобладанием у женщин.

2. Среди всех клинических форм преобладали карбункул почки, который составил 60,9%. Из сопутствующих заболеваний сахарный диабет I и II типов выявляли у 30,4%. Наиболее тяжело протекают гнойно-воспалительные заболевания у пациентов с сахарным диабетом I типа.

3. При лабораторных исследованиях выявляли повышение показателей лейкоцитарного индекса интоксикации, индекса соотношения лейкоцитов и СОЭ, лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса, что свидетельствовало об интоксикации организма, связанной с воспалительным процессом. В наших исследованиях среднее значение ЛИИ составило: 3,4±1,06 (min – 0,38, max – 11,4), илСОЭ – 8,03±2,0 (min – 0,38, max – 19,3), ЛГИ: 1,96±0,42 (min – 0,53, max –4,49).

4. В качестве консервативного лечения применялись антибактериальные препараты, наиболее частые: цефоперазон-сульбактам – 38,6%, метрогил – 38,6%. При выборе антибактериальных препаратов учитывали чувствительность возбудителей к антибиотикам. Целесообразно проводить иммунокоррекцию активным иммуномодулятором препаратом «Ронколейкин». Основное проведенное оперативное лечение: ревизия почки, вскрытие, санация, малоинвазивные операции: дренирование гнойников, декапсуляция почки проводилось в 56,5%. Нефрэктомия проведена у 12 больных (21,7%).

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1.Кадыров З.А. Наш опыт ретроперитонеоскопического лечения гнойно-воспалительных заболеваний почек и забрюшинного пространства / Кадыров З.А., Рибун В.В., Одилов А.Ю. // Экспериментальная и клиническая урология. – 2016. – №1. – С.70-76.

2.Алферов С.М. Гнойно-деструктивные формы пиелонефрита, осложненные уросепсисом и острой почечной недостаточностью / Алферов С.М., Гришин М.А., Дурникин А.М., Ревковская Н.С. // Урологические ведомости. – 2016. – Т. VI. – Специальный выпуск. – С. 9-10.

3.Синякова Л.А. Современные подходы к лечению гнойно-воспалительных заболеваний почек / Синякова Л.А., Берников Е.В. // Тезисы конф. "Современные аспекты урологии, онкоурологии". – Красноярск, 2010. – С. 201-202.

4.Стяжкина С.Н. Применение и эффективность «Спленопида» и «Ронколейкина» в лечении гнойно-воспалительных и иммунодефицитных заболеваниях / Шарапова О.В., Ситников В.А., Леднева А.В. и др. // Пермский медицинский журнал. – 2016.

5.Стяжкина С.Н. Роль коморбидной патологии в хиургии / Стяжкина С.Н., Журавлев К.В., Леднева А.В. и др. // Фундаментальные исследования. – 2011. - №7. – С. 138-140.

6.Белялов Ф.И. Проблема коморбидности при заболеваниях внутренних органов / Белялов Ф.И. // Вестник современной клинической медицины. - 2010. - №2. - С.44-47.

7.Верткин А. Л. Коморбидность / Верткин А. Л., Румянцев М. А., Скотников А. С. // Клиническая медицина. - 2012. - № 10. - С. 4-11.

8.Мельников В.Л. Гнойно-септические осложнения в урологическом отделении стационара (обзор литературы) / Мельников В.Л., Митрофанова Н.Н., Суменкова А.О., Терина Н.А. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2019. - №3 (51). – С. 39-53.

9.Белобородов В.А. Эмпирическая терапия осложненного пиелонефрита / Белобородов В.А., Воробьев В.А., Опанасюк П.В. // Acta biomedica scientifica. – 2019. – Т.4. - №5. – С. 26-30.

10.Синякова Л.А. Функциональное состояние почек у больных, перенесших гнойный пиелонефрит / Синякова Л.А., Берников Е.В., Лоран О.Б. // Вестник урологии. – 2018. - №6 (4). – С. 49-59.

11.Аполихин О.И. Анализ уронефрологической заболеваемости и смертности в Российской Федерации за десятилетний период (2002 - 2012 гг.) по данным официальной статистики / Аполихин О.И., Сивков А.В., Москалева Н.Г. и др. // Экспериментальная и клиническая урология. – 2014. - № 2. – С. 4-12.

12.Братчиков О.И. Хирургическая тактика и лечение гнойно-деструктивных форм острого пиелонефрита беременных / Братчиков О.И., Охотников А.И., Озеров А.А., Чаплыгина С.В. // Курский научно-практический вестник "Человек и его здоровье". – 2012. - № 1. – С.43-50.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kadyrov Z.A. Nash opyt retroperitoneoskopicheskogo lecheniya gnojno-vospalitel'nyh zabolevanij pochek i zabryushinnogo prostranstva [Our experience in retroperitoneoscopic management of pyoinflammatory kidney and retroperitoneum diseases] / Kadyrov Z.A., Ribun V.V., Odilov A.YU. // Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya [Experimental and clinical Urology]. – 2016. – №1. – P.70-76. [in Russian]

2. Alferov S.M. Gnojno-destruktivnye formy pielonefrita, oslozhnennye urosepsisom i ostroj pochechnoj nedostatochnost'yu [Purulent destructive forms of pyelonephritis complicated with urosepsis and acute renal failure.] / Alferov

S.M., Grishin M.A., Durnikin A.M., Revkovskaya N.S. // Urologicheskie vedomosti [Urologicheskie vedomosti]. – 2016. – V. VI. – Special'nyj vypusk. – P. 9-10. [in Russian]

3. Sinyakova L.A. Sovremennye podhody k lecheniyu gnojno-vospalitel'nyh zabolevanij pochek [Modern approaches to management of pyoinflammatory kidney diseases] / Sinyakova L.A., Bernikov E.V. // Tezisy konf. "Sovremennye aspekty urologii, onkourologii"[Modern aspects of urology, oncourology]. – Krasnoyarsk, 2010. – P. 201-202. [in Russian]

4. Styazhkina S.N. Primenenie i effektivnost' «Splenopida» i «Ronkolejkina» v lechenii gnojno-vospalitel'nyh i immunodekficitnyh zabolevaniyah [Use and efficiency of «Splenopide» and «Roncoleukin» in management of pyoinflammatory and immunodeficient diseases] / Sharapova O.V., Sitnikov V.A., Ledneva A.V. et al. // Permskij medicinskij zhurnal [Perm medical journal]. – 2016. [in Russian]

5. Styazhkina S.N. Rol' komorbidnoj patologii v hiurgii [The role of comorbid pathology in surgery] / Styazhkina S.N., Zhuravlev K.V., Ledneva A.V. et al. // Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental studies]. – 2011. - №7. – P. 138-140. [in Russian]

6. Belyalov F.I. Problema komorbidnosti pri zabolevaniyah vnutrennih organov [Comorbidity in internal diseases] / Belyalov F.I. // Vestnik sovremennoj klinicheskoj mediciny [Journal of modern clinical medicine]. - 2010. - №2. - P.44-47. [in Russian]

7. Vertkin A. L. Komorbidnost' [Comorbidity] / Vertkin A. L., Rumyancev M. A., Skotnikov A. S. // Klinicheskaya medicina [Clinical medicine]. - 2012. - № 10. - P. 4-11.

8. Mel'nikov V.L. Gnojno-cepticheckie oslozhneniya v urologicheckom otdelenii stacionara (obzor literatury) [Purulent-septic complications in the urology unit (literature review)] / Mel'nikov V.L., Mitrofanova N.N., Sumenkova A.O., Terina N.A. // Isvectiya vycshix uchebnyx savedenii. Povolzhckii region. Medicinckie nauki [University proceeding. Volga region. Medical sciences]. – 2019. - №3 (51). – P. 39-53. [in Russian]

9. Beloborodov V.A. Empiricheckaya terapiya oclozhnennogo pielonefrita [Empirical therapy of complicated pyelonephritis] / Beloborodov V.A., Vorob'ev V.A., Opanacuk P.V. // Acta biomedica scientifica. – 2019. – V. 4. - №5. – P. 26-30. [in Russian]

10. Cinyakova L.A. Funkcional'noe sostoyanie pochek u bol'nyx, perenecshix gnoj'nyi pielonefrit [Kidneys functional state in patients suffered purulent pyelonephritis] / Cinyakova L.A., Bernikov E.V., Loran O.B. // Vestnik urologii [Urology herald]. – 2018. - №6 (4). – P. 49-59. [in Russian]

11. Apolihin O.I. Analiz uronefrologicheskoj zabolevaemosti i smertnosti v Rossijskoj Federacii za desyatiletnij period (2002 - 2012 gg.) po dannym oficial'noj statistiki [Analysis of uronephrological disease morbidity and mortality in the Russian Federation during 10 years (2002 to 2012) according to official statistical data] / Apolihin O.I., Sivkov A.V., Moskaleva N.Get al // Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya [Experimental and clinical urology]. – 2014. - № 2. – P. 4-12. [in Russian]

12. Bratchikov O.I. Hirurgicheskaya taktika i lechenie gnojno-destruktivnyh form ostrogo pielonefrita beremennyh [Surgical approach and management of purulent destructive forms of acute pyelonephritis in pregnant women] / Bratchikov O.I., Ohotnikov A.I., Ozerov A.A., Chaplygina S.V. // Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik "Chelovek i ego zdorov'e" [Kursk academic and research journal "Human and human health"]. – 2012. - № 1. – P.43-50. [in Russian]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.021

АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЧАЩИХСЯ КАДЕТСКОГО КОРПУСА

Научная статья

Цыбульская Е.И.[1, *] Леденева А.К.[2], Тюлегенова А.А.[3]

[1, 2, 3] Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

* Корреспондирующий автор (galina_262[at]mail.ru)

Аннотация

Статья посвящена изучению адаптационных возможностей учащихся кадетского корпуса в условиях повышенной физической нагрузки. В исследовании приняли участие 120 учеников кадетского корпуса в возрасте 11-18 лет. В качестве показателя адаптационного потенциала использовали вариабельность сердечного ритма и систему оценки показателей активности регуляторных систем. По результатам сделан вывод о положительном влиянии системы физического воспитания в кадетском корпусе на организм воспитанников.

Ключевые слова: адаптация, кадеты, дети, вариабельность сердечного ритма.

ADAPTATIVE OPPORTUNITIES OF STUDENTS IN CADET CORPS

Research article

Tsybulskaya E.I.[1, *], Ledeneva A.K.[2], Tyulegenova A.A.[3]

[1, 2, 3] Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (galina_262[at]mail.ru)

Abstract

The article is devoted to the study of the adaptive capabilities of students in cadet corps under the conditions of increased physical activity. The study involved 120 students of the cadet corps in the age from 11 to 18. Heart rate variability and the system for assessing activity indicators of regulatory systems were used as an index of adaptive potential. Based on the results, it was concluded that the system of physical education in the cadet corps has positive effect on students' bodies.

Keywords: adaptation, cadets, children, heart rate variability.

Актуальность

Закономерности адаптации физиологических систем к мышечной нагрузке необходимо рассматривать как биологический базис, обеспечивающий тренировочный эффект. В процессе адаптации устанавливается рациональное соотношение показателей функционального состояния с характером и силой внешнего воздействия. Адаптивные изменения, по мнению В.К. Бальсевича, (2000, 2002), подразделяются на срочные и кумулятивные. Благодаря кумулятивной адаптации организм своевременно и адекватно реагирует на увеличение объема и интенсивности тренировочной нагрузки, что свидетельствует о выходе адаптированных систем на новый уровень функционирования.

Изучение особенностей механизмов долговременной адаптации во время физической нагрузки представляет важное теоретическое и практическое значение в системе оздоровления детей и подростков, особенно в образовательных учреждениях. В настоящее время интенсивность учебного процесса, требующая от учеников среднеобразовательных школ длительного времени на подготовку домашних заданий, дополнительные уроки, неконтролируемое использование различных гаджетов приводит к снижению физической активности с возрастом. Из-за занятости в школе и вне ее у большинства школьников отсутствует время на досуг, при этом отмечается также его нерациональная организация [3], [4], [5]. У каждого второго ребенка двигательная активность ограничена уроками физкультуры. Унифицированный подход к занятиям физической культурой в образовательных организациях, не вызывает интереса к урокам, снижая мотивацию [6], [7]. Около 10 % подростков их не посещают. Анализ свободного времени школьников указывает на то, что чаще всего школьники проводят свободное время за просмотром телепередач и игрой на компьютере. Большинство школьников имеют дома компьютер и пользуются им ежедневно, при этом, зачастую не соблюдая гигиенические нормативы [7], [8].

Исключительное место среди образовательных учреждений занимают кадетские корпуса, процесс обучения в которых предполагает рационализацию режима дня, усиленную физическую нагрузку, особые условия воспитания и оздоровления [1], [2], [3]. Изучение адаптации кадетов к условиям обучения является актуальной темой.

Целью настоящего исследования является оценка адаптивных процессов детей в условиях повышенной физической нагрузки.

Материалы и принципы исследования

В исследовании принимали участие 120 учащихся казачьего кадетского корпуса в возрасте от 11 до 18 лет, 1 и 2 группы здоровья. Учащихся разделили на три возрастные группы: 1 - 11-13 лет, 2 - 14-15 лет, 3 – 16-18 лет. Режим дня кадетов включает ранний подъем, оздоровительную зарядку в начале дня, тренировку навыков строевого марша, школьные занятия. Послеобеденное время - подготовка домашних заданий и развитие военно-прикладных навыков, вечернее время - обязательное посещение спортивных секций в течение двух часов и свободное время, завершающееся отходом ко сну. Кроме того режим дня предусматривает пятиразовое питание, 8-часовой сон, проведение уроков физкультуры 3 раза в неделю и ограничение использования мобильных телефонов (2 раза в неделю по 15 мин).

Весьма объективным методом изучения состояния ведущих систем организма, в частности сердечно-сосудистой системы, является анализ вариабельности ритма сердца, который позволяет определять уровень адаптированности организма к внешним условиям. Как известно, периодические изменения сердечного ритма отражают состояние вегетативной нервной системы, которая в свою очередь является важным компонентом, обеспечивающим адаптационные реакции организма. В то же время изменение исходного вегетативного статуса может отражать как положительные приспособительные реакции, так и начало развития донозологических состояний.

Для определения вариабельности сердечного ритма был использован аппаратно-программный комплекс «Здоровье-Экспресс». Основным критерием является нормативные параметры вариабельности ритма сердца обследуемых. На основании показателей вариабельности, производилась автоматическая оценка адаптационных резервов организма в виде «Лестницы состояний» (по Р.М. Баевскому). Все результаты рассчитаны методами вариационной статистики с использованием пакета статистических программ «Microsoft Exel». Достоверность различий между группами оценивали по параметрическому критерию Стьюдента. Результаты считались достоверными при $p \leqslant 0{,}05$.

Результаты и обсуждение

Среди учащихся 1 группы (11-13 лет) у большинства обучающихся (72%) отмечалось состояние выраженного напряжения регуляторных систем (показатели активности регуляторных систем соответствовали 4-6 баллам), что связано с повышением активности симпатико-адреналовой системы. Состояние оптимального (рабочего) напряжения регуляторных систем, необходимое для поддержания активного равновесия организма со средой наблюдалось у 24% (1-3 балла). И у 4% состояние перенапряжения регуляторных систем, при этом избыточная активация регуляторных систем не подкрепляется соответствующими функциональными резервами. Большой процент детей с отклонениями в системе адаптационных механизмов указывает на выраженное воздействие факторов образовательной среды на учащихся (новый коллектив, высокие требования, отрыв от семьи и др.).. Кроме того, этот возраст сопровождается половым созреванием, что также способствуют снижению адаптационных возможностей.

Во второй возрастной группе (14-15 лет) отмечается рост количества подростков, находящихся в состоянии успешной адаптации на 34%, что указывает на стабилизацию процессов регуляторных систем. Напряжение регуляторных систем (как умеренное, так и выраженное) выявлено у 42%. Количество детей имеющих срыв адаптации сократилось вдвое. Данные изменения показывают успешный процесс приспособления организма детей уже на 2 году обучения в кадетском корпусе. Достаточно быстрый процесс адаптации позволяет говорить об оптимальных условиях проживания и обучения.

Результаты обследования третей возрастной группы (16-18 лет) детей, заканчивающих обучение, демонстрируют абсолютное отсутствие срыва регуляторных систем среди воспитанников. Процент детей с выраженным напряжением регуляторных систем достоверно ниже на 10% ($p \leq 0{,}05$). Различия показателей активности регуляторных систем наглядно продемонстрировано на рисунке 1.

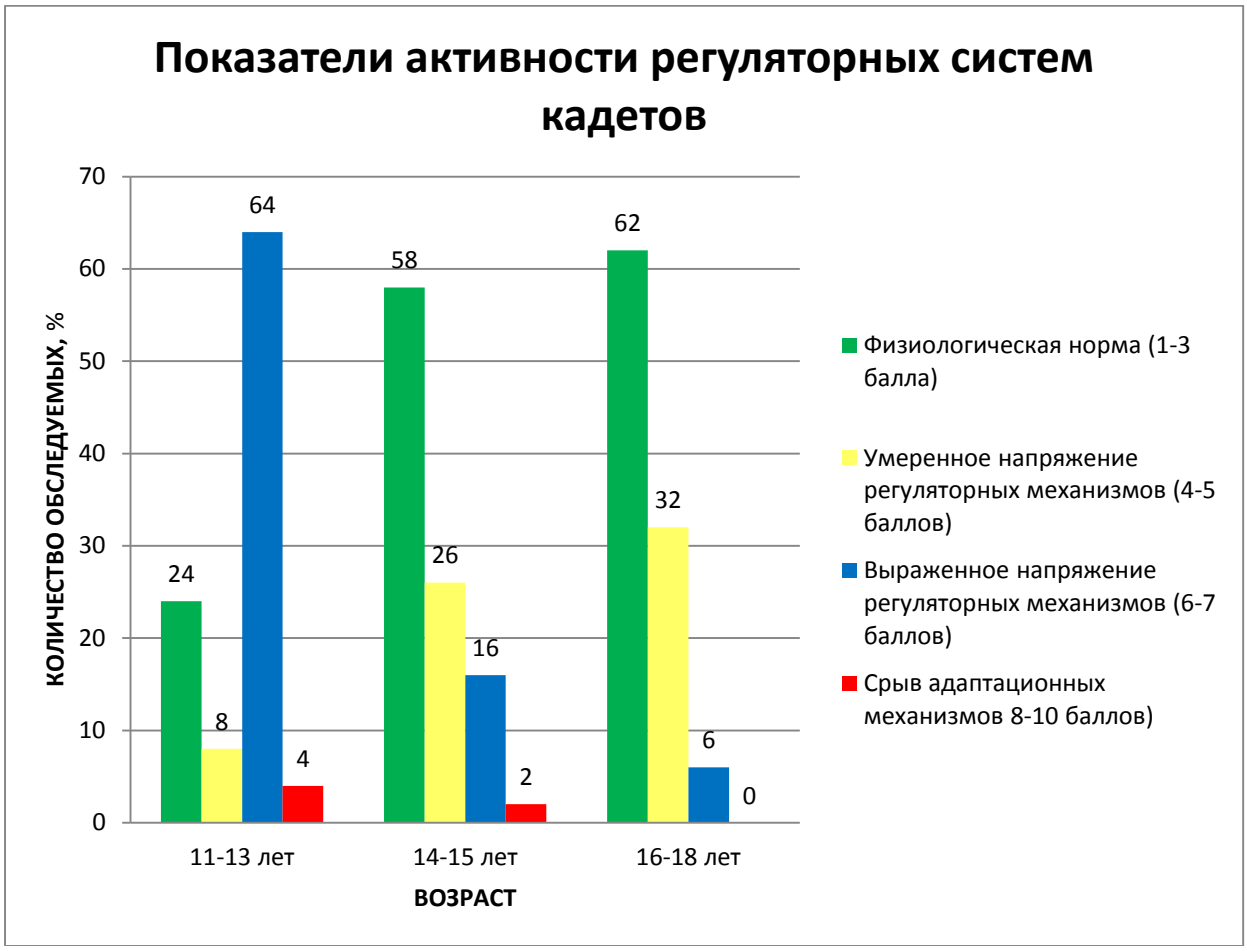


Рис. 1 – Показатели активности регуляторных систем кадетов

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод об эффективной адаптации организма детей и подростков к условиям обучения. Проводимые мероприятия по повышению уровня физической активности среди кадетов позитивно отражаются на регуляторных системах организма детей, повышая их резервные возможности. К таким мероприятиям, прежде всего, относятся соблюдение предусмотренного распорядка дня, и увеличение количества времени уделяемой физической активности воспитанников [9]. Кроме того оздоровление детей проводится посредством проведения ежедневной утренней зарядки, развиваются двигательные навыки за счет в ведения в процесс обучения элементов военной и строевой подготовки, совершенствуются умения в процессе обязательного посещения спортивных кружков и секций [10]. В условиях современной действительности, когда отмечается низкая физическая активность среди детского населения это особенно актуально не только для кадетов, но и учащихся других образовательных учреждений. Увеличение количества физически активных занятий в школе по примеру кадетских корпусов будут положительно влиять на функциональные возможности детей и подростков. Однако нельзя не отметить психологическую сторону условий обучения в образовательных организациях закрытого типа. Круглосуточное пребывание на территории, ограничение контакта с внешним миром, сужение круга интересов, несомненно, отражаются на адаптационных возможностях. Именно поэтому к концу обучения еще сохраняется выраженное напряжение механизмов регуляторных систем. Кроме того, не всегда уровень требований, предъявляемый к кадетам, соответствуют их физическим возможностям. Несмотря на адекватное распределение воспитанников по медицинским группам требования к выполнению распорядка дня одинаковые для всех, без учета гармоничности физического развития. Необходимо индивидуализировать подход к занятиям в течение дня.

Успешная адаптация является залогом сохранения здоровья детей на оптимальном уровне. Процессы долговременной адаптации кадетов будут способствовать дальнейшему формированию функциональных резервов организма. Регулярные занятия спортом и соблюдение режима дня будут мотивировать подрастающее поколение к ведению здорового образа жизни и, как результат, оздоровление населения в целом.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Яманова Г.А. Физическое развитие кадетов казачьих корпусов / Г.А. Яманова, В.Г. Сердюков, Л.А. Милюченкова // В сборнике: Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. – Воронеж, 2017. - С. 2287-2288.

2. Юдин В.В. Кадетское образование: понятие, содержание, значение. / В.В. Юдин // Вестник ОГУ. – 2011. - №11 (130). – с. 247-254.

3. Кабанец Л.В. Сравнительная гигиеническая характеристика физического здоровья, самочувствия и школьной тревожности кадетов и школьников / Л.В. Кабанец // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2008, 7. 120-126

4. Безруких М. М. Здоровье школьников, проблемы, пути решения. / М. М. Безруких // Сибирский педагогический журнал. – 2012. - №9. с.11-16.

5. Айзман Р.И. Проблемы и задачи здоровьесберегающей деятельности в системе образования на современном этапе / Р.И. Айзман, Э.М. Казин, А.И. Федоров // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2014. - №1 (17). – с. 9-17.

6. Сердюков В.Г. Социально-гигиенические особенности условий жизни, как факторы риска для здоровья детей / В.Г. Сердюков, А.А. Антонова, Г.А. Яманова и др. // В сборнике: Актуальные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции ученых и специалистов Роспотребнадзора. - 2019. – с. 71-76.

7. Черненков Ю.В. Мониторинг состояния здоровья школьников, обучающихся в профильных классах / Ю. В. Черненков, А. Ю. Сердюков // Саратовский научно-медицинский журнал. 2010, 6 (1). 130-133.

8. Елизарова И.С. Динамика состояния здоровья детей и подростков Астрахани / И.С. Елизарова, А.А. Антонова, Т.В. Сердюкова и др. // Аллергология и иммунология. - 2012. Т. 13. - №1. - с. 101.

9. Яманова Г.А. Гигиеническая оценка эффективности физического воспитания школьников / Г.А. Яманова, Д.В. Давыденко, А.А. Антонова // В сборнике: Неделя науки - 2016. Материалы Всероссийского молодежного форума с международным участием. – Ставрополь, 2016. - С. 460-463.

10. Яманова Г.А. Влияние физической нагрузки на состояние опорно-двигательного аппарата кадетов. / Г.А. Яманова, В.Г. Сердюков, А.А. Антонова и др. // В сборнике: Структурные преобразования органов и тканей в норме и при воздействии антропогенных факторов. Сборник материалов международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Асфандиярова Растяма Измайловича. Под редакцией Л.А. Удочкиной, Б.Т. Куртусунова. – Астрахань, 2017. – С. 183-184.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yamanova G.A. Fizicheskoe razvitie kadetov kazach'ikh korpusov [The physical development of the Cossack cadet corps] / G.A. Yamanova, V.G. Serdyukov, L.A. Milyuchenkova // V sbornike: Materialy XXIII s"ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem [In the collection: Materials of the XXIII Congress of the Physiological society. I. P. Pavlova with international participation]. Voronezh, 2017. pp. 2287-2288. [in Russian].

2. Yudin V.V. Kadetskoe obrazovanie: ponyatie, soderzhanie, znachenie [Cadet education: concept, content, meaning] / Yudin V.V. // Vestnik OGU [OSU Bulletin]. – 2011. - №11 (130). – p. 247-254. [in Russian].

3. Kabanets L.V. Sravnitel'naya gigienicheskaya kharakteristika fizicheskogo zdorov'ya, samochuvstviya i shkol'noy trevozhnosti kadetov i shkol'nikov / L.V. Kabanets [Comparative hygienic characteristics of physical health, well-being and school anxiety of cadets and schoolchildren] // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov Seriya: Meditsina [Bulletin of Peoples′ Friendship University of Russia, Meditsina]. – 2008. - №7. – p. 120-126 [in Russian].

4. Bezrukikh M.M. Zdorov'e shkol'nikov, problemy, puti resheniya. Sibirskiy pedagogicheskiy zhurnal [School children's health: problems and solutions] // M.M. Bezrukikh // Sibirskiy pedago-gicheskiy zhurnal [Siberian pedagogical journal]. – 2012. - №9. p. 11-16. [in Russian].

5. Ayzman R.I. Problems and tasks of health-saving activity in the education system at the present stage. / R.I. Ayzman, E.M. Kazin, A.I. Fedorov et al // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Bulletin of Novosibirsk state pedagogical University]. – 2014. - 1 (17). – p. 9-17. [in Russian].

6. Serdyukov V.G., Sotsial'no-gigienicheskie osobennosti usloviy zhizni, kak faktory riska dlya zdorov'ya detey [Socio-hygienic characteristics of the conditions of life as risk factors for children's health] / V.G. Serdyukov, A.A. Antonova, G.A. Yamanova et al // V sbornike: Aktual'nye voprosy obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Sbornik materialov mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii uchenykh i spetsialistov Rospotrebnadzora [In the collection: Current issues of ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population Collection of materials of the interregional scientific and practical conference of scientists and specialists of Rospotrebnadzor]. – Astrakhan, 2019 – pp. 71-76. [in Russian].

7. Chernenkov Yu.V. Monitoring sostoyaniya zdorov'ya shkol'nikov, obuchayushchikhsya v profil'nykh klassakh. [Monitoring of the state of health of the school children trained in profile classes]. Chernenkov Yu.V., Saratovskiy A.Yu. Nauchno-meditsinskiy zhurnal [Saratov scientific and medical journal]. – 2010. - №6 (1). – p. 130-133. [in Russian].

8. Elizarova I.S. Dinamika sostoyaniya zdorov'ya detey i podrostkov Astrakhani [Dynamics of the state of health of children and adolescents in Astrakhan] / I.S. Elizarova, A.A. Antonova, T.V. Serdyukova et al // Allergologiya i immunologiya [Allergology and immunology]. - 2012. Vol. 13. - №. 1. - p. 101

9. Yamanova G.A. Gigienicheskaya otsenka effektivnosti fizicheskogo vospitaniya shkol'nikov [Hygienic assessment of the effectiveness of physical education of schoolchildren] / G.A. Yamanova, D.V. Davydenko, A.A. Antonova // V sbornike: Nedelya nauki - 2016. Materialy Vserossiyskogo molodezhnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem [In the collection: science Week-2016. Materials of the all-Russian youth forum with international participation]. - Stavropol, 2016. pp. 460-463.

[in Russian].

10. Yamanova G.A. Vliyanie fizicheskoy nagruzki na sostoyanie oporno-dvigatel'nogo apparata kadetov. [Influence of physical activity on the state of the musculoskeletal system of cadets] // G.A. Yamanova, V.G. Serdyukov, A.A. Antonova, L.A. Milyuchenkova // V sbornike: Strukturnye preobrazovaniya organov i tkaney v norme i pri vozdeystvii antropogennykh faktorov. [In the collection: Structural transformations of organs and tissues in the norm and under the influence of anthropogenic factors]. Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu so dnya rozhdeniya professora Asfandiyarova Rastyama Izmaylovicha. Pod redaktsiey L.A. Udochkinoy, B.T. Kurtusunova [Collection of materials of the international scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Asfandiyarova Rastyama Izmaylovicha edited by L.A. Udochkina, B.T. Kurtusunov]. Astrakhan, 2017. pp. 183-184. [in Russian].

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.94.4.022

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕОБЛАДАНИЯ ОТДЕЛОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНИКОВ

Научная статья

Сибирякова Н.В.[1,] * Леденева А.К.[2], Тюлегенова А.А.[3]

[1, 2, 3] Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (galina_262[at]mail.ru)

Аннотация

Статья посвящена выявлению преобладания отделов вегетативной нервной системы среди школьников в возрасте 10-13 лет. Основным методом оценки соотношения симпатического и парасимпатического отделов послужила методика анализа вариабельности сердечного ритма. В качестве основного критерия оценки использовался спектральный анализ с выявлением преобладания высоко-, низко- и очень низкого частотного компонента. По результатам проведенного исследования сделан вывод о преобладании парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, что соответствует успешной адаптации школьников к условиям образовательного учреждения.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, школьники, вегетативная нервная система, спектральный анализ ритма.

IDENTIFICATION OF PREVALENCE OF SEGMENTS OF AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM AMONG SCHOOLCHILDREN

Research article

Sibiryakova N.V.[1,] *, Ledeneva A.K.[2], Tyulegenova A.A.[3]

[1, 2, 3] Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

* Corresponding author (galina_262[at]mail.ru)

Abstract

The article is devoted to the topic of identifying the predominance of the segments of autonomic nervous system among schoolchildren in the age from 10 to 13 years old. The main method for assessing the ratio of sympathetic and parasympathetic segments is the method of analyzing heart rate variability. Spectral analysis was used as the main evaluation criterion that can reveal the predominance of the high, low, and very low frequency components. Based on the results of the study, it was concluded that the parasympathetic segment of the autonomic nervous system predominates, which corresponds to the successful adaptation of students to the conditions of an educational institution.

Keywords: heart rate variability, schoolchildren, autonomic nervous system, spectral analysis of rhythm.

Актуальность

Жизнедеятельность человека и его адаптация к постоянно меняющимся условиям внешней и внутренней среды связаны с функциональной активностью соматических и вегетативных систем организма. [1]. Существенную роль в процессах адаптации организма играет вегетативная нервная система (далее - ВНС). ВНС включает в себя два основных отдела: симпатический – отвечает за катаболические процессы в организме и приобретает большее значение в стрессовых ситуациях; парасимпатический отвечает за восстановление резервов организма и анаболические процессы [2]. Отделы ВНС совместно с гормонами желез внутренней секреции регулируют деятельность практически всех органов, координируя их работу с целью обеспечения оптимальных условий существования организма в данный момент времени.

Баланс симпатических и парасимпатических влияний, присущий индивидууму, рассматривается как индивидуальная особенность и определяет в некоторой степени модель реагирования организма на условия внешней среды [3].

Анализ вариабельности сердечного ритма (далее - ВСР) является методом оценки соотношения активности между отделами вегетативной нервной системы. Так как система кровообращения одна из первых реагирует на влияние внешних факторов, напряжение деятельности регуляторных систем отражается на вариабельности ритма сердца. Выявление преобладания центрального или автономного контура регуляции наглядно демонстрирует состояние адаптационных механизмов. Выявление уровня адаптационных возможностей используется на современном этапе с целью донозологической диагностики.

Объектом нашего исследования явились дети школьного возраста, поскольку в этот период жизни на ребенка воздействует комплекс разнообразных факторов внешней среды, требующий значительных затрат резервов организма. Выявление преобладающего типа вегетативной нервной системы позволит проводить донозологическую диагностику функциональных и соматических нарушений.

Цель

Выявить преобладание отделов вегетативной нервной системы детей школьного возраста с использованием показателей вариабельности сердечного ритма.

Материалы и принципы исследования

Исследование проводилось при наличии информированного согласия родителей учащихся на медицинское обследование. Было обследовано 80 детей в возрасте 10-13 лет. Из них 15 человек – 1 группы здоровья, 47 – 2 группа здоровья и 18 – 3 группы. В работе был использован аппаратно-программный комплекс «Здоровье-Экспресс» с

изучением параметров вариабельности ритма сердца и показателей активности регуляторных систем (далее – ПАРС). Исследование проводилось перед началом уроков в утренние часы, в положении лежа в медицинском пункте школы. При этом до начала исследования дети находились в горизонтальном положении в течение 4-5 минут. Длительность записи сердечного ритма составляла пять минут.

При обработке результатов учитывались такие показатели как:

Индекс централизации – степень централизации управления ритмом сердца (преобладание активности центрального контура регуляции над автономным).

HF% - мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности в % от суммарной мощности колебаний. Отражает активность парасимпатического центра продолговатого мозга. Преобладание показателей высокочастотного компонента наблюдается у здоровых людей и спортсменов, в состоянии покоя и успешной адаптации. Снижение - при чрезмерной физической нагрузке, стрессе, некоторых заболеваниях сердечно-сосудистой системы (далее - ССС).

LF/HF (коэффициент вагосимпатического баланса) - отношение мощности волн низкой частоты (LF) к мощности волн высокой частоты (HF). Повышение - при активизации симпатического отдела вегетативной нервной системы, снижение - парасимпатической.

LF% (относительное значение мощности волн низкой частоты, %) отражает активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга.

VLF% (относительное значение мощности волн очень низкой частоты, %) – уровень активности симпатического звена вегетативной регуляции (преимущественно надсегментарных отделов), демонстрирует активность гуморально-метаболических и эрготропных механизмов регуляции сердечного ритма. Коррелирует с тревогой, физической нагрузкой, стрессом.

SI – стресс индекс (индекс напряжения регуляторных систем) характеризует степень напряжения регуляторных систем.

Методом оценки адаптационных реакций является вычисление ПАРС. Для оценки степени напряжения регуляторных систем использовалась 10-балльная шкала. Диагностировались четыре функциональных состояния: физиологическая норма (1-3 балла), умеренное напряжение регуляторных механизмов (4-5 балла), выраженное напряжение регуляторных механизмов (6-7 баллов), срыв адаптации (8-10).

Основные результаты

У всех испытуемых, находящихся в условиях относительного функционального покоя показатели анализа вариабельности сердечного ритма соответствовали возрастной норме. Результаты проведенного исследования отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа вариабельности сердечного ритма школьников

Исследуемые показатели	Средние значения среди школьников, M±m	Средние значения показателей
Индекс централизации	2,2±0,28	0,67–2,26
HF, %	42,9±6,1	35,79±14,74%.
LF, %	39,2±6,05	33,68±9,04%
VLF, %	17,8±4,7	28,65±11,24
LF/HF	1,2±0,13	0,7-1,5
SI, %	69,3±4,7	41 - 357

Анализ полученных значений позволяет сделать вывод о преобладании парасимпатического отдела ВНС среди школьников. Об этом свидетельствуют следующие результаты:

- Преобладание высокочастотного компонента (HF) у 60% обследуемых (48 человек);
- По индексу LF/HF – у 52,5% (42 человека) обучающихся преобладание парасимпатического отдела нервной системы;
- SI – 53,8% (43 человека) учащихся находятся в гармоничном соотношении между центральными механизмами регуляции и автономными.
- ИЦ – по данным у 67,5% (54 человека) обследуемых индекс централизации ниже нормы. Это свидетельствует о преобладании автономного контура регуляции.

Достоверных различий в спектральных показателях среди детей, относящихся к разным группа здоровья выявлено не было (p = 0,3, по критерию Вилкоксона).

Преобладание автономного контура регуляции сердечного ритма свидетельствует об оптимальных условиях для функционирования организма. Влияние центрального контура регуляции на ритм сердца не выражено и основную функцию контроля сердечной деятельности выполняет автономный контур – парасимпатический отдел периферической вегетативной нервной системы.

Оценка ПАРС подтверждает успешную адаптацию детей к школьным условиям. У большинства обучающихся 52,5% (44 человека) отмечается состояние умеренного напряжения регуляторных систем и у 31,2% (25 человек) – состояние физиологической нормы. У 11,3 (9 человек) отмечена активная мобилизация защитных механизмов – выраженное напряжение регуляторных механизмов и лишь у 2,5% (2 человека) – срыв адаптационных механизмов.

Выводы

Среди учащихся в возрасте 10-13 лет выявлено преобладание активности парасимпатической нервной системы.

Парасимпатический отдел ВНС представляет собой систему, ответственную за текущую регуляцию физиологических процессов. Он предназначен для того, чтобы восстанавливать и сохранять гомеостаз, а также непрерывно корригировать сдвиги, вызванные влиянием симпатического отдела. Кроме того, исследование ПАРС демонстрирует успешную адаптацию большинства детей к условиям обучения.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Мансур Т.И. Состояние вегетативной нервной системы у студентов в период адаптации в вузе / Т.И. Мансур, В.С. Гирич, Н. Мансур, // Вестник РУДН. Серия: Медицина. 2016. 3. с. 41-45.
2. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. — 259 с.
3. Догадкина С.Б. Особенности вегетативной нервной регуляции сердечного ритма у школьников 11-13 лет / С.Б. Догадкина // Новые исследования. 2015. 2 (43). с. 21-26.
4. Яманова Г.А. Гигиеническая оценка эффективности физического воспитания школьников / Г.А. Яманова, Д.В. Давыденко, А.А. Антонова // В сборнике: Неделя науки - 2016. Материалы Всероссийского молодежного форума с международным участием. – Ставрополь, 2016. - с. 460-463.
5. Яманова Г.А. Физическое развитие кадетов казачьих корпусов / Г.А. Яманова, В.Г. Сердюков, Л.А. Милюченкова // В сборнике: Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. – Воронеж, 2017. - с. 2287-2288.
6. Антонова А.А. Динамика антропометрических показателей у школьников 11 лет / А.А. Антонова, В.Г. Сердюков, Г.А. Яманова // Морфология. 2018. 153. 3. С. 22.
7. Безруких М. М. Здоровье школьников, проблемы, пути решения. / М. М. Безруких // Сибирский педагогический журнал. – 2012. - №9. с.11-16.
8. Сердюков В.Г. Социально-гигиенические особенности условий жизни, как факторы риска для здоровья детей / В.Г. Сердюков, А.А. Антонова, Г.А. Яманова и др. // В сборнике: Актуальные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции ученых и специалистов Роспотребнадзора. - 2019. – с. 71-76.
9. Елизарова И.С. Динамика состояния здоровья детей и подростков Астрахани / И.С. Елизарова, А.А. Антонова, Т.В. Сердюкова и др. // Аллергология и иммунология. - 2012. Т. 13. - №1. - с. 101.
10. Айзман Р. И. Проблемы и задачи здоровьесберегающей деятельности в системе образования на современном этапе / Р. И. Айзман, Э. М. Казин, А. И. Федоров // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2014. - №1 (17). – с. 9-17.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mansur T.I. Sostoyanie vegetativnoy nervnoy sistemy u studentov v period adaptatsii v vuze [State of the autonomic nervous system in students during adaptation at the University] / T.I. Mansur, V.S. Girich, N. Mansur and others // Vestnik RUDN. Seriya: Meditsina. 2016. 3. p. 41-45. [in Russian].
2. Shlyk N.I. Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detey, podrostkov i sportsmenov. [Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes] / Shlyk N.I. // Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskiy universitet» - 2009. - 259 p. [in Russian].
3. Dogadkina S.B. Osobennosti vegetativnoy nervnoy regulyatsii serdechnogo ritma u shkol'nikov 11-13 let [Features of autonomic nervous regulation of heart rate in schoolchildren aged 11-13 years] / S.B. Dogadkina // Novye issledovaniya. 2015. 2 (43). p. 21-26. [in Russian].
4. Yamanova G.A. Gigienicheskaya otsenka effektivnosti fizicheskogo vospitaniya shkol'nikov [Hygienic assessment of the effectiveness of physical education of schoolchildren] / G.A. Yamanova, D.V. Davydenko, A.A. Antonova // V sbornike: Nedelya nauki - 2016. Materialy Vserossiyskogo molodezhnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem [In the collection: science Week-2016. Materials of the all-Russian youth forum with international participation]. - Stavropol, 2016. p. 460-463. [in Russian].
5. Yamanova G.A. Fizicheskoe razvitie kadetov kazach'ikh korpusov [The physical development of the Cossack cadet corps] / G.A. Yamanova, V.G. Serdyukov, L.A. Milyuchenkova // V sbornike: Materialy XXIII s"ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem [In the collection: Materials of the XXIII Congress of the Physiological society. I. P. Pavlova with international participation]. Voronezh, 2017. p. 2287-2288. [in Russian].
6. Yamanova G.A. Vliyanie fizicheskoy nagruzki na sostoyanie oporno-dvigatel'nogo apparata kadetov. [Influence of physical activity on the state of the musculoskeletal system of cadets] // G.A. Yamanova, V.G. Serdyukov, A.A. Antonova and others // V sbornike: Strukturnye preobrazovaniya organov i tkaney v norme i pri vozdeystvii antropogennykh faktorov. [In the collection: Structural transformations of organs and tissues in the norm and under the influence of anthropogenic factors]. Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu so dnya rozhdeniya professora Asfandiyarova Rastyama Izmaylovicha. Pod redaktsiey L.A. Udochkinoy, B.T. Kurtusunova [Collection of materials of the international scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Asfandiyarova Rastyama Izmaylovicha edited by L.A. Udochkina, B.T. Kurtusunov]. Astrakhan, 2017. p. 183-184. [in Russian].
7. Serdyukov V.G. Sotsial'no-gigienicheskie osobennosti usloviy zhizni, kak faktory riska dlya zdorov'ya detey [Socio-hygienic characteristics of the conditions of life as risk factors for children's health] / V.G. Serdyukov, A.A. Antonova, G.A.

Yamanova and others // V sbornike: Aktual'nye voprosy obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Sbornik materialov mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii uchenykh i spetsialistov Rospotrebnadzora [In the collection: Current issues of ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population Collection of materials of the interregional scientific and practical conference of scientists and specialists of Rospotrebnadzor]. – Astrakhan, 2019 – p. 71-76. [in Russian].

8. Chernenkov Yu. V. Monitoring sostoyaniya zdorov'ya shkol'nikov, obuchayushchikhsya v profil'nykh klassakh. Chernenkov [Monitoring of the state of health of the school children trained in profile classes] / Yu. V. Chernenkov A. Yu. Serdyukov, Saratovskiy A. Yu. Nauchno-meditsinskiy zhurnal [Saratov scientific and medical journal]. – 2010. - №6 (1). – p. 130-133. [in Russian].

9. Elizarova I.S. Dinamika sostoyaniya zdorov'ya detey i podrostkov Astrakhani [Dynamics of the state of health of children and adolescents in Astrakhan] / I. S. Elizarova, A. A. Antonova, T. V. Serdyukova and others // Allergologiya i immunologiya [Allergology and immunology]. - 2012. Vol. 13. - №. 1. - p. 101. [in Russian].

10. Ayzman R. I. Problems and tasks of health-saving activity in the education system at the present stage. / R. I. Ayzman, E. M. Kazin, A. I. Fedorov and others // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Bulletin of Novosibirsk state pedagogical University]. – 2014. - 1 (17). – p. 9-17. [in Russian].